

**SOCIEDAD GEOLOGICA DEL PERU**  
**PRIMER CONGRESO NACIONAL DE GEOLOGIA**  
**ANALES - PARTE II**

Tomo 32

Págs. 5-19

Lima, 1957

RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

por

GUILLERMO ABELE C. \*

Contenido

	Pág.
Síntesis . . . . .	6
Introducción . . . . .	6
Generalidades sobre el fosfato . . . . .	7
Mineralogía y composición . . . . .	7
Origen de las fosforitas . . . . .	8
Uso de los fosfatos . . . . .	8
Depósitos más importantes en el mundo . . . . .	9
Descripción de las zonas reconocidas en el Perú . . . . .	10
Región de Huancané, departamento de Puno . . . . .	10
Introducción . . . . .	10
Geología . . . . .	10
Muestreo y análisis . . . . .	11
Conclusiones . . . . .	12
Región de Yauli, departamento de Junín . . . . .	12
Introducción . . . . .	12
Geología . . . . .	13
Muestreo y análisis . . . . .	13
Conclusiones . . . . .	14

\* Geólogo, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros.

Región de Ocucaje, departamento de Ica .....	14
Introducción .....	14
Geología .....	16
Muestreo y análisis .....	16
Conclusiones .....	16
Región de Celendín, departamento de Cajamarca .....	17
Introducción .....	17
Geología .....	17
Muestreo y análisis .....	18
Conclusiones .....	18
Bibliografía .....	18

## SINTESIS

En el presente artículo se describen las generalidades sobre la mineralogía, composición, características y teorías sobre el origen de los yacimientos fosfáticos en general. A continuación se hace una descripción de la geología, principalmente de la estratigrafía, de las varias zonas visitadas en el país. Se acompaña los resultados de los análisis de las muestras obtenidas en ellos y se discuten sus posibilidades económicas.

## INTRODUCCION

Siendo cada vez más creciente la necesidad de fertilizantes en la agricultura, se ha planteado la necesidad de buscar fuentes de fosfatos, para subsanar la falta de fósforo de los terrenos pobres en esas sustancias. Casi la única fuente de abonos en el Perú es el guano de las islas, rico en nitrógeno pero escaso en fósforo, ya que el "guano pobre", el más rico en fósforo sólo contiene alrededor de 15% de  $P_2 O_5$ .

En el Perú no se conoce mucho acerca de las formaciones favorables para contener fosfato. Por esta razón, el suscrito ha realizado durante el año 1954 varios reconocimientos por fosfatos en diversos lugares del Perú. Se han revisado los lugares que ofrecían alguna posibilidad ya sea por recomendaciones de autores anteriores, como también donde las rocas ofrecían cierta similitud litológica con las formaciones fosfáticas de otros

## RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

---

países, principalmente de los EE. UU. de Norteamérica. Aunque no se ha completado todavía todos los reconocimientos proyectados, los resultados hasta ahora obtenidos no son muy halagadores.

El trabajo de campo consistió en el muestreo de ciertas secciones dentro de estas formaciones favorables, previa identificación del fósforo por el método de campo comúnmente usado. El más rápido y simple ha sido descrito por Ford (1932, p. 371).

En este método se humedece la superficie fresca de la roca a probar con unas gotas de ácido nítrico, y se coloca un pequeño cristal de molibdato de amonio sobre la superficie humedecida. Si hay fósforo, poco a poco se extenderá un color amarillo a través del cristal y de la superficie de la roca debido a la formación de fosfomolibdato de amonio. Esta prueba es tan sensible que revela cantidades de fósforo que no tienen valor comercial. También se puede emplear una solución de molibdato de amonio en ácido nítrico, la que se aplica directamente sobre la roca a probar.

Si los resultados de estas pruebas eran satisfactorios, se tomaban muestras de las rocas para su análisis químico.

El presente trabajo fué parte del plan de estudios realizados por la Comisión de Colaboración entre el Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros y el United States Geological Survey.

## GENERALIDADES SOBRE EL FOSFATO

### Mineralogía y composición

El mineral primario de fosfato más abundante es la apatita, que se presenta en las rocas ígneas y constituye en algunos casos yacimientos comerciales de importancia como en Brasil y Chile. También se encuentra apatita, llamada secundaria, en capas sedimentarias. Cuando se produce el enriquecimiento o concentración de fosfato en las capas sedimentarias resulta una "roca dura", comúnmente denominada fosforita o roca fosfática.

La apatita tiene por fórmula  $\text{Ca}_5(\text{Cl, F, CH})(\text{PO}_4)_3$  y se presenta cristalizada en prismas hexagonales, de lustre vítreo y de color rojo, verde y algunas veces amarillo o blanco; su dureza es 4.5-5 y su peso específico alrededor de 3.2.

En el análisis químico de una roca, la cantidad de fosfato se expresa como porcentaje de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) o de fosfato tricálcico. Este último compuesto se conoce con el nombre de "Bone Phosphate of Lime" (B.P.L.) y equivale a 2.18 veces la cantidad de  $P_2O_5$ .

#### Origen de las fosforitas.

Se han propuesto varias teorías para explicar el origen de las fosforitas. Anteriormente las rocas fosfáticas se consideraban como acumulaciones de coprolitos de peces y de animales marinos mayores, algo así como un guano marino. La falta de deposición de otros sedimentos sería responsable de la concentración de estos coprolitos. Otros autores suponen que las condiciones desfavorables para la formación de  $CaCO_3$  permitieron la acumulación de las partes fosfáticas duras de dichos organismos, durante un período de no deposición.

La teoría con la cual están de acuerdo la mayoría de los investigadores es la siguiente:

La fuente primaria de donde proviene el ácido fosfórico presente en las fosforitas es la apatita de las rocas ígneas. El intemperismo desintegra mecánicamente a las rocas ígneas dejando libre a la apatita que entonces se disuelve en las aguas carbonatadas. De esta manera se transporta el fósforo hasta el océano de donde es extraído por los organismos vivos, principalmente crustáceos, peces y braquiópodos, los que lo utilizan en la construcción de sus partes duras. Al morir estos organismos, se disuelven y el fósforo que contiene es reprecipitado inmediatamente, ya sea en forma coloidal y gelatinosa en el interior de las conchas o alrededor de un núcleo (dando origen a los oolitos) o reemplazando a las conchas u otros materiales que yacen en el fondo del mar. Estas acumulaciones constituyen los depósitos de origen marino, los que una vez en la superficie pueden sufrir una concentración mayor al lixivarse el carbonato soluble en las aguas superficiales.

#### Uso de los Fosfatos.

Alrededor del 90% del fosfato se usa como fertilizante, para lo que generalmente se lo transforma en superfosfato. Este se obtiene tratando la roca fosfática molida con ácido sulfúrico, lo que da por resultado la conversión del 80% del fosfato tricálcico  $Ca_3(PO_4)_2$  en fosfato mo-

## RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

---

nocálcico  $\text{Ca H}_4 (\text{PO}_4)_2$  y alrededor del 15 al 17%, en fosfato dicálcico  $\text{Ca}_2\text{H}_2 (\text{PO}_4)_2$ . Parte del fosfato original permanece sin variar o se transforma en fosfato insoluble de hierro y aluminio (Fulton, 1949).

En algunos casos cuando la roca fosfática es de alto grado (más de 20% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), se puede usar como fertilizante sin necesidad de convertirla en superfosfato. En este caso se somete la roca molida a un lavado que la libra de arcilla y sílice, secándose hasta que contenga menos de 35% de humedad. Antes de usarla se muele nuevamente hasta que un 85% del material pase por la malla 200 (Standard Tyler Screen). Este sistema rinde un producto de bajo costo aunque de menor rendimiento que el super-fosfato.

El fosfato transformado en ácido fosforoso o fosfórico, también se usa en la fabricación de productos químicos, de hierro y acero, fósforo, fuegos artificiales, bombas, gases, granadas, balas trazadoras, señales de auxilio, cerámica, fotografía, etc.

### Depósitos más importantes en el mundo

En casi todos los países del mundo se ha encontrado fosfato. Muchos de los yacimientos se encuentran exhaustos o abandonados por ser de muy baja ley. Actualmente, los principales países productores son Estados Unidos de Norteamérica, Marruecos, Algeria, Tunisia y Rusia.

En los Estados Unidos de Norteamérica hay tres zonas productoras principales: Florida, Tennessee y el Medio Oeste (Wyoming, Montana, Utah y Idaho). Florida produce alrededor de 70% del total de la producción de este país y su fosfato se presenta en forma de gujarros, en depósitos aluviales del Plioceno, mezclados con arena y arcilla (Fulton, 1949). También en esta misma zona se encuentra fosfato en forma de roca consolidada de edad pliocénica. En Tennessee, el fosfato se encuentra en depósitos residuales procedentes de varias formaciones de edad ordovícica (Silúrico inferior) (Fulton, 1949). En la zona del Medio Oeste, la fosforita se presenta en dos formaciones sedimentarias: una en el Carbonífero superior, que es de poca importancia, y la otra en el Pérmico, en capas de arenisca y lutitas de origen marino (Fulton, 1949).

Los depósitos de Marruecos son sedimentarios, pertenecen al Eoceno y están constituidos por lutitas, calizas y areniscas fosfáticas de probable origen marino. El fosfato de Algeria y Tunisia se presenta en depósitos similares a los de Marruecos, pero pertenecen al Eoceno inferior (Fulton, 1949).

Hay varios depósitos importantes de fosforita en la parte europea de Rusia. En la parte N, en la península de Kola, se encuentran los depósitos de apatita más importantes del mundo (Fulton, 1949).

También hay depósitos fosfáticos de importancia en Egipto, Francia, España, Brasil y Chile (apatita).

## DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS RECONOCIDAS EN EL PERU

Región de Huancané, Departamento de Puno

### Introducción

A solicitud del Vice-presidente de la Junta de Reconstrucción y Fomento Industrial del Cuzco, Ing<sup>o</sup> Germán Morales Macedo, se efectuó un breve reconocimiento en los alrededores de Huancané, Departamento de Puno.

La provincia de Huancané consta de 9 distritos, habiéndose efectuado reconocimientos en sólo dos de ellos (Huancané y Vilquechico). Huancané es accesible desde Juliaca por una carretera de 49 Km. que se encuentra en buenas condiciones durante la mayor parte del año.

La región reconocida se encuentra en la orilla N del Lago Titicaca y su altura media es de 4000 M.

### Geología

Las rocas que afloran en los alrededores de Huancané y Vilquechico pertenecen al Cretácico Medio y Superior y han sido agrupadas por N. D. Newell (1919 p. p. 61-65) en las formaciones de la tabla siguiente

CRETACICO SUPERIOR	Formación Muñani:	400—900 m. de areniscas arkósicas de color rojo ladrillo a rojizo, con material volcánico.
	Formación Vilquechico:	680 m. de pizarras verde olivo, gris oscuro, silicosas, con fosfato de color marrón en algunos casos y con varias capas de cuarcitas blancas.
	Grupo Cotacucho:	1,100 m. de areniscas, macizas, de color rosado entre capas de piedra yesífera de color rojo; contiene una capa extensa de areniscas de probable origen eólico.

## RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

CRETACICO MEDIO	Grupo Moho:	hasta 800 m. de pizarras; en la parte superior son oscuras o verde olivo, con capas de cuarcitas grises, en la parte inferior son abigarradas o de color ladrillo. Contiene muy cerca a la base las calizas Ayavaca.
	Areniscas Huancané:	110-500 m. de areniscas de grano grueso, macizas, de color rosado o de ante, que pasan a ser cuarcitas algunas veces con pequeñas intercalaciones de lutitas.
	Formación Muni:	75-80 m. de pizarras pardas rojizas con capas delgadas de caliza que continen fósiles marinos.
	Caliza Sipín:	35-50 m. de calizas muy arenosas y pizarras carentes de fósiles.

### Muestreo y Análisis:

En primer término se hizo un estudio de las calizas Ayavaca, perteneciente al grupo Moho, que afloran en los cerros Huilacunca, Atahui y otros, situados al SE del pueblo de Huancané. Estas calizas tienen un espesor de 25 a 30 m., se presentan en bancos gruesos fuertemente intemperizados. Su rumbo medio es N 60° W con inclinaciones de 45° al NE. Los afloramientos se pueden seguir por cerca de 4 Km. a partir del extremo SE del pueblo de Huancané. En las grietas y fisuras de estas calizas, se encuentran películas y capitas de carbonato de calcio hasta de 1 cm. de espesor con contenido de fosfato.

Encima de las calizas Ayavaca, yacen lutitas de color verde olivo también del Grupo Moho. Sus afloramientos son muy pequeños por encontrarse cubiertos por terrenos de cultivo. Estas lutitas igualmente han dado muestra de contener fosfato.

El ensaye químico de las muestras verificadas en el laboratorio del Departamento de Química de la Dirección de Industrias y Electricidad, dieron los siguientes resultados:

Número de muestra	Contenido de $P_2O_5$
G - 1	0.78
G - 2	0.08
G - 3	0.18
G - 4	0.08

En el distrito de Vilquechico, se encontraron indicios de fosfato en las lomas de Santa Bárbara Pata, en un cuerpo de pizarras pertenecientes a la formación Vilquechico (Cretácico), con rumbo N 45° W y con buzamiento de 35° — 40° NE. En esta formación se encuentran varias capas de 15 cm. de espesor, de calizas oscuras. Estas rocas contienen fragmentos de fósiles y concreciones calcáreas que dieron reacciones positivas a la prueba de campo.

Los análisis efectuados en el laboratorio químico de la Dirección de Industrias y Electricidad, no dieron los resultados esperados, ya que el contenido en  $P_2O_5$  de las muestras fué muy bajo, como a continuación se indica:

Número de muestra	Contenido de $P_2O_5$
1 — B	0.019
2 — B	0.013
3 — B	0.019
4 — B	0.016
5 — B	0.014
6 — B	0.037
7 — B	0.016
5431	3.13

### Conclusiones

Los resultados de los análisis químicos de las rocas provenientes de los cerros Huilañunca, Atahui y otros, así como las de Vilquechico, por su bajo contenido de fosfatos no pueden considerarse como de valor económico.

Región de Yauli, Departamento de Junín

### Introducción

Los estudios de J. V. Harrison, (1943, p. 10), dan cuenta de la existencia de rocas fosfáticas en las formaciones calcáreas del Cretácico Medio, en el Departamento de Junín. En vista de estos informes, se efectuaron dos reconocimientos en la región de Yauli. Esta zona se encuentra en la falda oriental de los Andes, inmediatamente al Este de la Divisoria Continental. El pueblo de Yauli se encuentra a 28 Km. al SE de La Oroya, sobre el río Yauli y a 3720 M. de altura. La topografía de la región es accidentada, con numerosas quebradas que tienen sus cabecezas en la misma divisoria. La altura media es de 4000 M.



## RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

---

### Geología

Las rocas de la región varían en edad desde el Paleozoico superior hasta el Cuaternario y están constituídas principalmente por calizas y areniscas de edad mesozoica y por areniscas, esquistos rojos, brechas volcánicas y tufos de edad terciaria. Según Harrison, la secuencia estratigráfica de esta región es la siguiente:

- |   |  |
|---|--|
| <b>Depósitos recientes</b>                | Principalmente constituídos por morrenas y depósitos fluvioglaciares.  |
| <b>Terciario-Serie de Capas Rojas</b>     | Los estratos inferiores consisten de pizarras con areniscas interestratificados. En la parte superior se encuentran conglomerados de guijarros bien redondeados de cuarcita y caliza.  |
| <b>Gretácico Medio (Formación Machay)</b> | Está constituida por más de 40 m. de calizas bituminosas y fosfáticas de color negro, bien laminadas; en la parte superior se encuentra gran cantidad de amonites.   |
| <b>Cretácico Inferior</b>                 | La parte inferior está constituida por capas calcáreas denominadas "serie calcárea superior"; la parte superior contiene areniscas amarillentas y bancos y conglomerados de cuarzo con guijarros hasta de 8 cm. de diámetro. |
| <b>Tiásico</b>                            | En la base, presenta pizarras rojas y amarillas; en la parte superior, calizas interestratificadas con margas alternando con calizas macizas y finamente estratificadas.   |
| <b>Permo-Carbonífero (Formación Mitu)</b> | Conglomerados de color rojo, con fragmentos de andesita y lavas de espesor de más de 1500 m.   |

### Muestreo y Análisis

En los cerros Buenaventura al Oeste de Morococha, afloran calizas carbonosas de color negro, bien laminadas, en bancos de 40 m. de espesor, que contienen pequeñas concreciones fosfáticas de aspecto oolítico

(Terrones, 1949, p. 12). Estas concreciones dieron una ligera reacción a la prueba de campo, por lo que fueron muestreadas con los siguientes resultados:

Número de muestra	Contenido de $P_2O_5$
N 5415	trazas
N 5422	1.06
N 5416	0.01

En la zona de Pomacocha, se revisó una sección de calizas bituminosas oscuras con concreciones de fosfato de color azul; en la parte superior se encuentra gran cantidad de amonites y restos de peces.

Las muestras tomadas en esta zona, dieron los siguientes resultados:

Número de muestra	Contenido de $P_2O_5$
5417	0.14
5422	2.09
5421	0.06

### Conclusiones

Por el bajo porcentaje de  $P_2O_5$  y por el hecho de que el fosfato se encuentra sólo en concreciones muy aisladas, las calizas de la formación Machay no pueden considerarse como de valor comercial.

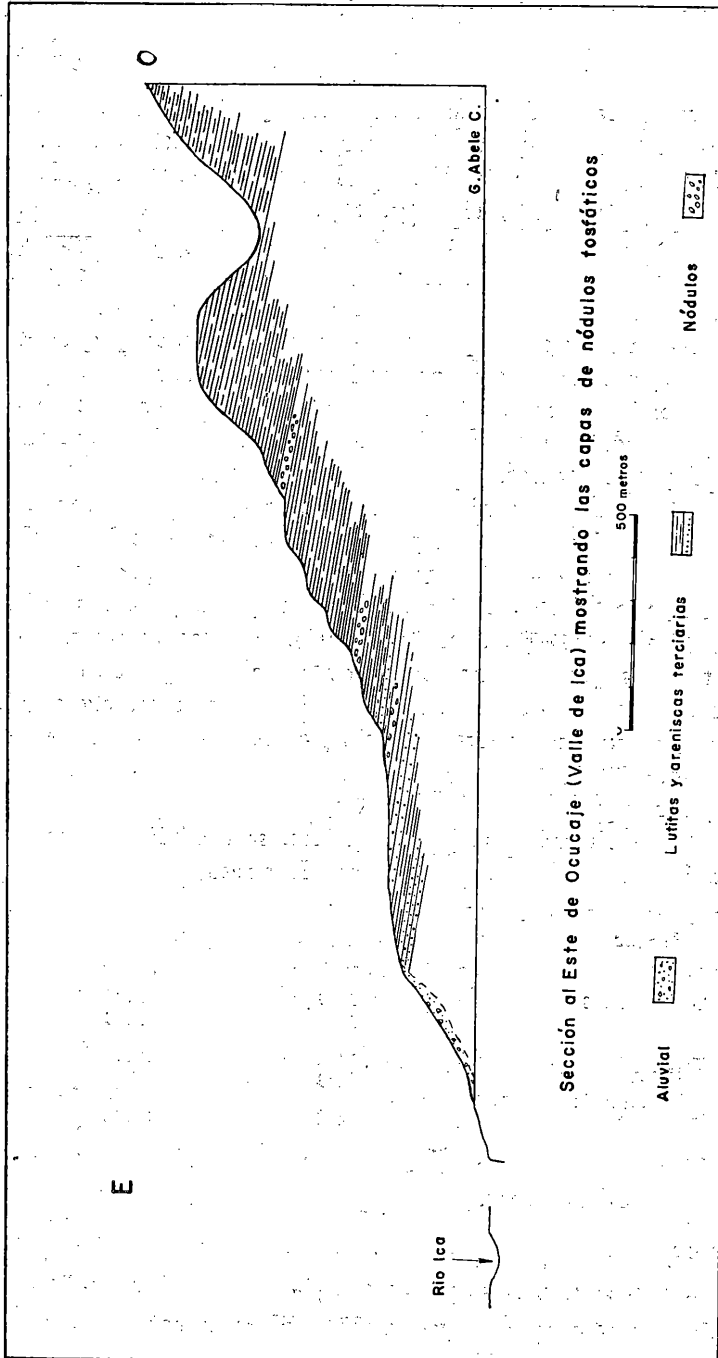
### Región de Ocucaje, Departamento de Ica

#### Introducción

La zona de Ocucaje está situada a 45 Km. al Sur de la ciudad de Ica, capital del Departamento del mismo nombre, y en la margen derecha del río Ica. Esta zona está limitada por el N con los cerros Estanque y Pisconte, por el Sur por los cerros Negro y Pinilla, por el Este con los terrenos arenosos de Rales y por el Oeste por los cerros donde afloran estratos que contienen nódulos fosfatados. Los rasgos fisiográficos más importantes al Oeste del río Ica, a la altura de Ocucaje, son tres terrazas escalonadas que se encuentran formadas por sedimentos terciarios.

En la sección que acompaña se observa que la terraza inferior es la más ancha, aproximadamente 50 m.

RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU



Sección geológica al E. de Ocucaje

## Geología

Las rocas de la región están constituidas por lutitas areno-arcillosas, brunas, gris amarillentas y amarillas con intercalaciones de areniscas calcáreas de 1 a 2 m. de espesor. Estas lutitas corresponden a la formación Pisco (Mioceno) (Petersen, 1954, p. 44).

Los nódulos de fosfato se encuentran constituyendo capas conglomeráticas con cemento silicoso. Los nódulos son redondeados y ovoides, variando su diámetro de 1 a 6 cm. Los redondeados por lo general no contienen ningún núcleo aunque algunas veces contienen pequeños restos orgánicos en su interior, a diferencia de los ovoides que siempre presentan fósiles alrededor de los cuales se han formado los nódulos. Tienen textura uniforme y son generalmente coloreados por óxido de hierro. Su peso varía entre 5 y 100 gramos.

Los horizontes que contienen los nódulos se extienden con dirección Norte a Sur por varios kilómetros y sus espesores varían de 0.50 a 0.80 m. Las secciones más ricas en nódulos se encuentran en la parte Norte, en el lugar denominado Estanque. Se ha calculado que hay de 3 a 4 kilos de nódulos por metro cuadrado en la superficie de las terrazas. Hacia el Norte las terrazas que contienen los nódulos van desapareciendo gradualmente al ser cubiertas por arena. Hacia el Sur las terrazas siguen por varios kilómetros como se puede ver a simple vista hasta el lugar denominado Calango.

## Muestreo y Análisis

Siendo la zona más rica la parte norte, se procedió a muestrear los horizontes de nódulos en las tres terrazas. Los resultados son los siguientes:

Lugar	Número de muestra	Contenido de $P_2O_5$
Terraza Nº 3	5409	5.47
	5410	5.23
Terraza Nº 2	5412	13.72
	5413	9.69
Terraza Nº 1	5414	11.64

También se tomaron muestras de la tierra suelta en la terraza Nº 2 cuyo análisis sólo dió trazas.

## Conclusiones

Los análisis químicos de los nódulos dan una ley media de 9 % de  $P_2O_5$ . Con este porcentaje el yacimiento no puede considerarse como de

## RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

valor económico. Además al efectuarse el molido de los nódulos, habría que hacerlo con la matriz pobre en fósforo lo que daría por resultado una disminución de la ley de  $P_2O_5$ .

Región de Celendín, Departamento de Cajamarca

### Introducción

Se ha efectuado un reconocimiento por fosfatos en las formaciones cretácicas que afloran a lo largo de la carretera entre Cajamarca y Celendín, en el Departamento de Cajamarca. Entre estas dos ciudades la Cordillera Occidental de los Andes se caracteriza por superficies relativamente suaves con alturas medias de alrededor de 3,500 M.

### Geología

Según V. Benavides, (1956) las formaciones sedimentarias que afloran en la zona son las siguientes:

CRETACICO SUPERIOR	Formación Celendín (Santoniano-Coniaciano)	A 6 Km. de la ciudad de Celendín tiene una potencia de 255 m. En la parte inferior consiste de calizas macizas y en el techo está el contacto con las areniscas rojas de origen continental de la formación Chota.
	Formación Cajamarca (Turoniano superior)	Consiste de calizas densas de color gris oscuro, gris azulado con abundantes fósiles.
	Grupo Quillquiñan (Turoniano inferior)	Consiste de lutitas y margas blandas intercaladas con algunas capas delgadas de caliza.
CRETACICO INFERIOR	Grupo Pullucana (Albiano-Cenomaniano)	Consiste de margas y calizas de color gris. La parte inferior de este grupo es arcillosa mientras que la parte superior es más arenosa.
	Formación Chulec (Albiano)	En el equivalente de la formación Machay del centro del Perú, cerca de Cajamarca tiene un espesor de 525 m. La parte inferior está formada por margas de color amarillo y marrón que contienen abundantes fósiles. Intercaladas con las margas se presentan bancos de calizas gris oscuras y fosilíferas.

CRETACICO  
INFERIORFormación Goyllarisquisga  
(Albiano)

En los alrededores de Cajamarca, esta formación tiene una potencia de 578 m. Los 400 m. inferiores consisten de areniscas cuarzosas, de color blanco y rojizo, de grano medio y estratificadas en bancos. Los 178 m. superiores consisten de areniscas intercaladas con lutitas amarillas y rojizas con restos de plantas.

## Muestreo y Análisis

Las formaciones sedimentarias fueron examinadas y probadas sucesivamente por fósforo en todo el trayecto de la carretera. Principalmente se dió mejor atención a las lutitas y calizas. No se han observado en ninguna parte características de formaciones de fosforitas en estas rocas, habiéndose tomado solamente muestras aisladas de algunas capas que daban cierta reacción a la prueba de campo.

Los resultados de los análisis fueron los siguientes:

Lugar	Número de muestra	Contenido de $P_2O_5$
Cerro Cumbe	1	0.55
Sobre la carretera a 6 Km. de Cajamarca	2	0.06
Sobre la carretera a 30 Km. al E de Cajamarca	3	trazas
Sobre la carretera a 5 Km. antes de Celendín	4	0.03
A 6 Km. al NW de Celendín	5	0.01

## Conclusiones

Los resultados de los análisis pueden considerarse como negativos y por lo tanto descartan la posibilidad de conseguir fuentes fosfáticas en las formaciones revisadas entre Cajamarca y Celendín.

## BIBLIOGRAFIA

- Benavides, V. (1956) Cretaceous System in Northern Perú: Bull. Am. Mus. Nat. Hist., Vol. 108, Art. 4, p. 353-494, pl. 31-66.  
 Ford, W. E. (1923) Dana's Textbook of Mineralogy: 851 p. John Wiley, Nueva York.

## RECONOCIMIENTO POR FOSFATOS EN EL PERU

---

- Fulton, Ch. A. (1949) Phosphate Rock: en Industrial Minerals and Rocks, p. 661-683, A.I.M.E., Nueva York.
- Harrison, J. V. (1940) Geología de los Andes Centrales en parte del Departamento de Junín. Bol. Soc. Geol. del Perú. Tomo 16.
- Newell, N. D. (1949) Geology of the Lake Titicaca Region, Peru and Bolivia: Geol. Soc. of America, Memoir 36.
- Petersen, G. (1954) Informe Preliminar sobre la Geología de la Faja Costanera del Departamento de Ica: Emp. Petrolera Fiscal, Bol. Técnico, Nº 1, p. 33-78.
- Terrones, A. (1949) La Estratigrafía del Distrito Minero de Morococha: Soc. Geológica del Perú, Vol. Jubilar, Parte 2a., Fasc. 8.