

LAS CAPAS FOSFATICAS DE LA CORDILLERA ORIENTAL

**FOR
HANS BÜRL Y DARIO BOTERO G.
GEOLOGOS**

INFORME No. 1416

MAYO 1962

**SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, D. E. 1967**

CONTENIDO:

	Páginas
RESUMEN — ABSTRACT	11
INTRODUCCION	13
LITOLOGIA DE LOS DIFERENTES PISOS Y SU CONTENIDO	
DE FOSFATOS	15
Devoniano (Formación Floresta)	15
Carboniano (Cuche y Girón)	16
Rético-Liásico (Girón)	16
Liásico superior? (Formación Montebel)	16
Hauteriviano	16
Barremiano	19
Aptiano	19
Albiano inferior	19
Albiano Medio	20
Albiano superior	21
Cenomaniano	21
Turoniano	22
Coniaciano	23
Santoniano	24
Campaniano	30
Maestrichtiano	33
Terciario continental	34
CONCLUSIONES	35
PERSPECTIVAS ECONOMICAS	36
LITOLOGIA DE LAS CAPAS FOSFATICAS	39
RECOMENDACIONES	42
A. Investigaciones de reconocimiento	42
B. Investigaciones locales de detalle	42
BIBLIOGRAFIA	43

F I G U R A S

	Páginas
Fig. 1. Histograma mostrando frecuencia y riqueza en P_2O_5 de distintos pisos del Cretáceo de Colombia	37
Fig. 2. Fosfatos en Colombia. Rutas investigadas en 1962	17
Fig. 3. Santoniano en la Cordillera Oriental	25

L A M I N A S

Foto 1. Sección delgada de la fosforita del Campaniano del Alto del Páramo, Zipaquirá — Pacho	38
Foto 2. Sección delgada de la fosforita del Páramo de Pisba ...	38
Foto 3. Sección delgada de la capa entre el Santoniano y el Campaniano, Alto del Trigo, Villeta	38

RESUMEN

Después de analizar brevemente las investigaciones sobre capas fosfáticas, efectuadas en los años de 1944 a 1952 por los geólogos del Servicio Geológico Nacional, se describe el contenido fosfático de diversas capas del Devoniano, Carboniano, Girón y Cretáceo Inferior de la Cordillera Oriental, cuyo contenido en fosfato en todos los casos examinados fue tan pequeño, que no mereció mayor atención. En cambio, en el Cretáceo Superior se hallaron varias capas con un contenido en P_2O_5 entre 5 y 25%. El piso más rico, indudablemente, es el Santoniano; en segundo lugar sigue el Campaniano. La mayor concentración de fosfato (15-25% de P_2O_5), se encuentra en la base o en el tope de la "Lidita inferior" (Santoniano Inferior) y la "Lidita superior" (Campaniano Inferior). Contenidos menores (10-15% de P_2O_5) se hallaron en el Turoniano (5-10%), en el Cenomaniano y Maestrichtiano de la Cordillera Oriental.

Pero no solo en la dirección vertical existen considerables diferencias en la repartición de fosfato, sino también en la horizontal. Las mejores concentraciones se encuentran en las márgenes del geosinclinal cretáceo, por ejemplo en la margen suroeste (Villeta, Girardot, Ortega) y en la oriental (Páramo de Pisba, El Cocuy). Las búsqueda de fosfatos en el futuro, debe concentrarse, por lo tanto, en el Santoniano (Lidita inferior) de las márgenes de la Cordillera Oriental.

Se recomienda efectuar estudios detallados en la región de Ortega (Tolima) y el Páramo de Pisba (Boyacá) y continuar con las investigaciones de reconocimiento en los alrededores del Lago de Tota, en el valle superior del Río Magdalena y en algunas regiones de Cundinamarca.

ABSTRACT

After analyzing briefly previous investigations regarding phosphate effected during the years 1944 to 1952 by geologists of the National Geological Service, the phosphate contents of diverse beds in Devonian, Carboniferous, Girón and lower Cretaceous formations of the Eastern Cordillera in all cases were so small as not to warrant much attention. On the other hand in the upper Cretaceous, various beds were found to contain from 5 to 25% P_2O_5 . The richest stage undoubtedly is the Santonian, in second place is the Campanian. The greatest concentration of phosphate (15-25% P_2O_5) is found at the base or near the top of the Lower Chert (lower Santonian) and the Upper Chert (lower Campanian). Lower concentrations (10-15% P_2O_5) are found in the Turonian (5-10% P_2O_5), in the Cenomanian and Maestrichtian stages of the Central Cordillera.

Considerable differences in the occurrence of phosphate exist not only in the vertical sense, but also in the horizontal. The better concentrations

are found along the margins of the Cretaceous geosyncline, for example along the southwest margin (Villeta, Girardot, Ortega) and along the eastern margin (Pisba, Plateau, El Cocuy). Search for phosphates in the future therefore ought to be concentrated in the Santonian (lower Chert) along the flanks of the Cordillera Oriental.

It is recommended that detailed studies be undertaken in the Ortega area (Tolima) and on the Pisba Plateau (Boyacá) and to continue investigations by reconnaissance of the regions around Tota Lake, in the upper valley of the Magdalena River, and in certain areas of Cundinamarca.

INTRODUCCION

En la naturaleza se hallan minerales fosfáticos de importancia práctica, en tres formas: como guanita (guano fósil), apatita y como colófana y minerales afines.

La guanita o estruvita es el recurso de fosfato más importante en el Perú. Durante los años 1944 a 1952, los geólogos del Servicio Geológico Nacional de Colombia hicieron grandes esfuerzos por hallar yacimientos económicos de guanita en el país, en cuevas, islas o en las zonas costaneras. Sin embargo, en ninguno de estos lugares se obtuvieron resultados satisfactorios. Las investigaciones efectuadas con este fin se hallan descritas en los siguientes informes:

a) Cuevas:

REGION DEL RIO GUAUVIO: V. C. Suárez Hoyos & Royo y Gómez, 1945; R. Wokittel & J. López Casas, 1953.

CUEVAS DE CUNDAY TOLIMA: J. A. Bueno, T. Van der Hammen & A. W. Nelson, 1954.

b) Islas:

SAN ANDRES Y PROVIDENCIA: A. Sarmiento Alarcón & V. Sandoval, 1953.

MALPELO: F. Paba Silva, 1949; V. Suárez Hoyos, 1948; A. Sarmiento Alarcón, 1953.

c) Regiones costaneras:

PENINSULA DE LA GUAJIRA: V. Suárez Hoyos, 1953.

Yacimientos de apatita (composición química $\text{Ca}_5(\text{Cl, F, OH})(\text{PO}_4)_3$), se encuentran en filones, en esquistos cristalinos particularmente anfibólicos, gabros, y en lentejones o nidos, en basalitos o diabasas. Yacimientos económicos de este tipo existen en los Estados Unidos; en Colombia tal vez se hallen eventualmente en la Cordillera Occidental y en la Sierra Nevada de Santa Marta; pero su valor económico aún se desconoce. El doctor Radelli, quien recientemente efectuó estudios en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Alta Guajira, no encontró acumulaciones de apatita de interés económico alguno.

La colófana y minerales afines forman oolitas, nódulos o masas amorfas, irregulares, en sedimentos marinos o acumulaciones secundarias en aluviones. Con frecuencia la colófana reemplaza material orgánico como huesos (bone beds), conchas de invertebrados (lumaquelas). Estos minerales, por lo tanto, nunca constituyen una roca pura sino están mezclados con arcilla, cuarzo o carbonato de calcio en un grado muy variado. Según la participación de otros minerales, se distinguen las lutitas, las areniscas, las arenas y las calizas fosfáticas. Si la concentración de P_2O_5 es más del 20%, se habla de fosforita, la cual, en sentido estricto, es una variedad criptocristalina o amorfa de la apatita o una concreción estalactitiforme o radiada, compuesta principalmente de fosfato de calcio, del que llega a tener hasta el 60 o el 80%.

La colófana pura es un fosfato tricálcico de una composición variada, aproximadamente $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot nCa(CO_3, Fe, O)(H_2O)$. Es amorfo, isotrópico y las oolitas, que pueden alcanzar hasta una pulgada de diámetro, son caracterizadas por su superficie lisa, de color oscuro, brillante. En secciones delgadas tiene un color desde amarillento hasta carmelito oscuro y en su forma pura contiene el 45,7% de P_2O_5 .

Las fosforitas sedimentarias se encuentran con mayor frecuencia en depósitos marinos del Permiano (Phosphoria Formation en Wyoming), Cretáceo (Gulf Coast, Florida, Venezuela, Norteáfrica, Francia, Bélgica, Rusia) y Terciario (Brasil, Venezuela, Austria, etc.), particularmente en conexión con disconformidades, diastemas o con una facies litológica de sedimentación extremadamente lenta (Krumbein & Sloss, 1956. O. Stutzer & W. Wetzel, 1932).

En Colombia se estudiaron en años pasados varios yacimientos de rocas fosfáticas, particularmente en el Cretáceo de la Cordillera Oriental. Tales estudios se efectuaron en las siguientes áreas:

RIOS CATATUMBO — ORÚ, NORTE DE SANTANDER: A. Sarmiento Alarcón, 1953; Mutis Jurado, 1943.

SOATÁ (LA JABONERA), BOYACÁ: R. Sarmiento Soto, 1943; R. Sarmiento Soto & H. Parra Lleras, 1948.

PÁRAMO DE PISBA, BOYACÁ: R. Sarmiento Soto, 1953.

PAIPA, DUITAMA, SANTA ROSA DE VITERBO: R. Sarmiento Soto, 1942.

LA PRADERA (EL SALITRE), CUNDINAMARCA: B. Alvarado & R. Sarmiento Soto, 1945.

Resúmenes de los resultados respectivos presentaron R. Scheibe, 1919; E. Hubach, 1953; J. Harrington & E. Hubach, 1953; y R. Wokittel, 1956 y 1960; este último autor concluye brevemente: "En Colombia no se conocen yacimientos aprovechables de fosfatos" (R. Wokittel, 1960, p. 324).

No obstante las anteriores conclusiones, dimos comienzo a nuestras investigaciones en el mes de julio de 1961, pareciéndonos que los estudios efectuados no eran suficientemente sistemáticos y comprensivos para descartar definitivamente la existencia de yacimientos económicos de fosfatos, debido a que en el curso de nuestras observaciones en el campo, algunas veces hallamos acumulaciones de huesos de peces y lumaquelas, cuyo contenido en fosfato no había sido estudiado y exigía un examen más detenido. Tales capas se encontraron con más frecuencia en el Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental, y se recomienda, por lo tanto, conceder especial atención a este nivel estratigráfico. Examinamos menos detenidamente rocas pre y postcretáceas, desde el Devoniano hasta el Eoceno.

Los datos obtenidos en el Laboratorio Químico Nacional presentan una relación muy clara con la posición estratigráfica de las muestras; por consiguiente, se recomienda tratar las rocas examinadas respecto a su contenido en fosfato, en un orden estratigráfico.

LITOLOGIA DE LOS DIFERENTES PISOS Y SU CONTENIDO DE FOSFATOS

DEVONIANO (FORMACION FLORESTA).

Estratos de esta edad son bastante extensos en los macizos antiguos (Quetame, Floresta, Guantiva, Santander, Perijá) de la Cordillera Oriental (H. Bürgl, 1962) y comprenden lutitas, argilolitas, areniscas y calizas. Se atravesaron capas de esta edad solamente en los macizos de Floresta y Guantiva, donde constan de argilolitas o lutitas pizarrosas amarillas hasta oscuras. Las reacciones de estas rocas en el campo con molibdato de amonio, fueron casi siempre negativas. Solo una muestra fue analizada en el Laboratorio Químico, con el siguiente resultado:

Muestra HB-3201. Onzaga, Boyacá. Lutita pizarrosa.
Nr. Lab. Químico 45015. 0.18% P_2O_5 .

En los Farallones de Medina, el Devoniano contiene calizas de espesor considerable (R. Wokittel & J. López, 1953), las que

requieren un examen respecto a su contenido en fosfato; en cambio otras, también del Devoniano, no exigen mayor atención.

CARBONIANO (CUCHE Y GIRON).

También este piso tiene amplia extensión en los macizos antiguos de la Cordillera Oriental y contiene varias capas calcáreas, cuyo contenido en fosfato podría estudiarse oportunamente (Farallones de Medina, Gutiérrez, Río Batá). En los macizos de Floresta y Guantiva, varias argilolitas abigarradas fueron examinadas, pero dieron siempre un resultado negativo. Los resultados del Laboratorio Químico son:

HB-3199.	S. de Onzaga.	Argilolita abigarrada.						
	Lab. Químico Nal.	45026	....	....	...	0.00	P ₂ O ₅	
HB-3198.	Páramo de Guantiva.	Argilolita abigarrada.						
	Lab. Químico Nal.	45026	..	...	....	0.00	P ₂ O ₅	

RETICO - LIASICO (GIRON).

Al examinar las capas de este conjunto halladas en el macizo de Guantiva al W de Duitama, Susacón y Soatá y en la pequeña isla del Río Susacón (La Jabonera), dieron resultados negativos; solamente una muestra fue enviada al Laboratorio Químico Nacional:

HB-3120.	Carretera Soatá - Susacón.	Argilolita abigarrada.						
	Lab. Químico Nal.	45008	..	...	....	0.50%	P ₂ O ₅	

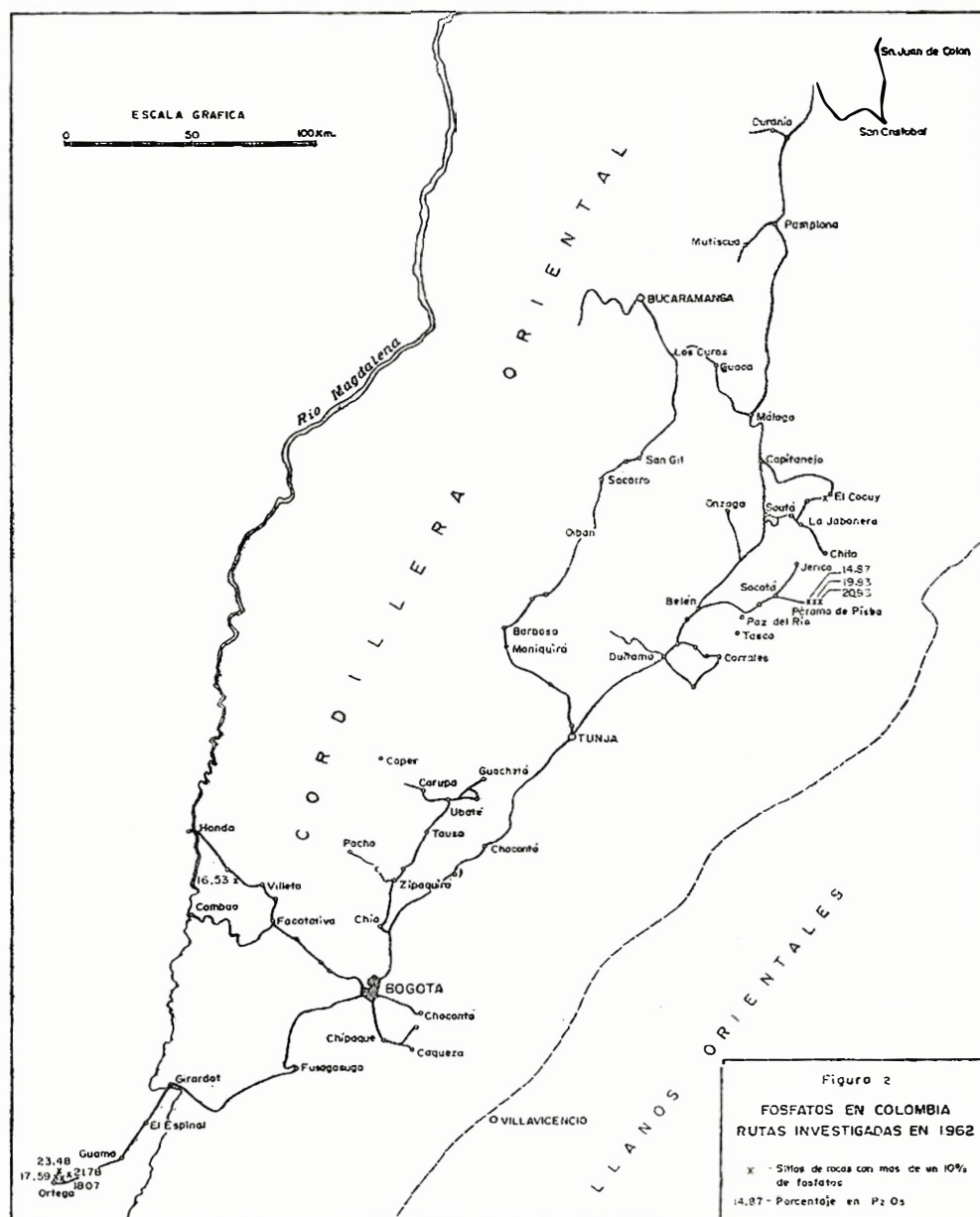
LIASICO SUPERIOR? (FORMACION MONTEBEL).

HB-3404.	Montebel. Carretera Duitama - Charalá.	Argilolita negra.						
	Lab. Químico Nal.	45526	...	...	....	0.12%	P ₂ O ₅	

HAUTERIVIANO

Las lutitas y areniscas de los alrededores de Cáqueza, Cundinamarca, no dieron reacciones positivas. Las areniscas calcáreas y conglomeráticas 1 km al W de Villeta son un poco fosfáticas:

DB-43.	Villeta. Arenisca calcárea.							
	Lab. Químico Nal.	45701	..	...	....	0.12%	P ₂ O ₅	
DB-43A.	Villeta. Arenisca calcárea.							
	Lab. Químico Nal.	45702	..	...	....	0.08%	P ₂ O ₅	



DB-43B.	Villeta. Arenisca calcárea.				
	Lab. Químico Nal.	45703	.. . . .	0.04%	P ₂ O ₅
DB-185/2.	Villeta. Arenisca calcárea.				
	Lab. Químico Nal.	46255	.. . . .	0.1%	P ₂ O ₅

BARREMIANO

Las capas lutíticas, limolíticas y margosas que examinamos en los alrededores de Villeta, Choachí y Cáqueza dieron siempre reacciones negativas, con una sola excepción:

DB-133/1.	Ubaque. Caliza arcillosa con <i>Nicklesia</i> .				
	Lab. Químico Nal.	46116	.. . . .	0.3%	P ₂ O ₅
DB-133/2.	Ubaque. Caliza arcillosa con <i>Turritella</i> .				
	Lab. Químico Nal.	46102	.. . . .	0.4%	P ₂ O ₅

APTIANO

Se examinaron capas de esta edad (lutitas negras con bancos calcáreos), solamente en los alrededores de Villeta, donde dieron siempre reacciones negativas.

ALBIANO INFERIOR

En Cundinamarca, Boyacá y Santander, la base del Albiano está formada frecuentemente por calizas puras o arenáceas. En Cundinamarca E. Hubach (1931) las designó como "Nivel de *Colombiceras*", mientras que en Santander se llaman Caliza del Tablazo (L. G. Morales, 1958). Al mismo nivel estratigráfico, caracterizado por *Douvilleiceras mamillatum* (Schlotheim), pertenecen las calizas de Belencito (1), Corrales, Santa Rosa de Viterbo, Ce-

(1) Nota estratigráfica: En las calizas de Belencito se hallaron varios especímenes de *Douvilleiceras mamillatum* (Schlotheim) que se encuentran depositados en la Escuela de Mineros de la mina La Chapa en Paz del Río y en el Museo Geológico Nacional (Nr. HB-3406). Esta amonita es un fósil gufa del Albiano inferior.

En las mismas calizas se encuentran en abundancia *Exogyra boussingaulti* (D'Orbigny), *Exogyra* cf. *equanata* (D'Orbigny) y *Natica praelonga* (Deshayes), etc. Debajo de estas calizas descansan en varios sitios (p.e. Sta. Rosa) arcillas lutíticas amarillas, en las cuales (R. Sarmiento Soto, 1942, y G. Botero Restrepo, 1950) colectaron *Toxaster colombianus* (Lea), *T. roulini* (Agassiz) y *Trigonia ornata* (D'Orbigny), fósiles considerados generalmente como guías del Hauteriviense. Por otra parte, J. Royo y Gómez (1942) determinó un *Neocomites neocomiensis* (D'Orbigny) fósil guía del Berriasiano. El autor del presente informe no encontró este fósil en el Museo Geológico Nacional, pero sí dos o tres especímenes con todas las características de *Spiticeras* (*Kilianiceras damesi*) (Steuer) colectados por G. Botero Restrepo en el Municipio de Santa Rosa. Las mismas muestras presentan impresiones de equinidos (*Toxaster colombianus*?) y *Trigonias* (*T. ornata*?).

Los fósiles de las lutitas amarillas de Santa Rosa, que tenemos actualmente a nuestra disposición, comprenden por una parte *Toxaster colombianus* (Lea) y *Trigonia ornata* (D'Orbigny), considerados como Hauteriviense. Y por la otra, *Neocomites neocomiensis* (D'Orbigny) y *Spiticeras* (*Kilianiceras damesi*) (Steuer), amonitas guía de Berriasiano. El problema estratigráfico que presentan las lutitas amarillas se puede resolver solamente con nuevas colecciones. De manera que, hasta la fecha, se carece de pruebas que indiquen la presencia del Barremiano y Aptiano en la región de Floresta, que denota una extensa transgresión marina al principio del Albiano.

rinza y Belén, que en apariencia descansan disconformemente sobre el Hauteriviano o Berriasiano. Condiciones semejantes reinan en las regiones de Soatá, Capitanejo y García Rovira (M. Julivert, 1960; C. E. Acosta, 1960).

Las calizas del Albiano Inferior dieron en el campo algunas veces una buena reacción con el molibdato de amonio. Sin embargo, en el Laboratorio Químico Nacional se obtuvieron los siguientes resultados:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3279	W. Corrales. Caliza con <i>Exogyra</i>	45728	0.27
HB-3330	6 km. al N. de Santa Rosa de Viterbo	45503	0.27
DB-5	Cerínza - Santa Rosa. Caliza	45539	0.50
DB-7	Cerínza - Santa Rosa. Caliza	45510	0.27
DB-45	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45704	0.73
DB-45A	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45705	0.38
B	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45706	0.15
C	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45707	0.23
D	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45708	0.31
E	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45709	0.35
F	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45710	0.73
G	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45711	0.42
H	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45712	0.50
DB-46	Carretera Villeta-Guaduas. Caliza arenosa	45713	0.89

En otros sitios las reacciones de estas calizas en el campo fueron tan débiles que creímos innecesario coleccionar muestras para un análisis químico.

ALBIANO MEDIO

En extensas partes de Cundinamarca y Boyacá, este subpiso está representado por lutitas pizarrosas con *Oxytropidoceras* y *Venezolíceras*, sin intercalaciones calcáreas o arenosas. Pero en Ortega, Tolima, consta de calizas macizas (Bürl, 1962), las cuales se extienden en bancos delgados hasta la carretera Facatativá-Cambao. El análisis de estas calizas dio los siguientes resultados:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
DB-144	Ortega. Caliza con <i>Oxytropidoceras</i>	46313	0.2
DB-144/1	Ortega. Caliza con <i>Oxytropidoceras</i>	46287	0.2
DB-161	Ortega. Las Brisas. Caliza	46306	21.78
DB-162	Ortega. Las Brisas. Canto rodado de caliza	46316	0.1
DB-180/1	Reventones. Lidita (?) con <i>Oxytropidoceras</i>	46325	0.1
DB-183	Reventones. Lidita calcárea (?)	46327	0.2
DB-183/1	Reventones. Lidita calcárea (?)	46341	0.3
/2	Reventones. Lidita calcárea (?)	46337	0.3
/3	Reventones. Lidita calcárea (?)	46334	0.1

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
	/4	Reventones. Lidita calcárea (?)	46364 0.1
	/5	Reventones. Lidita calcárea (?)	46324 0.1
DB-199		Reventones. Margas negras	46412 0.1
	/1	Reventones. Margas negras	46391 0.1
		Reventones. Margas negras	46398 0.1
DB-200	/1	Reventones. Margas negras	46404 0.1
	/2	Reventones. Caliza margosa	46393 0.2
	/3	Reventones. Caliza	46395 0.1
	/4	Reventones. Marga oscura	46411 0.1
		Reventones. Marga fosilífera	46403 0.1
DB-201	/1	Reventones. Lidita margosa (?)	46416 0.1
	/2	Reventones. Lidita calcárea	46414 0.1
	/3	Reventones. Caliza	46388 0.1
	/4	Reventones. Lidita margosa (?)	46407 0.1
	/5	Reventones. Marga pizarrosa	46398 0.1

Con excepción de la muestra de Las Brisas, Municipio de Ortega (DB-161), el contenido fosfático de las calizas (y liditas?), con *Oxytropidoceras*, no alcanza al uno por ciento. El resultado de la muestra DB-161 de Las Brisas es, por consiguiente, muy interesante, superior a otras muestras colectadas en la misma capa a poca distancia y que contenían no más de 0.2% (DB-144, 144/1 y 162). Para llegar a conclusiones definitivas sobre el particular, es necesario un chequeo más detenido en el campo y en el laboratorio.

ALBIANO SUPERIOR

En extensas regiones de la Cordillera Oriental, la parte más alta del Albiano está ocupada por areniscas, en parte calcáreas, las cuales se correlacionan con la parte alta de la Arenisca de Une. Estudiamos dichas areniscas en los alrededores de Portugal (W de Bucaramanga), Málaga (Julivert, 1960), Capitanejo, Soatá, Gachetá y Une; pero en el campo nunca obtuvimos de estas capas reacciones con molibdato de amonio que justificaran la colección de muestras para un análisis químico. Una muestra tomada en la Arenisca de Une al E de Chipaque (DB-126, Nº L. Q. N. 46129) contenía 0.2% de P₂O₅.

CENOMANIANO

Las muy extensas y a veces numerosas capas con *Exogyra squamata*, que caracterizan este piso, dieron en algunas ocasiones reacciones muy fuertes con el molibdato de amonio. Los resultados del Laboratorio Químico Nacional fueron los siguientes:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3143	2 km W Panqueba. Caliza arenosa	45022	0.55
HB-3165	N Soatá. 3m de caliza	45005	5.81
HB-3174	N Soatá. Caliza arenosa	45003	2.28
HB-3175	N Soatá. Caliza arenosa	45004	6.12
HB-3215	E Soatá	45002	0.45
HB-3221	E Soatá	45001	0.40
HB-3260	2 km W Panqueba. Caliza	45018	1.54
HB-3385	Socotá, Jericó, Río Mause. Arenisca	45525	0.42
DB-124	Chipaue. Caliza	46110	0.4
/1	Chipaue. Caliza	46136	0.4
/2	Chipaue. Caliza	46113	0.4
/3	Chipaue. Caliza	46121	0.2
/4	Chipaue. Caliza	46134	1.8
/5	Chipaue. Caliza	46140	2.4
DB-125	E Chipaque. Caliza arenosa	46133	1.2
/1	Chipaue. Caliza arenosa	46106	0.2
/2	Chipaue. Caliza arenosa	46115	1.2
/3	Chipaue. Caliza arenosa	46104	0.1
/4	Chipaue. Caliza arenosa	46159?	0.3?
/5	Chipaue. Caliza arenosa	46105	0.1

En el valle superior del río Magdalena (Ortega, etc.), el Cenomaniano está representado por lutitas blandas que no contienen fosfato.

TURONIANO

En las partes orientales de la Cordillera Oriental, las lutitas negras del Turoniano contienen numerosas intercalaciones calcáreas y arenáceas; éstas dieron algunas veces buenas reacciones con molibdato de amonio y los resultados de su estudio en el Laboratorio Químico Nacional fueron los siguientes:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3119	6 km S Soatá, 3m caliza limolítica	45012	0.68
HB-3183	2 km W Soatá, 1.5m caliza arenosa	45031	3.30
HB-3384	S Jericó, caliza	45543	0.27
DB-51	Girardot-Nariño, calizas La Frontera	45916	0.28
/A	Girardot-Nariño, calizas La Frontera	45917	0.07
/B	Girardot-Nariño, calizas La Frontera	45918	0.00
DB-52	Girardot-Nariño, calizas La Frontera	45919	0.07
/A	Girardot-Nariño, calizas La Frontera	45920	0.27
DB-117	Chipaue. Calizas La Frontera	46111	0.2
DB-118	Chipaue. Caliza arcillosa	46128	2.4
DB-119	Chipaue. Caliza arenosa	46130	4.31
DB-120	Chipaue. Arenisca	46158	0.3
/1	Chipaue. Arenisca	46153	0.3
/2	Chipaue. Arenisca	46119	1.8
/3	Chipaue. Arenisca	46109	1.8
/4	Chipaue. Arenisca	46145	2.4
/5	Chipaue. Arenisca	46118	0.2
/6	Chipaue. Arenisca	46114	0.3
/7	Chipaue. Arenisca	46135	0.2

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
DB-122	Chipaque. Caliza La Frontera	46112	4.31
DB-123/1	Chipaque. Arenisca	46117	0.3
/2	Chipaque. Arenisca	46141	2.4
DB-157	Ortega, 3m de caliza fosfática	46315	12.51
DB-167	Ubaté, caliza fosilífera	46346	2.4
/1	Ubaté, caliza fosilífera	46343	0.1
DB-168	Ubaté, caliza fosilífera	46345	3
DB-177	Carretera Cambao, banco calcáreo	46335	0.2
/1	Carretera Cambao, banco calcáreo	46333	0.1
DB-178	Carretera Cambao, banco calcáreo	46344	0.2

La muestra DB-157 de Ortega merece especial atención, pues fue tomada de una caliza de 3 m de espesor, llena de huesos de peces, así que puede considerarse casi como fosforita. La estación DB-157 está situada cerca a la carretera El Guamo-Ortega. Más al norte, hacia el río Cucuana, la capa se reduce a 0.5 m de espesor; sin embargo, un estudio detenido de este nivel parece justificado.

En el río Servitá, un poco arriba de su desembocadura en el Chicamocha (cerca a Capitanejo), observamos en la base del Turoniano (HB-3475 = DB-248) una arenisca calcárea porosa de 8 m de grosor con aspecto macroscópico de una fosforita. El análisis de dicha roca aún no lo tenemos a nuestra disposición.

CONIACIANO

La constitución litológica de este piso varía considerablemente. Se hallan lutitas oscuras, areniscas, concreciones calcáreas, mientras que verdaderas calizas (Albán, Guachetá, Ortega), son relativamente escasas. Las reacciones de estas rocas con molibdato de amonio, nunca fueron muy fuertes, observación confirmada por los análisis del Laboratorio Químico:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3135	W Cocuy, 1m caliza concrecionaria	45013	0.45
HB-3991	S Jericó, lutita	45508	0.00
HB-3394	Jericó, concreciones margosas	45495	0.27
DB-40	E Albán, caliza	45697	3.17
A	Albán, arenisca y lutita	45698	3.75
B	Albán, arenisca y lutita	45699	3.59
C	Albán, arenisca y lutita	45700	3.44
DB-52B	Girardot-Nariño	45921	0.07
C	Girardot-Nariño	45922	1.20
D	Girardot-Nariño	45923	0.00
DB-53	Girardot-Nariño	45924	0.27
DB-54	Girardot-Nariño	45926	0.07
DB-55	Girardot-Nariño	45927	0.38
DB-56	Girardot-Nariño	45928	0.31

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
DB-57	Girardot-Nariño	45929	0.66
DB-58	Girardot-Nariño	45930	0.04
DB-103	NW Zipaquirá, lutita abigarrada	46091	0.2
DB-108	Carretera a Pacho, arenisca	46092	0.4
DB-109	Carretera a Pacho, lutita negra	46077	0.3
DB-137/1	Carretera a Choachí, arenisca	46139	0.4
/2	Carretera a Choachí, arenisca	46131	0.2
/3	Carretera a Choachí, lutita compacta	46120	0.4
/4	Carretera a Choachí, arenisca	46157	0.4
DB-146	Ortega, ramal Santa Rita, caliza arenosa	46305	0.1
/1	Ortega, ramal Santa Rita, caliza con <i>Inoceramius</i>	46286	0.2
DB-148	Ortega, ramal Santa Rita, caliza con peces	46274	0.2
DB-149	Ortega, ramal Santa Rita, lutitas bituminosas	46290	0.5
DB-150	Ortega, ramal Santa Rita, lutita negra	46302	0.1
/1	Ortega, ramal Santa Rita, lutita negra	46312	0.4
/2	Ortega, ramal Santa Rita, lutita silicosa	46296	0.3
/3	Ortega, ramal Santa Rita, lutita calcárea	46280	0.3
DB-169	Guachetá, caliza en la base del Coniaciano	46329	3
DB-179	Carretera Cambao, lutita negra	46332	0.1

En comparación con Europa occidental, el Coniaciano en Colombia es relativamente pobre en fosfatos y las perspectivas de encontrar yacimientos económicos en este piso son muy moderadas.

SANTONIANO

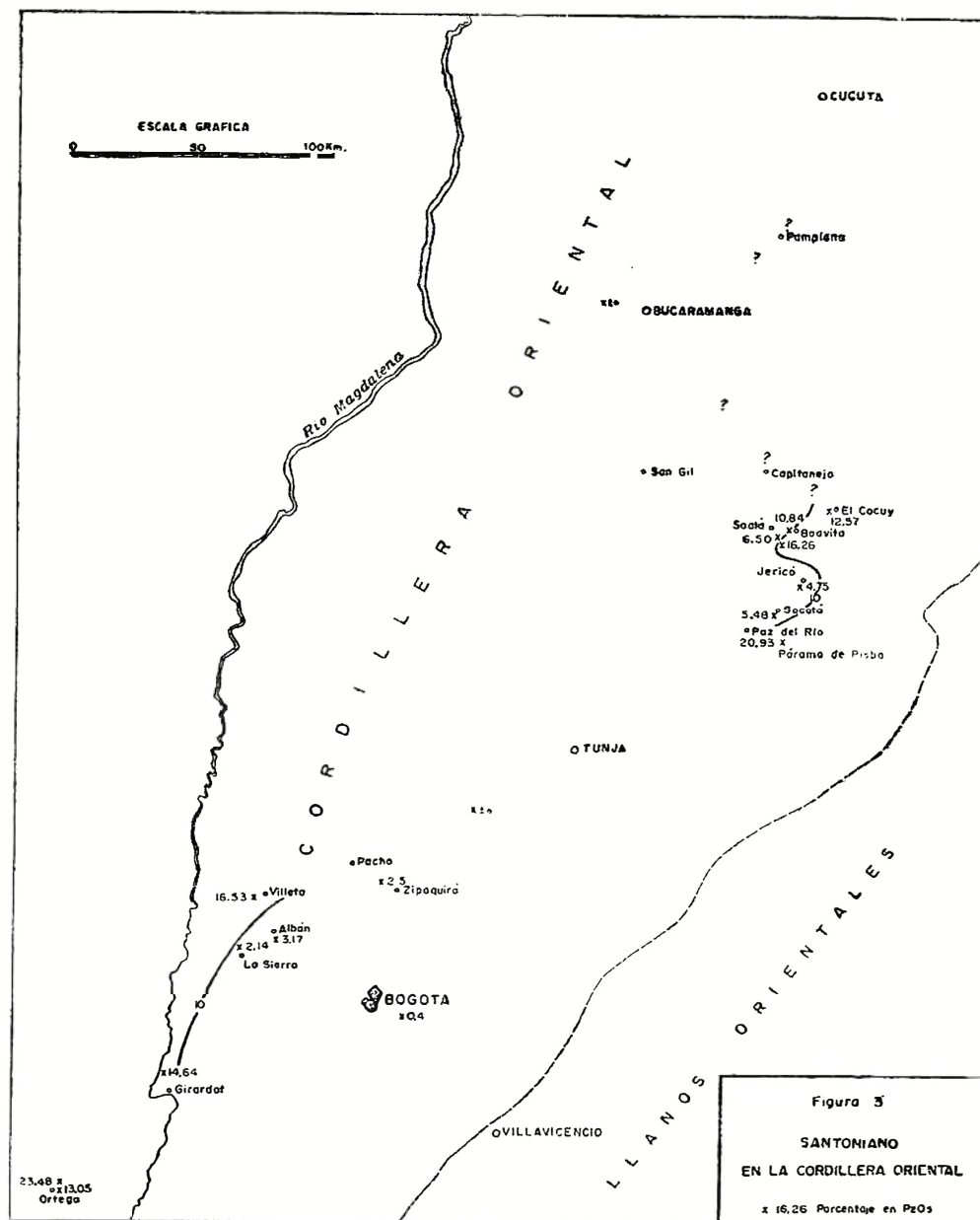
Donde está este piso completo (Ortega, Girardot, Alto del Trigo W Villeta, Subachoque, E Pacho), consta de tres unidades litológicas, que se diferencian también por su microfauna (H. Bürgel & Y. Dumit, 1954; V. Petters, 1955). Dichas unidades son:

Superior: Capas arenáceas calcáreas (con *Ostrea abrupta*).
Wheelerella magdalenaensis (Petters).
Anomalina redmondi (Petters).

Media: Capas lutíticas con:
Dentalina lorneiana (D'Orbigny).
Bulimina compressa (Carsey).

Inferior: Capas lidíticas con:
Globigerina cretacea (D'Orbigny).
Guembelina globulosa (Ehrenberg).

Las "capas lidíticas", con frecuencia citadas como Lidita inferior, son en realidad lutitas silicosas, areniscas silicosas y solamente raras veces liditas verdaderas. Sin embargo, litológicamente este nivel es uno de los más característicos del Cretáceo de Co-



lombia y puede seguirse casi por toda la extensión de la Cordillera Oriental.

En muchas regiones se nota, pues, que el Santoniano consta solamente de capas lidíticas, mientras que las partes lutíticas y areno-calcareas faltan. Este hecho se puede explicar de dos maneras:

- 1) La facies lidítica se extiende hasta el tope del Santoniano, reemplazando la facies lutítica y areno-calcareá.
- 2) Las capas lutíticas y areno-calcareas no han sido sedimentadas o fueron erodadas posteriormente, antes de la deposición del Maestrichtiano.

Los datos a nuestra disposición hablan en favor de la segunda alternativa. En Boavita, por ejemplo, las partes más altas de la lidita contienen la fauna de *Guembelina globulosa* (hasta Santoniano Inferior); las lutitas superpuestas contienen la fauna de *Ammobaculites colombianus* (Maestrichtiano Medio), sin intervención de faunas del Santoniano Superior y Campaniano. Esto indica que existe un hiato (diastema) entre el Santoniano Inferior y Maestrichtiano. Por otra parte, nunca encontramos en la lidita inferior una microfauna más moderna que Santoniano Inferior. Desafortunadamente los fósiles son muy escasos en la lidita inferior y también en las capas suprayacentes; por tal razón, el problema de una diastema en el Santoniano Superior y Campaniano no se ha resuelto en forma definitiva.

Se sabe que tales diastemas favorecen la formación de capas fosfáticas (O. Stutzer & W. Wetzel, 1932; Krumbein & Sloss, 1956) y, por consiguiente, prestamos especial atención al Santoniano en nuestros trabajos de campo. Este cuidado se encuentra justificado, como lo demuestran los análisis del Laboratorio Químico Nacional, que citamos a continuación:

Nº de campo		Santoniano	
		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3114	La Jabonera S Soatá, lidita delgada	45028	1.02
HB-3115	Portugalete S Soatá, caliza con <i>Ostrea</i>	45016	0.42
HB-3116	Portugalete S Soatá, caliza con <i>Ostrea</i>	45025	6.50
HB-3126	W Boavita, 12 m de lidita	45007	3.08
HB-3138	W Cocuy, intercal, calcar, en la lidita	45006	0.93
HB-3139A	W Cocuy, 2 cm fosforita en la lidita	45017	12.57
B	W Cocuy, lidita	45011	4.99
HB-3234A	W Boavita, lidita calcárea	45014	0.42
HB-3247A	W Boavita, lidita con vetas de calcita	45027	0.31
B	W Boavita, lidita lutítica	45032	0.41
C	W Boavita, 1m caliza en la lidita	45010	10.84

Nº de campo	Santoniano	
	Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3375/1	Páramo de Pisba, arenisca blanca (Maas)	45515 0.00
/2	Páramo de Pisba, arenisca arcillosa ne- gra	45529 14.87
/3	Páramo de Pisba, arenisca lútica	45518 0.00
/4	Páramo de Pisba, lútica	45527 0.15
/5	Páramo de Pisba, lútica	45500 0.31
/6	Páramo de Pisba, lútica lútica	45538? 2.70?
/7	Páramo de Pisba, arenisca	45524 1.12
/8	Páramo de Pisba, arenisca arcillosa	45504 0.81
/9	Páramo de Pisba, arenisca fosfática	45520 20.93
/10	Páramo de Pisba, arenisca fosfática	45512 19.93
/11	Páramo de Pisba, arcilla lútica	45553 0.50
/12	Páramo de Pisba, lútica	45528 7.03
/13	Páramo de Pisba, lútica	45505 0.38
/14	Páramo de Pisba, lútica	45498 0.31
/15	Páramo de Pisba, lútica	45532 0.38
/16	Páramo de Pisba, lútica arenosa	45514 4.48
/17	Páramo de Pisba, lútica	45530 6.64
/18	Páramo de Pisba, arenisca	45502 2.47
/19	Páramo de Pisba, arenisca	45541 0.92
/20	Páramo de Pisba, lútica	45534 6.99
/21	Páramo de Pisba, lútica	45417 0.04
/22	Páramo de Pisba, lútica arcillosa	45554 0.38
/23	Páramo de Pisba, lútica arcillosa	45493 5.64
DB-11	Socotá, lútica	45537 1.00
DB-11	Socotá, lútica	45540 3.47
DB-12	Socotá, lútica	45552 5.48
DB-13	Socotá, lútica	45533 4.82
DB-17	Socotá, lútica	45516 0.00
DB-18	Socotá, lútica	45545 0.19
DB-22	Socotá, lútica	45497 0.34
DB-28	Socotá, lútica	45547 0.19
DB-29	Socotá, lútica	45549 0.15
DB-30	Jericó, lútica	45557 4.75
DB-32	Jericó, lútica	45559 2.97
DB-33	Jericó, caliza	45550 3.70
DB-47	Alto del Trigo W Villeta	45714 3.12
A	Alto del Trigo W Villeta	45715 1.16
B	Alto del Trigo W Villeta	45716 2.12
C	Alto del Trigo W Villeta	45717 0.46
D	Alto del Trigo W Villeta	45718 0.54
E	Alto del Trigo W Villeta	45719 9.07
F	Alto del Trigo W Villeta	45720 16.53
G	Alto del Trigo W Villeta	45721 10.93
H	Alto del Trigo W Villeta	45722 1.10
I	Alto del Trigo W Villeta	45723 11.18
DB-59	Girardot-Nariño	45931 0.06
A	Girardot-Nariño	45932 1.66
B	Girardot-Nariño	45933 0.05
C	Girardot-Nariño	45934 1.12
DB-61	Girardot-Nariño	45936 0.00
DB-62	Girardot-Nariño	45937 1.39
DB-63	Girardot-Nariño	45938 14.64
DB-64 (HB-179)	Girardot-Nariño	45938 14.64
DB-74	Girardot-Nariño	45949 0.70
DB-75	Girardot-Nariño	45950 0.70
DB-76	Girardot-Nariño	45951 0.70
DB-77	Girardot-Nariño	45952 0.46
A	Girardot-Nariño	45953 0.19
DB-78	Girardot-Nariño	45954 0.89
DB-79	Girardot-Nariño	45955 2.36

Nº de campo		Santoniano •	
		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
DB-80	Girardot-Nariño	45960	1.24
DB-105/27	Carretera Pacho, lidita	46095	1.8
28	Carretera Pacho, lutita negra	46100	0.2
DB-107	Carretera Pacho, lutita arenosa negra	46070	2.5
DB-151	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46264	18.07
1	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46311	23.48
2	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46314	1.8
3	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46268	0.2
4	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46307	0.1
5	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46322	0.1
6	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46288	0.3
7	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46284	0.2
8	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46292	0.1
9	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46304	0.1
10	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46278	0.1
11	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46271	0.3
12	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46283	0.3
13	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46285	0.3
14	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46295	0.3
15	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46291	0.3
16	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46276	0.2
17	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46298	2.9
18	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46279	0.5
19	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46266	0.5
20	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46293	0.5
21	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46289	2.4
22	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46272	1.8
23	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46281	0.3
24	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46318	0.1
25	Ortega, ramal Sta. Rita, lidita inferior	46310	0.1
DB-164	Ortega, Las Brisas, lidita inferior	46301	0.1
DB-158	Ortega, carretera El Guamo, arenisca superior	46319	13.05

Los datos anteriores comprueban que el Santoniano contiene capas más ricas en fosfato que todos los pisos antes tratados. Estas capas fosfáticas no están repartidas arbitrariamente en todo el piso, sino que se hallan concentradas en los contactos inferior y superior del piso o los límites de los diferentes niveles adentro del piso, como lo demostramos a continuación:

Capas fosfáticas en el tope del Santoniano Superior:

HB-3375/2	Páramo de Pisba	14.87%	P ₂ O ₅
DB-47 /F	Alto del Trigo, Villeta	16.53	"
DB-47 /G	Alto del Trigo, Villeta	10.93	"
DB-47 /I	Alto del Trigo, Villeta	11.18	"
DB-158	Ortega, carretera El Guamo	13.05	"
Promedio de 5 muestras		13.31%	P ₂ O ₅

Capas fosfáticas en la base del Santoniano Superior?

DB-64 (= HB-179?)	Girardot-Nariño	14.64%	P ₂ O ₅
--------------------	---------------------------	--------	-------------------------------

Capas fosfáticas en el tope del Santoniano Inferior (Lidita):

HB-3247/C	W Boavita	10.84%	P ₂ O ₅
HB-3375/9	Páramo de Pisba	20.93	"
/10	Páramo de Pisba	10.93	"
Promedio de 3 muestras		17.23%	P ₂ O ₅

Capas fosfáticas en la base del Santoniano Inferior (Lidita):

DB-151/1	Ortega, ramal Santa Rita	18.07%	P ₂ O ₅
/2	Ortega, ramal Santa Rita	23.48	"
HB-3139A	Cocuy	12.57	"
Promedio de 3 muestras		18.04%	P ₂ O ₅

Parece, por lo tanto, que los contactos inferior y superior del Santoniano Inferior (Lidita inferior) son las zonas que merecen mayor atención en la búsqueda de fosfatos. Lo dicho tiene una comprobación al pensar que la fosforita en Venezuela está situada estratigráficamente en la base de la "Lidita inferior".

CAMPANIANO

En las áreas donde este piso está representado completamente (Girardot, Ortega, Subachoque, río Servitá, etc.), se observa una división de tres niveles litológicos semejantes a los del Santoniano:

Superior: Capas arenáceas o calcáreas.
 Medio: Capas lutíticas.
 Inferior: Capas lidíticas.

Sin embargo, estos niveles litológicos son todavía menos constantes que los del Santoniano. Con frecuencia falta uno u otro o todo el Campaniano, como parece ser el caso en el Páramo de Choachí y de Guasca, los alrededores de Boavita, Chita y Cocuy, para mencionar solamente algunos ejemplos.

Las reacciones con molibdato de amonio que obtuvimos en el campo con rocas campanianas, fueron por lo general menos fuertes que en el Santoniano, observación confirmada por los resultados del Laboratorio Químico Nacional, que citamos a continuación:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
DB-152	Ortega, ramal Santa Rita, lidita superior . . .	46321	3
/1	Ortega, ramal Santa Rita, lidita superior . . .	46270	2.4
DB-155/1	Ortega, Pan de Azúcar, lutita margosa y caliza	46269	0.1
2	Ortega, Pan de Azúcar, lutita margosa y caliza	46267	0.3
3	Ortega, Pan de Azúcar, lutita margosa y caliza	46273	0.3

Nº de campo		Nº L.Q.N	% P ₂ O ₅
	4 Ortega, Pan de Azúcar, lutita margosa dura .	46277	0.2
	5 Ortega, Pan de Azúcar, lutita margosa dura .	46323	0.3
DB-156	Ortega, Pan de Azúcar, lidita superior? . . .	46317	0.1
DB-158/1	Ortega, carretera El Guamo, lidita superior? .	46299	0.5
	2 Ortega, carretera El Guamo, lidita superior? .	46303	17.59
	3 Ortega, carretera El Guamo	46275	0.2
	4 Ortega, carretera El Guamo	46309	0.1
	5 Ortega, carretera El Guamo	46320	0.1
	6 Ortega, carretera El Guamo	46282	0.3
	7 Ortega, carretera El Guamo	46297	0.2
	8 Ortega, carretera El Guamo	46265	1.8
DB-165	Ortega, Las Brisas, lidita superior	46294	0.4
DB-176/1	Carupa, lidita	46339	0.1
	/2 Carupa, lidita	46340	0.2
DB-202	La Sierra, lidita	46399	0.1
	/1 La Sierra, lidita	46396	0.1
	/2 La Sierra, lidita	46382	0.1
	/3 La Sierra, lidita pizarrosa	46405	0.2
DB-203	La Sierra, lidita calcárea	46413	1.8
	/1 La Sierra, lidita calcárea	46394	0.3
	/2 La Sierra, lidita calcárea	46390	0.3
	/3 La Sierra, lidita calcárea	46409	0.5
DB-204	La Sierra, arenisca calcárea (Sant. sup.?) . .	46397	0.5
	/1 La Sierra, arenisca calcárea (Sant. sup.?) . .	46386	3
	/2 La Sierra, arenisca calcárea (Sant. sup.?) . .	46410	8.14
DB-205	Viani, lidita margosa	46408	0.1
	/1 Viani, lidita margosa	46392	0.1
	/2 Viani, lidita calcárea	46402	0.1
	/3 Viani, lidita calcárea	46385	1.8
	/4 Viani, lidita calcárea	46387	0.2
	/5 Viani, lidita calcárea	46384	0.2
	/6 Viani, lidita calcárea	46381	0.2
	/7 Viani, lidita margosa	46406	0.3
	/8 Viani, lidita calcárea	46383	0.6
	/9 Viani, lidita calcárea	46401	0.3
	/10 Viani, lidita calcárea	46400	0.5
	/11 Viani, marga oscura	46413	0.3
DB-48	Carretera Villeta-Guaduas, lutita negra . . .	45724	1.12
DB-60	Girardot-Nariño	45935	0.85
DB-65	Girardot-Nariño	45940	1.16
DB-66	Girardot-Nariño	45941	0.35
DB-67	Girardot-Nariño	45942	0.42
DB-68	Girardot-Nariño	45943	0.46
DB-69	Girardot-Nariño	45944	0.35
DB-70	Girardot-Nariño	45945	0.42
DB-71	Girardot-Nariño	45946	0.70
DB-72	Girardot-Nariño	45947	0.46
DB-73	Girardot-Nariño	45948	0.00
DB-81	Girardot-Nariño	45957	0.73
DB-82	Girardot-Nariño	45958	0.77
DB-83	Girardot-Nariño	45959	0.18
A	Girardot-Nariño	45960	0.75
B	Girardot-Nariño	45961	0.19
DB-84	Girardot-Nariño	45962	1.78
DB-85	Girardot-Nariño	45963	0.71
DB-86	Girardot-Nariño	45964	1.31
DB-87	Girardot-Nariño	45965	1.20
DB-88	Girardot-Nariño	45966	1.20
DB-89	Girardot-Nariño	45967	1.35
DB-90	Girardot-Nariño	45968	1.35
DB-91	Girardot-Nariño	45969	1.35
DB-92	Girardot-Nariño	45970	7.03

Nº de campo			Nº L.Q.N	% P ₂ O ₅
DB-105/1	Carretera	Pacho	46084	0.1
2	Carretera	Pacho	46080	0.1
3	Carretera	Pacho	46097	0.4
4	Carretera	Pacho	46094	0.3
5	Carretera	Pacho	46076	0.3
6	Carretera	Pacho	46081	0.3
7	Carretera	Pacho	46089	0.3
8	Carretera	Pacho	46069	0.6
9	Carretera	Pacho	46079	0.3
10	Carretera	Pacho	46085	0.3
11	Carretera	Pacho	46086	0.3
12	Carretera	Pacho	46073	1.8
13	Carretera	Pacho	46088	0.3
14	Carretera	Pacho	46074	0.6
15	Carretera	Pacho	46083	0.5
15	Carretera	Pacho	46099	0.2
16	Carretera	Pacho	46078	0.5
17	Carretera	Pacho	46072	2.5
17	Carretera	Pacho	46093	0.5
18	Carretera	Pacho	46090	0.6
20	Carretera	Pacho	46096	1.8
21	Carretera	Pacho	46101	25.11
22	Carretera	Pacho	46089	0.3
23	Carretera	Pacho	46087	0.3
24	Carretera	Pacho	46071	0.5
25	Carretera	Pacho	46082	0.3
26	Carretera	Pacho	46075	0.6

Entre estas muestras solamente hay dos que merecen mención: DB-105/21 de la carretera a Pacho y DB-158/2 de la carretera al SE de Ortega.

DB-105/21 proviene de una capa de fosforita de 5 cm de espesor, intercalada en lutitas oscuras con *Solenoceras* sp., *Siphogenerinoides ewaldi* (Karsten) y *S. clarki* (Cushman & Campbell), expuestas en la carretera Zipaquirá-Pacho, un poco al oeste del Alto del Páramo. El contenido en P₂O₅ de 25.11% es el mayor que hemos observado hasta la fecha, pero el espesor diminuto de la capa, la priva de valor económico.

DB-158/2 con 17.59% de P₂O₅ fue colectada en la carretera a Ortega, unos 4 kms al SE de esta población. Probablemente proviene de la Lidita superior (Campaniano Inferior), pero esto necesita todavía una verificación en el terreno. Las muestras fueron tomadas a distancias de 50 - 100 m. El sitio merece un estudio más detenido porque es posible que existan en su cercanía otras capas con mayor concentración de fosfato.

La muestra DB-204 de La Sierra, con 8.14% de P₂O₅ proviene tal vez del Santoniano Superior (arenisca calcárea) y puede representar la extensión sur de las capas fosfáticas (DB-47F) del Alto del Trigo al W de Villeta.

MAESTRICHTIANO

Este piso comprende multitud de facies litológicas: lutitas oscuras (Umir, Colón, Maestrichtiano inferior de la Sabana), plaeners, areniscas (Guadalupe, Tierna), calizas (base y tope del Colón) y conglomerados (Menal, Formación Cimarrona y Ortega). Investigamos todas estas rocas en el terreno y en varios sitios (E Paz del Río, Guaduas-Honda, Carupa), obtuvimos muy buenas reacciones con el molibdato de amonio; sin embargo, los análisis del Laboratorio Químico Nacional no confirmaron nuestros resultados en el campo.

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3129	Boavita, calizas en la base de la formación Colón	45009	0.18
HB-3251	Boavita, banco de caliza en la formación Colón	45029	1.16
HB-5255	Boavita, banco de caliza en la formación Colón	45019	5.64
HB-3263	Chita, caliza en el tope de la formación Colón	45030	2.17
HB-3263A	Chita, caliza en el tope de la formación Colón	45021	4.25
HB-3265	Chita, arenisca calcárea con <i>Ostrea</i>	45020	4.35
HB-3371	Páramo de Pisba, Colón Shale	45501	0.50
HB-3373/1	Páramo de Pisba, Colón Shale	45507	0.42
HB-3375/1	Páramo de Pisba, arenisca en la base de la formación Colón	45515	0.00
HB-3383	2 km N Socotá, arenisca en el tope de la formación Colón	45509	0.93
HB-3390	Jericó, arenisca en el tope de la formación Colón	45544	0.23
HB-3391	Jericó, arenisca en la formación Colón	45508	0.00
HB-3392	Jericó, arenisca en la base de la formación Colón	45552	2.31
HB-3378	Paz del Río, tope de la formación Colón debajo de la formación Guaduas	45727	0.27
1	Paz del Río, arenisca fina calcárea	45560	0.38
2	Paz del Río, caliza con <i>Ostrea abrupta</i>		
3	Paz del Río, caliza arenosa y lutita	45558	0.42
4	Paz del Río, lutita y caliza arenosa con <i>Ostrea</i>	45555	0.81
5	Paz del Río, caliza arenosa compacta 1.70m	45506	6.59
6	Paz del Río, caliza y lutita	45535	0.54
7	Paz del Río, caliza y lutita	45531	1.15
8	Paz del Río, caliza y lutita	45548	0.46
9	Paz del Río, caliza y lutita	45553	0.08
10	Paz del Río, caliza y lutita	45511	0.31
11	Paz del Río, lentejón de caliza, discordancia	45521	0.04
12	Paz del Río, arenisca calcárea de la formación Guaduas	45523	0.08
DB-35	NW de Madrid, plaener arenoso	45693	4.40
A	NW de Madrid, plaener	45694	2.32
DB-38	NW de Madrid, plaener	45695	1.12
DB-39	Entrada sur de Facatativá, arenisca tierna	45696	0.65
DB-93	E Girardot	45971	1.20
DB-94	E Girardot	45972	1.66
DB-95	Girardot	45973	2.35
DB-96	Girardot	45974	0.08
DB-97	Girardot	45975	0.24

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
DB-98	Girardot	45976	0.24
DB-99	Girardot	45977	0.02
DB-100	Girardot	45978	0.08
DB-143	Páramo de Choachí, arenisca	46132	0.3
1	Páramo de Choachí	46107	0.3
2	Páramo de Choachí	46147	0.3
3	Páramo de Choachí, caliza arenosa (?)	46122	1.8
4	Páramo de Choachí, caliza	46160	0.3
5	Páramo de Choachí	46148	0.4
DB-153	Ortega, Pan de Azúcar, arenisca margosa	46300	0.1
DB-154	Ortega, Pan de Azúcar, arenisca congl. marg.	46308	0.1
DB-166	Tausa, plaeners superiores	46342	0.1
DB-175	Carupa-Coper, lutita negra	46331	0.3
1	Carupa-Coper, lutita negra	46330	0.3
2	Carupa-Coper, lutita con <i>Siphogenerinoides</i>	46336	0.3
3	Carupa-Coper, lutita con <i>Siphogenerinoides</i>	46326	0.3
4	Carupa-Coper, lutita con <i>Siphogenerinoides</i>	46338	0.2
5	Carupa-Coper, lutita	46328	0.2
DB-187	Guaduas-Honda, conglomerado de Menal	46359	0.1
1	Guaduas-Honda, conglomerado de Menal	46368	0.3
2	Guaduas-Honda, conglomerado de Menal	46367	0.1
DB-188	Guaduas-Honda, arenisca del Guaduas	46357	0.1
DB-189	Guaduas-Honda, lutita argilolítica	46356	0.1
DB-190	Guaduas-Honda, arenisca calcárea	46350	0.1
DB-191	Guaduas-Honda	46349	0.1
1	Guaduas-Honda	46351	0.1
2	Guaduas-Honda	46363	0.2
3	Guaduas-Honda	46352	0.2
4	Guaduas-Honda	46360	0.2
5	Guaduas-Honda, conglomerado de Menal	46347	0.1
DB-192	Guaduas-Honda, capa cal. debajo congl. Menal	46361	0.2
DB-193	Guaduas-Honda, lutita negra	46362	0.2
DB-194	Guaduas-Honda, lutita negra	46348	0.1
DB-196	Guaduas-Honda, marga arenosa amarilla	46358	1.8
1	Guaduas-Honda, marga arenosa amarilla fósil	46353	1.8
DB-197	Guaduas-Honda, caliza gredosa	46366	0.5

De estos análisis resulta que las rocas más ricas en fosfatos del Maestrichtiano se encuentran en las capas calcáreas del límite superior de la formación Colón Shale, es decir, en capas que corresponden al nivel de la Arenisca Tierna en la Sabana de Bogotá. Estas capas (calizas con *Ostrea abrupta* o *Alectrygonia*) son especialmente ricas en fosfatos en las regiones de Paz del Río, Chita y Boavita. Sin embargo, como el contenido fosfático queda siempre debajo del 10%, este nivel carece de interés práctico.

TERCIARIO CONTINENTAL

Examinamos también, algunas veces, areniscas del Terciario continental, pero no obtuvimos reacciones fuertes con el molibdato de amonio. Los resultados respectivos del Laboratorio Químico Nacional fueron:

Nº de campo		Nº L.Q.N.	% P ₂ O ₅
HB-3995	10 km al S de Socotá, arenisca del Cacho . . .	45496	2.43
DB-186	Guaduas-Honda, conglomerado de Hoyón . . .	45365	0.1
/1	Guaduas-Honda, arenisca de Hoyón . . .	45354	0.1

CONCLUSIONES

El lector se preguntará, con razón, por qué colectamos en el curso de nuestras labores en el terreno tan numerosa cantidad de muestras (480), de las cuales solamente una fracción muy pequeña presenta un interés práctico. A este respecto debe tenerse en cuenta que nuestros estudios hasta la fecha pueden considerarse a manera de reconocimiento con la finalidad de localizar las regiones y niveles estratigráficos en los cuales existan posibilidades de yacimientos económicos de fosfatos.

Además, en el campo es imposible evaluar el contenido en fosfato de una capa. La intensidad y rapidez de la reacción de una roca con el molibdato de amonio depende menos del contenido en fosfato que del contenido en carbonato de calcio, es decir, una roca calcárea poco fosfática reacciona más rápida y enérgicamente que una roca arcillosa, rica en fosfato.

De los análisis del Laboratorio Químico Nacional resulta claramente que las mejores perspectivas del Cretáceo de la Cordillera Oriental, respecto a fosfatos, las presenta el Santoniano, como puede apreciarse en la tabla que a continuación se detalla:

T A B L A I

	Porcentajes de P ₂ O ₅			
	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25
Muestras del Maestrichtiano	2	—	—	—
Muestras del Campaniano	1	—	1	.1
Muestras del Santoniano	6	7	3	2
Muestras del Coniaciano	—	—	—	—
Muestras del Turoniano	—	1	—	—
Muestras del Cenomaniano	2	—	—	—
Muestras del Albiano Superior	—	—	—	—
Muestras del Albiano Medio	—	—	—	1 ?
Muestras del Albiano Inferior	—	—	—	—
Muestras del Aptiano	—	—	—	—
Muestras del Barremiano	—	—	—	—
Muestras del Hauteriviano	—	—	—	—

Lo mismo resulta si computamos el promedio del contenido fosfático de las muestras colectadas en cada piso, como lo demuestra el diagrama de la página 37 (fig. 1).

Este resultado, sin embargo, no descarta completamente las posibilidades en otros pisos; la capa fosfática basal del Turoniano y la Lidita Superior del Campaniano, deben tenerse en cuenta. Las capas fosfáticas del Cenomaniano y Maestrichtiano, son en lo general calizas fosfáticas que presentan poco interés económico. De todas maneras, la posición estratigráfica de las capas es una guía muy importante en la búsqueda de fosfato y para esta investigación deben emplearse geólogos que se encuentren muy familiarizados con la litología y estratigrafía del Cretáceo.

Pero no solo en la dirección vertical existen considerables diferencias en la repartición del fosfato, sino también en la horizontal. La Fig. Nº 3 muestra que en el Santoniano las máximas concentraciones de fosfatos se encuentran en las márgenes del geosinclinal cretáceo, mientras que sus partes centrales (Páramo de Choachí, Albán, Pacho, Gachetá), no alcanzan al 5%. Las mejores rocas fosfáticas las encontramos en el margen suroeste (Villeta, Girardot, Ortega) y en el margen oriental (Páramo de Pisba, El Cocuy). Una repartición semejante presentan los otros pisos. La única excepción en la repartición geográfica de los fosfatos parece ser el Campaniano del Alto del Páramo (SE de Pacho) con el 25.11%. Sin embargo, el espesor diminuto (5 cm) de la capa respectiva indica que esta acumulación de fosfato en el centro del geosinclinal es esporádica y sin valor práctico.

De las consideraciones anteriores se deduce que la búsqueda de fosfatos en el futuro debe concentrarse en el Santoniano (lidita inferior), en las márgenes de la Cordillera Oriental. Por esta razón, esperamos con gran interés los resultados de los análisis químicos de las muestras que colectamos en los alrededores de Capitanajo, Málaga y Pamplona. Otras regiones que demandan una investigación detenida, son los alrededores del Lago de Tota y el Valle superior del río Magdalena.

LITOLOGIA DE LAS CAPAS FOSFATICAS

La capa más rica en fosfato (25.11%) la encontramos en el Campaniano del Alto del Páramo en la carretera Zipaquirá-Pacho. Esta es una verdadera fosforita granulosa, de color oscuro; pero no tiene más de 5 cm de espesor. En la sección delgada se ven oolitas de forma circular u ovalada, que flotan en una matriz silicosa (Foto 1).

Un aspecto semejante tiene la fosforita del Páramo de Pisba (foto 2). También en este caso se trata de una oolita fosfática

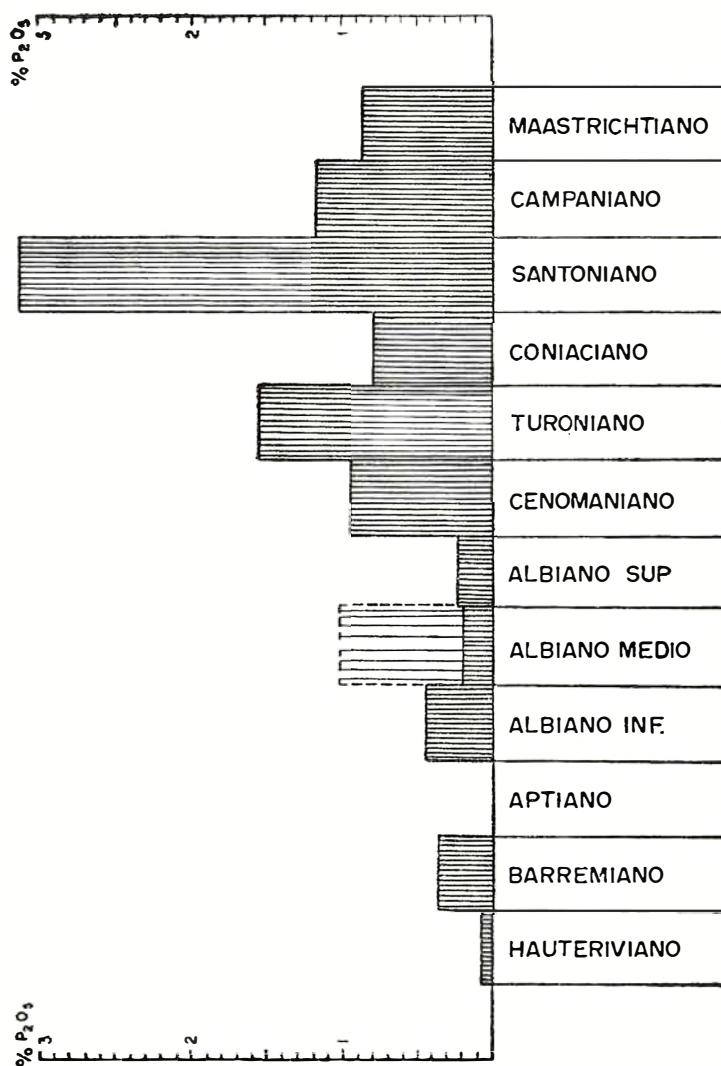


Figura 1

Fig. 1.—Histograma mostrando frecuencia y riqueza en P_2O_5 de distintos pisos del Cretáceo de Colombia.

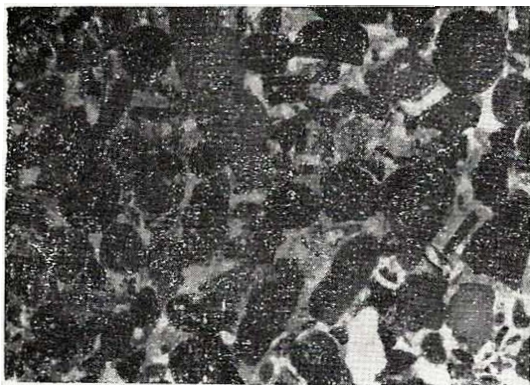


Foto 1. - Sección delgada de la fosforita del Campaniano del Alto del Páramo en la carretera Zipaquirá - Pacho (muestra DB-105/21). Oolitas de colófana en una matriz silicosa. La roca contiene el 25.11% de P_2O_5 .
Aumento 30 \times .

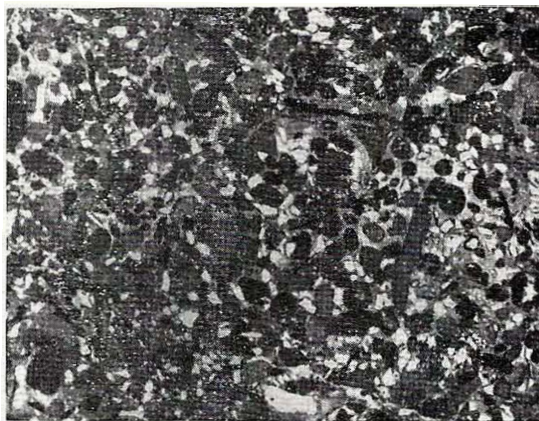


Foto 2. - Sección delgada de la fosforita del Páramo de Pisba (HB-3375/10). Oolitas de colófana pequeñas, de color amarillo, en una matriz silico-arcillosa. La roca contiene el 20% de P_2O_5 .
Aumento 30 \times .

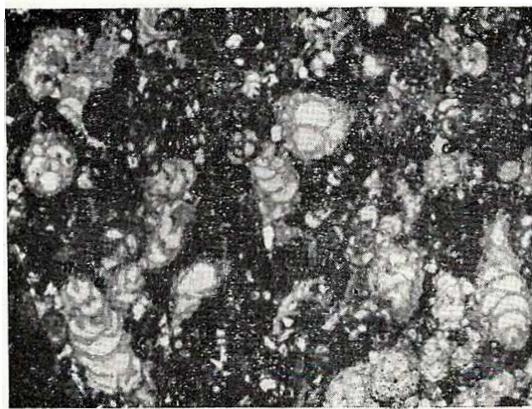


Foto 3. - Sección delgada de la capa limítrofe entre el Santoniano y el Campaniano, en el Alto del Trigo (muestra DB-471). Lutita arenocalcárea, con el 11.16% de P_2O_5 . En una matriz arcillo-fosfática flotan conchas de foraminíferos: *Wheelerella magdalenaensis* (Petters) y *Anomalina redmondi* (Petters). La colófana forma oolitas en la matriz y reemplaza algunas veces la calcita de las conchas pequeñas.
Aumento 30 \times .

con 20% de P_2O_5 . Las oolitas son mucho más pequeñas que en la muestra anterior.

Las secciones delgadas de las capas fosfáticas del Santoniano del Alto del Trigo (Villeta) tienen aspectos bastante diferentes (foto 3). Llamán la atención las conchas de Foraminíferos que flotan en una matriz predominantemente arcillosa, con un número variado de oolitas de colófana.

PERSPECTIVAS ECONOMICAS

Como nuestras investigaciones aún se hallan en el estado de reconocimiento regional, es tal vez prematuro hablar sobre sus resultados inmediatamente prácticos. Para este fin se necesitan estudios detallados de los sitios donde se obtuvieron resultados positivos, especialmente respecto al espesor y la extensión horizontal de los yacimientos.

En los Estados Unidos de Norteamérica, solamente yacimientos con un contenido de más del 25% en P_2O_5 se consideran de valor económico. Por otra parte, los fosfatos que se explotan con éxito en Europa occidental desde hace muchos años, tienen algunas veces una concentración mucho menor, como lo demuestran las siguientes cifras citadas por O. Stutzer & W. Wetzel, 1932:

Inglaterra:

	% P_2O_5
Gales septentrional (Ordoviciano)	23.79
Bedford y Cambridge (Cenomaniano) . . .	23.39 — 25.29

Francia:

Boulonnais (Albiano)	21
Orville (Somme)	33 — 38.25
Ardennes	16 — 22
Haut-Saone	22 — 32
Cher	18
Drome-Ardeche	20 — 23
Quercy	28
Basse-Pyrénées	16 — 29

Bélgica:

Hesbaye	25.08 — 27.20
Mons	18.68 — 26.29

Alemania :

Río Lahn	30	— 35
Amberg, Bavaria	16.13	
Helmstedt	12.5	— 25.7
Vogtland	37.45	

Debe tenerse en cuenta que estas cifras se refieren a muestras tomadas del interior de las minas, mientras que las nuestras fueron tomadas en la superficie. Las aguas meteóricas, que siempre contienen un poco de CO_2 y las aguas superficiales, cargadas con H_2SO_4 proveniente de la descomposición de la pirita en las capas adyacentes, seguramente reducen el contenido fosfático de las capas superficiales. Por esta razón, debemos considerar de interés económico todas las capas de espesor suficiente, que contengan en su superficie más del 15% de ácido fosfórico. Estas y otras de menor concentración, presenta la Tabla II.

T A B L A I I

				% P ₂ O ₅				
				Nº L.Q.N.	5 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25
DB-161	Ortega, Las Brisas	Albiano Medio	46306	—	—	—	—	21.78
HB-3165	N Soatá	Cenomaniano	45005	5.81	—	—	—	—
HB-3175	N Soatá	Cenomaniano	45004	6.12	—	—	—	—
DB-157	Ortega	Turoniano	46315	—	12.51	—	—	—
HB-3139A	W Cocuy	Santoniano	45017	—	12.57	—	—	—
HB-3247C	W Boavita	Santoniano	45010	—	10.84	—	—	—
HB-3375/2	Páramo de Pisba	Santoniano	45529	—	14.87	—	—	—
HB-3375/9	Páramo de Pisba	Santoniano	45520	—	—	—	—	20.93
HB-3375/10	Páramo de Pisba	Santoniano	45512	—	—	19.93	—	—
HB-3375/12	Páramo de Pisba	Santoniano	45528	7.03	—	—	—	—
HB-3375/17	Páramo de Pisba	Santoniano	45530	6.64	—	—	—	—
HB-3375/20	Páramo de Pisba	Santoniano	45534	6.99	—	—	—	—
HB-3375/23	Páramo de Pisba	Santoniano	45493	5.64	—	—	—	—
DB-12	Socotá	Santoniano	45552	5.48	—	—	—	—
DB-47E	Alto del Trigo, Villeta	Santoniano	45719	9.07	—	—	—	—
DB-47F	Alto del Trigo, Villeta	Santoniano	45720	—	—	16.53	—	—
G	Alto del Trigo, Villeta	Santoniano	45721	—	10.93	—	—	—
I	Alto del Trigo, Villeta	Santoniano	45723	—	11.18	—	—	—
DB-63	Girardot-Nariño	Santoniano	45938	—	14.64	—	—	—
DB-151	Ortega, ramal Santa Rita	Santoniano	46264	—	—	18.07	—	—
/1	Ortega, ramal Santa Rita	Santoniano	46311	—	—	—	—	23.48
DB-158	Ortega, carretera Guamo	Santoniano	46319	—	13.05	—	—	—
DB-158/2	Ortega, carretera Guamo	Campaniano	46303	—	—	17.59	—	—
DB-204/2	La Sierra	Campaniano	—	—	—	—	—	—
		Santoniano	46410	8.14	—	—	—	—
DB-105/21	Carretera Pacho	Campaniano	46101	—	—	—	—	25.11
HB-3255	Boavita	Maestrichtiano	45019	5.64	—	—	—	—
HB-3378/5	Paz del Río	Maestrichtiano	45516	6.59	—	—	—	—

De la tabla anterior resulta que los sitios y estratos de mayor interés económico son:

- El Albiano Medio?, de Ortega, con 21.78% P_2O_5 .
- La Lidita inferior, de Ortega, con 18.07% - 23.48% P_2O_5 .
- La Lidita superior, de Ortega, con 17.59% P_2O_5 .
- La Lidita inferior, del Páramo de Pisba, con 19.93% y 20.93% P_2O_5 .
- La fosforita del Campaniano del Alto del Páramo (carretera a Pacho), con 25% de P_2O_5 carece de valor práctico por su reducido espesor.

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados anteriores, se recomienda: por una parte, seguir la exploración regional en forma de reconocimiento, y por la otra, emprender estudios detallados en los sitios donde la presencia de capas con 16-25% de fosfato está comprobada. Estas regiones y sitios son los siguientes:

A. Investigaciones de reconocimiento:

- 1) Las regiones alrededor del Lago de Tota, desde el Páramo de Pisba en el norte, hasta el valle de Tenza, en el sur.
- 2) El valle superior del río Magdalena, desde Girardot, en el norte, hasta el río Páez (La Plata), en el sur.
- 3) Algunas regiones de Cundinamarca, como los alrededores de La Pradera y los del Alto del Trigo, Villeta.

Para un futuro más lejano queda todavía la investigación del Terciario marino en los Departamentos de Magdalena, Atlántico, Bolívar, etc., y el estudio de vetas de apatita en regiones de rocas cristalinas, como la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera Occidental.

B. Investigaciones locales de detalle:

- 1) La región de Ortega, especialmente las Liditas inferior y superior, entre el río Cucuana, en el norte, y el Tetuán, en el sur.
- 2) El Páramo de Pisba.

Estos estudios detallados deben hacerse para evaluar las reservas presentes y las posibilidades de explotación, ayudados con perforaciones hasta de unos 30 m de profundidad.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, C. E., 1960. — Estratigrafía de García Rovira, Bol. de Geol. N° 5, pp. 33-40, 1 fig., Bucaramanga.
- ALVARADO, B. & SARMIENTO SOTO, R., 1945. — Yacimientos de fosfatos de "El Salitre", La Pradera, Municipio de Subachoque, Departamento de Cundinamarca. Comp. Estud. Geol. Ofic. en Colombia, VI, pp. 105-115, Bogotá.
- BUENO, J. A., VAN DER HAMMEN, T. & NELSON, H. W., 1954. — Informe sobre la comisión a las Cuevas de Cunday, Tolima. Serv. Geol. Nal., Bogotá, informe N° 1041, inédito.
- BÜRGL, H., 1961. — Historia Geológica de Colombia. Rev. Acad. Colomb. de Ciencias Exactas, etc., vol. XI, N° 43, pp. 137-191, 41 figs., Bogotá.
- BÜRGL, H., 1961. — Geología de los alrededores de Ortega, Tolima. Bol. de Geología, N° 8, pp. 21-38, 2 figs., Bucaramanga.
- BÜRGL, H. & DUMIT TOBÓN, Y., 1954. — El Cretáceo superior en la región de Girardot. Bol. Geol., vol. 2, N° 1, pp. 23-48, 12 fotos, 8 pls., Bogotá.
- HARRINGTON, J. & HUBACH, E., 1953. — Fuentes de fertilizantes minerales de Colombia. Serv. Geol. Nal., Bogotá, informe N° 977, inédito.
- HUBACH, E., 1931. — Exploración en la región de Apulo-San Antonio-Viotá. Bol. Min. Petrol., vol. 4, Nos. 25-27, pp. 41-60, Bogotá.
- HUBACH, E., 1953. — Estado actual de la exploración de fosfatos en Colombia. Bol. Geol., vol. 1, N° 3, pp. 1-6, Bogotá.
- JULIVERT, M., 1960. — Geología de la región occidental de García Rovira. Bol. de Geol. N° 5, pp. 5-32, 17 figs., Bucaramanga.
- KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L., 1956. — Stratigraphy and sedimentation. 497 pp., figs., Freeman & Camp., San Francisco.
- MOOREHOUSE, W. W., 1959. — The study of rocks in thin sections. 514 pp. Harper & Brothers, New York.
- MORALES, L. G. & COLOMBIAN PETROLEUM INDUSTRY, 1958. — General Geology and Oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. En L. G. WEEKS, Habitat of Oil, Sympos. Amer. Assoc. Petrol. Geol., pp. 641-695, 29 figs., Tulsa.
- MUTIS JURADO, V., 1943. — Yacimientos de fosfato en Soatá, Boyacá. Serv. Geol. Nal., Bogotá, Inf. N° 272, inédito.
- MUTIS JURADO, V., 1945. — Reconocimiento fosfático practicado en las regiones de Piedra Sentada y Mercaderes. Serv. Geol. Nal., Bogotá, Inf. N° 500, inédito.
- PABA SILVA, F. & SUÁREZ HOYOS, V., 1948. — Informe sobre la prospección de fosfato de la Isla de Malpelo, Serv. Geol. Nal. Bogotá, Inf. N° 634, inédito.

- PETTERS, V., 1955. — Development of Upper Cretaceous foraminiferal faunas in Colombia. *Journ. Paleont.*, vol. 29, pp. 212-225, 7 figs.
- PETTIJOHN F. J., 1957. — *Sedimentary Rocks*. 718 pp., Harper & Brothers, New York.
- SARMIENTO ALARCÓN, A., 1953a. — Comisión a la Isla de Malpelo (fosfatos), Depto. Valle. *Bol. Geol.*, vol. 1, N° 3, pp. 41-57, Bogotá.
- SARMIENTO ALARCÓN, A., 1953b. — Reconocimiento de fosfatos en la región comprendida entre los ríos Catatumbo y Orú, Departamento de Santander. *Bol. Geol.* N° 3, pp. 58-66, Bogotá.
- SARMIENTO ALARCÓN, A. & SANDOVAL, J., 1953. — Comisión geológica del Archipiélago de San Andrés y Providencia. Estudio de fosfatos. *Bol. Geol.* 1, Nos. 11, 12, pp. 27-42, Bogotá.
- SARMIENTO SOTO, R., 1942. — Geología económica de la región de Paipa-Duitama-Santa Rosa de Viterbo en el Departamento de Boyacá. *Comp. Estud. Geol. Ofic. en Colombia*, V. pp. 1-43, Bogotá.
- SARMIENTO SOTO, R., 1943. — Informe sobre la iniciación de la prospección detallada de los yacimientos de fosfatos de Jabonera-Soatá, Departamento de Boyacá. *Serv. Geol. Nal.*, informe N° 362, inédito.
- SARMIENTO SOTO, R., 1953. — Estudio preliminar de unos posibles yacimientos de fosfato en el Páramo de Pisba, Municipio de Socotá. *Bol. Geol.* N° 3, pp. 70-20, Bogotá.
- SARMIENTO SOTO, R. & PARRA LLERAS, H., 1948. — Reconocimiento preliminar de unos yacimientos de fosfato en el Municipio de Soatá. *Comp. Estud. Geol. Ofic. en Colombia*, XII, pp. 143-152, Bogotá.
- SCHEIBE, R., 1919. — Sustancias minerales, abonos. *Serv. Geol. Nal.*, Bogotá, Inf. N° 547, inédito.
- STUTZER, O. & WETZEL, W., 1932. — Phosphat - Nitrat. En O. STUTZER Die wichtigsten Lagerstätten der Nicht-Erze, Bd. IV, 390 pp., 101 figs., Bornträger, Berlín.
- SUÁREZ HOYOS, V., 1948. — Informe preliminar sobre reconocimiento de la Isla de Malpelo, Departamento del Valle, *Serv. Geol. Nal.* Bogotá, informe N° 635, inédito.
- SUÁREZ HOYOS, V., 1953. — Comisión Geológica de la Guajira (fosfatos). *Bol. Geol.* I, N° 3, pp. 21-38, Bogotá.
- SUÁREZ HOYOS, V. C. & ROYO Y GÓMEZ J., 1945. — Reconocimiento geológico de la región de Gachalá, Departamento de Cundinamarca. *Comp. Estud. Geol. Ofic. en Colombia*, VI, pp. 147-190, Bogotá.
- WOKITTEL, R., 1956. — Recursos minerales para el desarrollo de la industria química en Colombia. *Bol. Petr.* N° 68-69, pp. 68-69, *Bol. Min.* N° 32, pp. 25-28, Bogotá.
- WOKITTEL, R., 1960. — Recursos minerales de Colombia, *Comp. Estud. Ofic. en Colombia*, X, pp. 293, 46 mapas, Bogotá.
- WOKITTEL, R. & LÓPEZ CASAS, J., 1953. — Estudio minero y geológico de la región del Guavio y de los Farallones de Medina, Departamento de Cundinamarca, *Bol. Geol.* I, N° 4, pp. 1-61, Bogotá.