

LOS SEDIMENTOS MARINOS TERCIARIOS Y RECIENTES DE LA PENINSULA DE LA GUAJIRA Y SU POSIBLE SIGNIFICADO ECONOMICO

MINARD L. HALL¹ y FABIO CEDIEL²

CONTENIDO

Resumen.

- I. INTRODUCCION**
- II. TEORIA DE LA FORMACION DE FOSFATOS**
- III. LA PLATAFORMA MARINA DE LA GUAJIRA Y EL GOLFO DE VENEZUELA**
- IV. LA PLATAFORMA MARINA DE LA GUAJIRA EN EL TERCIARIO**
 - Generalidades.
 - Resumen histórico de la sedimentación terciaria.
 - Discusión de la sedimentación terciaria.
- V. EVAPORITAS**
- VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ilustraciones.

Literatura.

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Dirección actual: Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

² Departamento de Geología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

RESUMEN

La exploración previa para fosfatos en la Península de la Guajira, efectuada por INGEOMINAS y el Servicio Geológico de los Estados Unidos halló poca evidencia para apoyar la posibilidad de encontrar yacimientos fosfáticos allí. Aunque se estudiaron principalmente capas estratigráficamente equivalentes a los sedimentos fosfáticos del Cretáceo Superior de la Cordillera Oriental, se prestó poca atención a los sedimentos marinos de edad terciaria y reciente de esta región. La nueva cartografía geológica de la Alta Guajira indica que esta área era una plataforma marina estable y llana, interrumpida solamente por unas Islas (las Serranías de hoy) durante el Terciario Medio y Tardío. En verdad, la topografía actual de la plataforma marina en la región de las Islas de los Monjes y probablemente la sedimentación allí, tienen semejanzas estrechas con las de la Península de la Guajira durante el Terciario. Con base en el mejor conocimiento de la precipitación geoquímica de fosfatos marinos y ambiente geológico de su formación, se espera encontrar fosfatos formados en la plataforma marina actual. Por las mismas razones, la precipitación de fosfatos habría ocurrido en la plataforma terciaria también. Empleando este razonamiento, parece justificada una reevaluación de la potencialidad de fosfatos en las rocas terciarias de la Guajira. El uso de mapas paleogeográficos serán esenciales para delimitar la sedimentación y los cambios de facies de la secuencia terciaria. También, tales métodos serán útiles para localizar pequeñas cuencas antiguas de evaporitas, que seguramente existieron, y así, depósitos posibles de yeso, halita y otras sales.

ABSTRACT

Previous exploration for phosphate on the Guajira Peninsula carried out by INGEOMINAS and the U. S. Geological Survey found little evidence to support the possibility of discovering phosphate deposits there. While they primarily studied the stratigraphic equivalents of the phosphate-rich Upper Cretaceous sediments of the Cordillera Oriental, little attention was given to the Tertiary and Recent sediments of this region.

Recent geological mapping of the Alta Guajira indicates that this region was a stable flat marine platform interrupted only by a few islands (the present Serranías) during the Middle and Late Tertiary.

In fact, the present topography of the platform in the region of the Islas de los Monjes and probably the sedimentation there may closely resemble that of the Guajira Peninsula during the Tertiary. Based upon the improved understanding of the geochemical precipitation of marine phosphates and the geological environment of phosphate formation, we should expect to find phosphate forming on the present marine platform. For similar reasons, phosphate precipitation may have occurred on the Tertiary platform as well.

Armed with this understanding, a new appraisal of the phosphate potential of the Tertiary sediments seems warranted. The use of paleogeographic maps will be helpful in delimiting the facies changes and sedimentation of the Tertiary sequence. Such an approach may also be useful in the localization of small evaporite basins on the Tertiary platform as well and thus possible Tertiary deposits of halite, gypsum and other salts.

I—INTRODUCCION

Una breve revisión de la evaluación geológica del área ocupada actualmente por la Península de la Guajira permite reconocer situaciones geológicas propicias para la formación de yacimientos minerales como fosforita y evaporitas particularmente, que hasta ahora no han sido motivo de una prospección completa. Si bien es cierto que se identifican condiciones geológicas que han estimulado la prospección para petróleo y se han hecho algunas perforaciones, no se conocen resultados definitivos, ni la información geológica obtenida a través de estos trabajos. La evaluación geológica aquí expuesta se basa entonces, en el conocimiento geológico general logrado a través de investigadores que han publicado sus estudios, aquí citados, y en observaciones de campo realizadas por F. CEDIEL en marzo de 1970, en comisión financiada por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional.

La información aquí resumida y las reflexiones expuestas se presentan a manera de ejemplo de análisis geológico que, con base en una cierta cantidad de información elemental, puede y debe hacerse de distintas partes de la plataforma del Caribe y Pacífico colombianos.

II—TEORIA DE LA FORMACION DE FOSFATOS

Se han efectuado recientemente muchos estudios sobre la formación de fosforita en los ambientes naturales; se refiere, a los lectores interesados, especialmente a los de McKELVEY (1967) y GULBRANDSEN (1969). Es suficiente discutir aquí brevemente la naturaleza geoquímica y el ambiente geológico de la formación de fosforita.

Si se asume que el agua moderna del mar es en equilibrio con apatito, el mineral común de fosforita, se debe esperar la precipitación de apatito siempre que uno o más de los siguientes factores entren a operar: 1. Un aumento de la temperatura del agua. 2. Un aumento del pH de la solución. 3. Una disminución de la presión (es decir, de la profundidad del agua). 4. Un aumento de la concentración de Ca^{++} , y 5. Un aumento de la concentración de PO_4^{-3} o P^{-} . Desafortunadamente, teniendo en cuenta que el carbonato cálcico está también próximo a su punto de saturación en el agua del mar y que el carbonato es mil veces más abundante que el fosfato, todos estos factores, con excepción del 5, iniciarán también la precipitación extensiva, rápida, de calcita lo cual enmascara por completo cualquier precipitación de fosforita. El contenido de fosfato obtenido de esta manera como un copre-

cipitado de calcita es de cerca de 0.07% de P_2O_5 (GULBRANDSEN, 1970). Esta concentración es típica de muchas calizas e indica que cierta cantidad de apatito es un coprecipitado común de calcita. Únicamente un aumento en la concentración de PO_4^{-3} o P^- dará comienzo a la precipitación del apatito sin la precipitación de calcita. Y, en realidad, únicamente la adición de PO_4^{-3} es significativa para la formación de cantidades comerciales de fosforita, puesto que de los componentes esenciales falta solamente PO_4^{-3} en el agua del mar. Con la precipitación de apatito, la solución deja de estar saturada con respecto al carbonato de calcio porque para la formación del apatito se requiere cierta cantidad de Ca^{++} .

La fuente más probable para fósforo en el mar parece ser los organismos marinos. Cuando los organismos mueren y se descomponen bajo las condiciones apropiadas de oxidación, se obtiene fósforo en solución. Generalmente el agua profunda puede contener mucho más fósforo en solución, y cuando las corrientes de esta agua chocan con los bordes de plataforma dando origen a surgimientos oceánicos, es posible la precipitación extensiva de apatito. Igualmente importante como fuente de fósforo son las cuencas o las plataformas marinas que contienen mucha vida animal, si hay algún modo de concentrar los restos animales muertos (y así las soluciones fosfáticas) por medio de corrientes o del viento. El otro mecanismo principal para la formación de las capas fosfóricas envuelve el reemplazamiento de calcita por fósforo al cristalizar apatito; también este fenómeno debe ocurrir óptimamente cerca de las áreas de surgimiento oceánico. Otras condiciones que favorecen el desarrollo en fosforita incluyen una tasa baja de provisión de detrito y agua dulce a la cuenca y un clima árido caliente.

El ambiente de la formación de apatito se puede distinguir en términos de unidades geológicas que pueden ser reconocidas y la prospección para fósforo se puede ayudar por el reconocimiento de estas unidades. Un modelo geológico de desarrollo ha sido obtenido a través de áreas fosfóricas bien estudiadas (McKELVEY, 1967). Un tal modelo indica la ocurrencia deposicional hacia la costa de: 1. Arcilla negra rica en material orgánico. 2. El conjunto de fosforita y chert. 3. Las calizas y las dolomitas. 4. Las calizas arenosas. 5. Arena y lutita clara colorada, y finalmente 6. Las evaporitas. Esta representa una secuencia idealizada, y en general se halla solamente alguna parte de la secuencia. También GULBRANDSEN (1969) sugiere que bajo condiciones especiales los depósitos fosfáticos se encontrarán hacia la costa detrás de la asociación de calizas.

III — LA PLATAFORMA MARINA DE LA GUAJIRA Y EL GOLFO DE VENEZUELA

En la figura 1 se muestra la extensión y la profundidad de la plataforma marina cerca de la costa de la Guajira y en el Golfo de Venezuela. La plataforma es relativamente llana al este de la Guajira, hasta donde se hunde rápidamente a profundidades de la fosa de Bonaire al Este de Aruba y la Península de Paraguaná. Esta plataforma llana se interrumpe por las Islas de los Monjes, compuestas de rocas ígneas y metamórficas. Al norte de la Guajira hacia el Golfo de Venezuela existe una cuenca submarina somera.

Las corrientes oceánicas dominantes se mueven al Oeste a través de la cima de Sur América, pasando las Guayanas, Venezuela y Colombia. Estas corrientes cálidas sostienen fácilmente una gran cantidad de vida animal y vegetal que después de morir representa una gran fuente de fosfatos. Las aguas profundas viniendo del Océano Atlántico y pasando por las fosas afuera de la costa de Venezuela pueden contener mayores cantidades de fosfato en solución. Se forman surgimientos oceánicos donde las corrientes chocan con una plataforma marina somera, por ejemplo, esa de la Guajira. Así, la naturaleza geológica de esta plataforma parece ser idéntica al modelado idealizado, de McKELVEY (1967).

Estudios recientes realizados por H. CURL (Oregon State University) sobre la distribución geográfica de producción biológica en el Caribe, muestran cómo la termoclina, a lo largo del borde continental, se encuentra frente a Colombia a 50 m. y frente a Venezuela a 20 m., siendo esta región, particularmente frente a la Guajira, una región de baja temperatura. La producción biológica frente a la costa norte de la Guajira alcanza 200 gr. de carbono fijado por m², mientras que en los alrededores de Santa Marta decrece a 100 gr./m².

Un estudio de los sedimentos del Golfo de Venezuela indica que el carbonato y los lodos son los sedimentos principales (ZEIGLER y PÉREZ, 1960). La fig. 2 muestra la distribución de los sedimentos sobre esta plataforma. A excepción de algunos bancos de arena a lo largo de las costas de Venezuela y Colombia, la única variación significativa desde el predominio de carbonato es el lodo calcáreo negro rico en material orgánico en la cuenca somera al sur de la Guajira. No se sabe la presencia o la cantidad de fosfato en los sedimentos de la plataforma, ya que no se cuenta con análisis químicos. Tampoco ningún estudio ha sido hecho sobre los sedimentos del zócalo al norte de la Alta Guajira. Sin embargo, la formación de fosforita marina se encuentra en ambientes

similares cercanos. Al margen de la plataforma marina al este de Trinidad, se encontró en sedimentos actuales fosforita (KOLDEWIJ 1958).

La plataforma alrededor de la Guajira, entonces, es un sitio muy probable para la formación de fosforita. Se hallan justamente en esta región todos los factores esenciales dados por GULBRANDSEN para la formación de fosforita, y siendo este un sitio de surgimiento oceánico, una plataforma somera, poco detrito, y un clima árido y cálido, se deben examinar los sedimentos de esta plataforma específicamente en busca de fosfatos. Los lugares más probables a considerar son el margen continental entre Aruba y la Península de Paraguaná, el margen del zócalo a lo largo de la costa al norte de la Península de la Guajira, y también cualquier cambio estructural brusco en la plataforma abierta.

IV — LA PLATAFORMA MARINA DE LA GUAJIRA EN EL TERCIARIO

Generalidades.

La geología de la Alta Guajira ha sido presentada ya en detalle en varias disertaciones doctorales (ROLLINS 1960, MAC DONALD 1964, LOCKWOOD 1965 y ALVAREZ 1967). De estos estudios aparece que durante el Terciario la Alta Guajira fue una plataforma marina sumergida interrumpida por algunas islas, las que hoy forman las serranías de la Guajira. Así mismo, la plataforma marina actual, con las islas de los Monjes, es probablemente una representación cercana de lo que fue la plataforma de la Guajira durante el Terciario. De la Baja y Media Guajira es poco lo que se conoce debido a su cubierta cuaternaria, pero se puede asumir con cierta seguridad, que esta también fue un área baja durante el Terciario y formó parte de la plataforma marina.

Las condiciones favorables para la formación de fosforita que existen actualmente en la plataforma de la Guajira, indudablemente existieron también durante el Terciario. Ciertamente el factor más importante, o sea, la posición de la plataforma guajira terciaria en la vía de corrientes marinas mayores para generar surgimientos oceánicos, operó también durante el Terciario. La presencia de fosforita en calizas cenozoicas de Aruba (WESTERMANN 1932), apoya esta suposición. Además, desde el Oligoceno la Península de la Guajira no ha experimentado algún tectonismo significativo, ha permanecido una plataforma baja y estable sobre la cual los mares terciarios han pasado frecuentemente. Estudiando los mapas paleogeológicos terciarios de la Guajira, se observa que las relaciones espaciales de las unidades estratigráficas con respecto a la plataforma continental y los cambios de facies de estas unidades, pueden suministrar información que pueda dirigir futuras exploraciones de fosfatos.

Dos comisiones distintas han prospectado fosfatos en la Guajira durante los últimos veinte años. El estudio conjunto más reciente, INGEOMINAS y el U. S. Geological Survey examinaron solamente una roca terciaria, posiblemente de la Formación Tucacas y hallaron un contenido de 0.5% de P_2O_5 (CATHCART y ZAMBRANO, 1967). La comisión anterior (SUÁREZ 1953) encontró en seis muestras analizadas de la Formación Tucacas un contenido de P_2O_5 siempre inferior al 0.6%. Estos contenidos, aunque siempre muy bajos para tener algún valor económico, indican de todos modos un enriquecimiento en fosfatos en el mar Tucacas, pues dichos valores son considerablemente superiores a los precipitados de agua marina normal (GULBRANDSEN, 1969). Desafortunadamente no hay información de ninguna de las otras unidades terciarias.

Resumen histórico de la sedimentación terciaria.

Hasta el Eoceno Superior, un tectonismo importante levantó gran parte del norte de Colombia y Venezuela, desarrollando una área alta entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la parte occidental del Estado de Falcón en Venezuela (YOUNG et al., 1956). Con la transgresión marina en el Oligoceno esta área alta sirvió para canalizar la corriente oceánica fluyendo hacia el Oeste, predominantemente en el flanco norte y a través de la Península de la Guajira, pero también en la cuenca de Falcón, en el flanco sur. Durante el Terciario Medio esta angosta cuenca de Falcón existió en el norte del Estado de Falcón y tenía solamente una entrada, no disfrutando entonces de la libre circulación de la plataforma de la Guajira (WHEELER 1960).

La Fig. 3 muestra estos rasgos estructurales que existieron en el Oligoceno Inf.-Medio y probablemente por más tiempo.

Hacia el norte de esta área alta, la Guajira permaneció sumergida durante la mayor parte del Oligoceno, Mioceno y posiblemente Plioceno. La transgresión del Oligoceno Medio depositó calizas fosilíferas y shales (Formación Siamana de RENZ, 1960) sobre la mayor parte de la Alta Guajira. Complejos arrecifales circundaron las tres islas de las serranías, mientras en las partes más profundas, lejos de las islas, se sedimentaron shales y shales calcáreos (ver Fig. 3). Esta transgresión continuó hasta el Oligoceno Superior o Mioceno Inferior (ROLLINS 1960), con la sedimentación en una facies de aguas "profundas" (Formación Uitpa de RENZ, 1960). La Formación Uitpa, que consiste en shales grises claros y oscuros con algunas areniscas, se depositó extensamente sobre la Alta Guajira, disminuyendo en espesor hacia las serranías (ver Fig. 4). En el Mioceno Inferior a Medio comenzó una regresión que probablemente permitió

que las serranías conectadas, formaran una área central alta en la Guajira. La Formación Jimol de RENZ (1960), compuesta de calizas arenosas litorales y areniscas calcáreas se depositó en la cuenca al sur de las serranías, pero probablemente ocurre también al norte de las mismas, bajo rocas más jóvenes (ver Fig. 5).

ROLLINS (1960) habla de una secuencia estratigráfica para la Formación Jimol, que indica tipos de cambios de facies que ocurrieron durante la retirada del mar. La base de la formación contiene una asociación de shales de aguas profundas, la parte media contiene un complejo de calizas arrecifales y la parte superior presenta una asociación de margas y calizas arenosas de agua salobre-lagunar.

Esta regresión continúa durante el Mioceno Medio y Superior con la sedimentación de la Formación Tucacas que ocurre a lo largo de las costas guajiras norte y sur (ver Fig. 6). Esta consta principalmente de calizas margosas y arcillas con limolitas y areniscas hacia el techo, sugiriendo condiciones marinas someras. No existen rocas marinas más jóvenes en la Guajira, excepto algunas terrazas, posiblemente del Pleistoceno, presentes en la costa nororiental.

Mientras la historia terciaria de la Alta Guajira es razonablemente clara, la de la Baja y Media Guajira permanece escondida bajo su cubierta cuaternaria. Su elevación, cercana al nivel del mar, ciertamente sugiere que esta también ha sufrido el ciclo transgresión-regresión de la Alta Guajira. Dos pozos perforados cerca de Riohacha encontraron rocas graníticas a una profundidad de 2.000 m. y atravesaron, principalmente, shales marinos con areniscas. La ausencia aquí de calizas indica que las condiciones favorables para la precipitación de CaCO_3 , tal como existen actualmente en la plataforma, no existieron nunca en la Baja Guajira. Además, la ausencia de mucha arenisca y el predominio de shales sugieren un ambiente de aguas profundas. La litología encontrada en numerosos pozos perforados en la Baja Guajira sugiere también que esta área fue un estrecho marino en el Terciario y probablemente en el Cuaternario. La presencia de unidades terciarias hacia el suroeste del río Ranchería las cuales son similares litológicamente a la formación marina Tucacas, apoya esta suposición. Esta aseveración se apoya aún más según BÜRGEL (1960), quien menciona la existencia de la parte basal de la Formación Jimol en sondeos localizados cerca de Riohacha.

Discusión de la sedimentación terciaria.

Basándose en esta historia geológica de la Guajira, se pueden hacer varias generalizaciones acerca del ambiente de sedimentación en esta región durante el Cenozoico. Dos factores parecen importantes en el

control de la secuencia sedimentaria durante el Terciario. Primero, la serie transgresiva del Oligoceno Medio - Mioceno Inferior, originada por un ascenso relativo del nivel del mar, depositó sedimentos de agua más o menos profundos en la península. Este proceso operó tanto al norte como al sur de las serranías. Durante esta transgresión, entonces, la facies de agua profunda con fosforita ha podido ser trasladada sobre la península.

El segundo factor se refiere a la naturaleza y forma de circulación del agua en el estrecho al sur de las serranías guajiras, proceso íntimamente relacionado con la disponibilidad de la Baja Guajira como salida para las corrientes, que se movían hacia el occidente. La presencia de esta salida ha podido tener un profundo efecto en la circulación en este estrecho y la naturaleza de los sedimentos depositados en él. Este factor no ha podido afectar la circulación y sedimentación en la parte norte de la Guajira. Es necesario ahora, a través de estos dos factores, considerar los lados norte y sur de la península.

Las regiones bajas y actual plataforma al norte de las serranías estuvieron sumergidas durante el Oligoceno-Mioceno y quizá mucho después. La circulación libre con el Caribe ha sido continua y el proceso de surgimiento oceánico ha sido seguramente continuo también a lo largo de la plataforma. Como se dijo anteriormente, un sitio de gran probabilidad de precipitación de fosfatos ocurre cerca del borde de esta plataforma. La transgresión del Oligoceno-Mioceno Inferior ha podido trasladar la facies de fosforita tan cerca de la costa que estos depósitos pueden existir ahora debajo de la cubierta superficial de sedimentos más jóvenes a lo largo de los costados norte y noreste de la península. Ya que la formación Uitpa representa la facies de agua profunda, sería esta la mejor candidata para exploración de fosforita. Sobre las Formaciones Jimol y Tucacas poco se puede decir puesto que su estratigrafía y ambiente de sedimentación no han sido estudiadas en detalle. Sin embargo es interesante saber que los sondeos someros realizados en Puerto Estrella encontraron un espesor considerable de shales negros que sugieren la proximidad del ambiente de formación de fosforita. Igualmente, un pozo en las afueras de Punta Gallinas penetró más de 800 m. de shales, shales carbonosos y escasas areniscas y calizas. Parece entonces, que si la facies de fosforita existió a lo largo del borde de la plataforma durante el Cenozoico, su posición ha podido ser trasladada sobre la actual península.

En el suroeste de la Alta Guajira este ambiente antiguo es más difícil de entender, debido a la falta de información y también porque seguramente los mismos dos factores —cambio en el nivel del mar y

dirección de las corrientes marinas— fueron probablemente de igual importancia en la determinación de la facies sedimentaria. Las tierras bajas al sur de las serranías como también la Media y Baja Guajira ciertamente estuvieron sumergidas temporalmente en el Cenozoico. Aún más, es seguro que la secuencia transgresión-regresión observada en la Alta Guajira se experimentó también en el suroeste y así, un período de gran sumersión probablemente está representado en el tiempo Uitpa. Si existió una buena circulación de agua y condiciones oxidantes normales en el estrecho de la Baja Guajira el ambiente de sedimentación ha podido ser favorable para la formación de fosforita. Sin embargo, tales condiciones no parecen tan adecuadas en la Baja y Media Guajira como las postuladas para las costas norte y noroeste.

V — EVAPORITAS

La ocurrencia de yeso en las formaciones terciarias (ROLLINS 1960) indica que las condiciones para la formación de evaporitas eran operativas en ese tiempo. Se encuentra yeso en la Formación Tucacas en las áreas costaneras sur y este, en la Formación Jimol cerca de Siapana y en la Formación Uitpa. Aunque las cuencas evaporativas terciarias habrían existido muy probablemente cerca de las Serranías, como lo sugiere la estratigrafía y la topografía terciaria, la mayor potencialidad económica parece estar hoy en yacimientos más recientes adyacentes a la costa actual.

El ambiente de la formación de yeso se considera generalmente ligado a una cuenca somera aislada del mar, la cual se inunda a menudo y así se recarga con el agua del mar de la cual se precipitan el yeso y otras sales. Los planos de marea y las lagunas antiguas habrían funcionado como estas cuencas de evaporación. Tales cuencas existen ahora a lo largo de las costas al norte y al sur de la Alta Guajira y seguramente existían en el pasado. Los mapas geológicos detallados y paleogeológicos de la región alrededor de las bahías actuales de la costa norte y perforaciones apropiadas podrían delimitar las cuencas antiguas de evaporación.

VI — CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones geoquímicas y geológicas favorables para la formación de fosforita en o cerca de la plataforma marina actual de la Guajira probablemente existían durante la deposición de la secuencia marina

terciaria. Por lo tanto es muy probable que se precipitó fosforita en los sedimentos terciarios de esta región. La información limitada sobre la estratigrafía terciaria a lo largo de la costa del norte sugiere que la facies fosfórica se movió durante el ciclo de transgresión-regresión en el Oligoceno-Mioceno y que ahora existe esta facies en la península debajo de rocas más jóvenes. Debido a que las formaciones Siamana y Uitpa representan la serie de transgresión y así la facies de agua más profunda que ocurrió en la plataforma terciaria, se debe dirigir la atención a examinar estas unidades y sus equivalentes de agua aún más profunda. Aunque menos prometedor, el estrecho terciario a través de la Baja Guajira ha podido ser área de precipitación de fosforita y por consiguiente debe examinarse también.

FIGURAS



Fig. 1

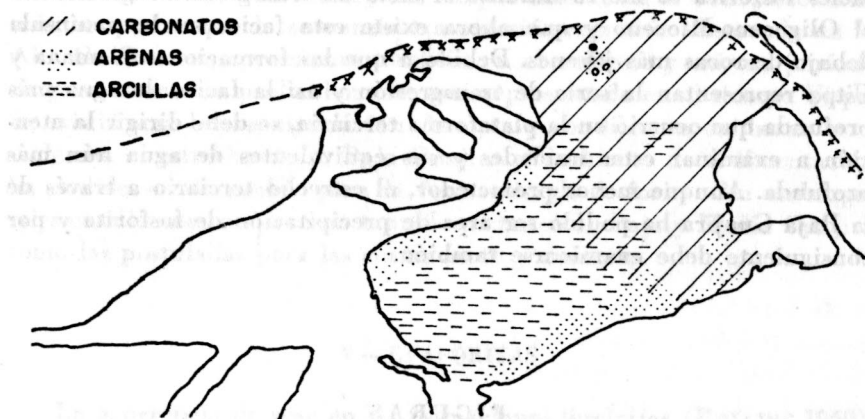


Fig. 2

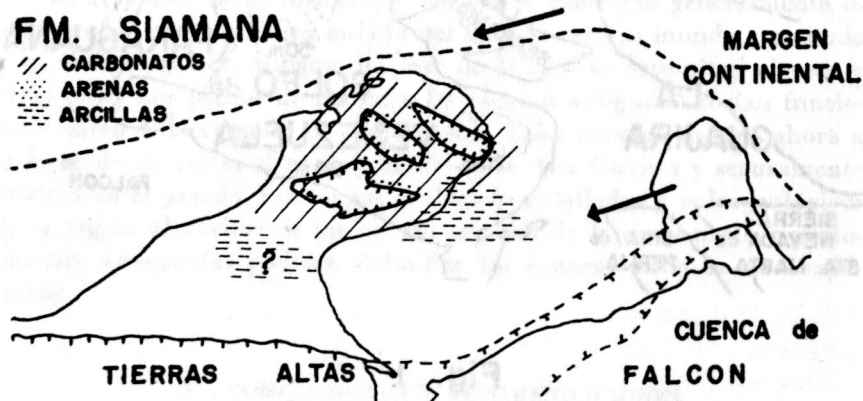


Fig. 3

FM. UITPA

- /// CARBONATOS
- ▤ ARENAS
- ▨ ARCILLAS

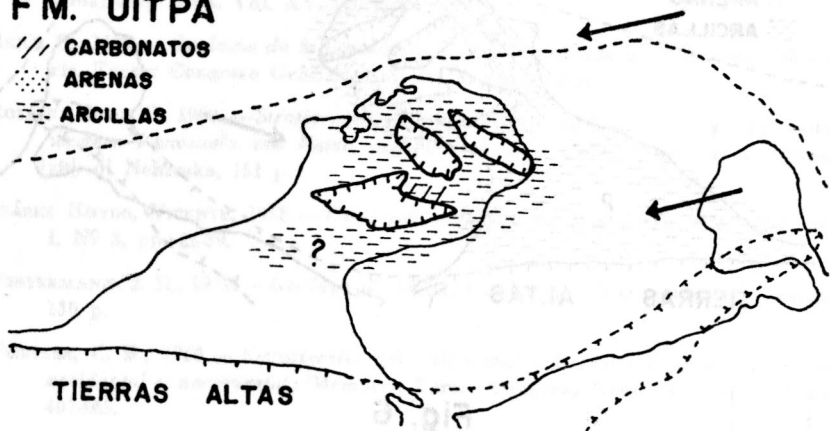


Fig. 4

FM. JIMOL

- /// CARBONATOS
- ▤ ARENAS
- ▨ ARCILLAS

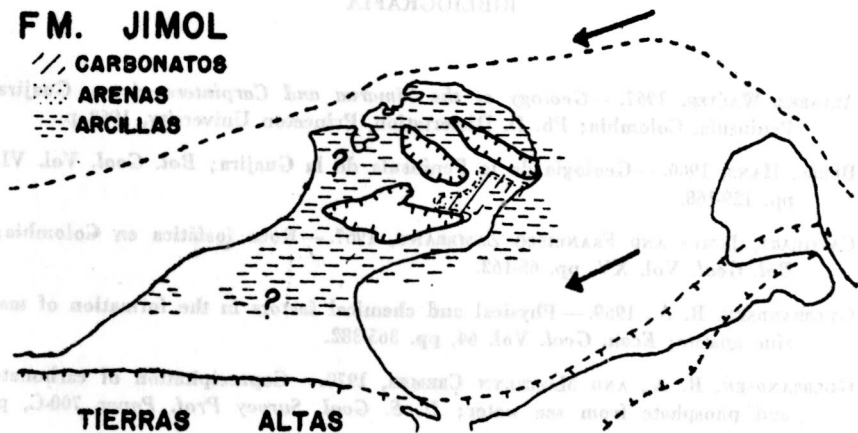


Fig. 5

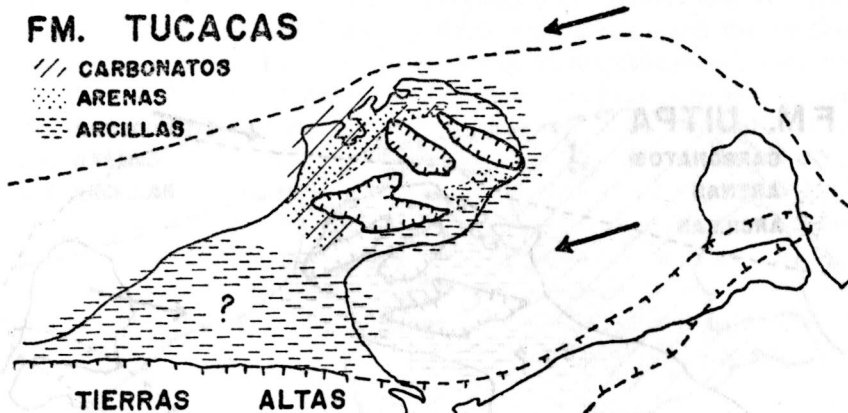


Fig. 6

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, WALTER, 1967. — *Geology of the Simarua and Carpintero Areas*, Guajira Peninsula, Colombia; Ph. D. Dissertation, Princeton University, 1968 p.
- BÜRGEL, HANS, 1960. — Geología de la Península de la Guajira; *Bol. Geol.* Vol. VI, pp. 129-168.
- CATHCART, JAMES AND FRANCISCO ZAMBRANO, 1967. — Roca fosfática en Colombia; *Bol. Geol.* Vol. XV, pp. 65-162.
- GULBRANDSEN, R. A., 1969. — Physical and chemical factors in the formation of marine apatite; *Econ. Geol.* Vol. 64, pp. 365-382.
- GULBRANDSEN, R. A., AND MARCELYN CREMER, 1970. — Coprecipitation of carbonate and phosphate from sea water; *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 700-C, p. C125-C126.
- KOLDEWIJN, B. W., 1958. — *Sediments of the Paria-Trinidad Shelf: Rept. Orin. Shelf Exp.* Vol. III; Mouton & Co., Den Haag, Holland, 109 p.
- LOCKWOOD, JOHN P., 1965. — *Geology of the Serrania de Jarara area*, Guajira Peninsula, Colombia; Ph.D. Dissertation, Princeton University, 237 p.

- MAC DONALD, WILLIAM, 1964. — *Geology of the Serrania de Macuira area, Guajira Peninsula, Colombia*; Ph. D. Dissertation, Princenton University. 167 p.
- McKELVEY, V. E., 1967. — Nuevas técnicas en la prospección para yacimientos de fosfatos; *Bol. Geol.* Vol. XV, pp. 45-64.
- RENZ, O., 1960. — *Geología de la parte sureste de la Península de la Guajira*; Memoria, Tercer Congreso Geol. Ven. Tomo I, pp. 317-350.
- ROLLINS, JOHN F., 1960. — *Stratigraphy and structure of the Goajira Peninsula, North-western Venezuela and North eastern Colombia*; Ph. D. Dissertation, University of Nebraska, 151 p.
- SUÁREZ HOYOS, VICENTE, 1953. — *Comisión geológica de la Guajira. Bol. Geol.* vol. I, Nº 3, pp. 21-39.
- WESTERMANN, J. H., 1932. — *Geology of Aruba*; Gosthowk's Uitgeuers-Maatij, Utrecht, 130 p.
- WHEELER, C. B., 1960. — *Estratigrafía del Oligoceno y Mioceno Inferior de Falcón occidental y nororiental*; Memoria, Tercer Congreso Geol. Ven., Tomo I, pp. 407-465.
- YOUNG, G. A., BELLIZZIA, H. H., JOHNSON, F. W., ROBIE, R. H. y J. MAS VALL, 1956. — Geología de las cuencas sedimentarias de Venezuela y de sus campos petrolíferos; *Bol. Geol. Ven.*, Publ. Esp. Nº 2, 140 p.
- ZEIGLER, JOHN M. AND PÉREZ MENA, RAMÓN, 1960. — Distribución de sedimentos en el Golfo de Venezuela; *Bol. Geol. Ven.*, Publ. Esp. Nº 3, pp. 895-904.