

SEDIMENTOLOGIA DE LAS FORMACIONES KIYU Y SAN JOSE

DEPARTAMENTO DE SAN JOSE, R. O. DEL URUGUAY

POR R. R. ANDREIS ¹ Y M. M. MAZZONI ²

RESUMEN

El presente trabajo es una investigación petrográfica de los sedimentos que constituyen las Formaciones Kiyú y San José, ambas del Plioceno superior. Kiyú se compone de psamita, finas — muy finas algo limosas de color gris oliva algo amarillento. San José comprende dos secciones: a) inferior: compuesta de limolitas, arcillitas y psamitas medianas, y b) superior: compuesta de psamitas medianas hasta conglomerádicas con intercalaciones de limolitas. Los sedimentos arenosos de ambas Formaciones se definen como arenitas plagioclásicas y contienen, principalmente en San José, variables cantidades de vidrio volcánico totalmente alterado. En Kiyú, la fracción arcillosa de las psamitas es esencialmente montmorillonita, con escasa caolinita e illita; las pelitas de San José, en cambio, tienen su fracción arcillosa constituida exclusivamente por montmorillonita bien cristalizada.

Por otra parte, se han analizado las estructuras sedimentarias de tipo direccional, en particular su actitud y posible significado genético. Se han determinado así diferencias notables en las orientaciones de esas estructuras, ya que las resultantes tienen un rumbo de 16° para Kiyú y de 208° para San José. Finalmente, el examen combinado de los parámetros texturales (Friedman, Passega) y de las estructuras sedimentarias ha permitido establecer que Kiyú corresponde a un ambiente litoral, posiblemente de playa frontal, en tanto que San José representaría un « mud flat » (sección inferior) y un ambiente fluvial (sección superior).

ABSTRACT

The Upper Pliocene of the San Gregorio and Mauricio cliffs in the San José Department, Uruguay, consists of the Kiyú and San José Formations.

The Kiyú Formation is made up of fine or very fine-grained psammites, in part

¹ División Mineralogía y Petrografía. Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

² División Mineralogía y Petrografía. Becario del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

pelitic, olive gray in colour with yellowish tints. San José Formation is made up of two sections: a lower one composed of siltstones, claystones and medium-grained psammites, and an upper one made up of medium-to-conglomeradic psammites with siltstone intercalations.

The petrological study has show that the psamitic sediments of both Formations are plagioclastic arenites and contain, specially San José, variable proportions of completely altered volcanic glass shards.

The clay fraction of Kiyú Formation sandstones is composed essentially of montmorillonite, with small quantity of caolinite and illité; on the other hand, the San José pelites are characterized by well crystallized montmorillonite.

Furthermore, the directional sedimentary structures has been examined, particularly their attitude and possible genetic significance. The paleocurrent system of Kiyú strike NE (16°) while the San José one strikes SW (208°).

The combined analysis of the textural parameters (Friedman, Passega) and the sedimentary structures shows that Kiyú corresponds to a littoral enviroment, possibly fore-beach, whilst San José represents a mud flat (lower section) followed by a fluvial enviroment (upper section).

INTRODUCCION

Como resultado de las observaciones geológicas realizadas en el trancurso del año 1965 por uno de nosotros (Andreis) en las barrancas de San Gregorio y de Mauricio, en el litoral marítimo del departamento de San José, se hicieron necesarias algunas modificaciones respecto a la distribución vertical y extensión de las formaciones Pliocenas superiores de Kiyú y San José sustentadas por Francis y Mones (1965 *a, b*), cuyos pormenores son expuestos en una nueva contribución de los autores (Francis y Mones, 1966) y que en líneas generales coincide con las ideas de Castellanos (1948).

Ambas formaciones son fácilmente distinguibles en el terreno, no solo por su composición litológica y color, sino también por los distintos tipos de estructuras entrecruzadas, y como poco se conoce de su composición mineralógica, procedencia y condiciones ambientales — menos aún de su distribución regional y configuración geométrica — hemos encarado el estudio sedimentológico de las formaciones aludidas en el doble aspecto mineralógico y paleogeográfico (sistema de paleocorrientes).

Cabe consignar que, sobre la base de las observaciones paleontológicas de Francis y Mones (1965 *a, b*), las Formaciones Kiyú y San José también se diferencian por el contenido de restos de mamíferos. En efecto, en la primera se han hallado restos de *Kiyutherium orientalis*, un Cardiaterino menos evolucionado que el encontrado en

los limos arenosos de la sección inferior de la Formación San José (*Cardiatherium talicei*).

El presente trabajo comprende una parte del total proyectado que abarca la zona litoral desde Punta Tigre hasta Arazatí y áreas del interior, en los valles fluviales de los ríos San José y Santa Lucía.

Las tareas de laboratorio se ejecutaron en el laboratorio de Sedimentación de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata, con la cooperación de M. Mazzoni quien tuvo a su cargo la realización de los análisis mecánicos, separación de minerales livianos y pesados y el cálculo estadístico (momentos). La interpretación, estudio mineralógico y redacción son responsabilidad directa de R. R. Andreis.

Los autores agradecen la colaboración del Profesor J. C. Francis y de A. Mones de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad de la República (Uruguay) en la discusión de los distintos problemas de campo, al colega Adrián M. Iñíguez Rodríguez la determinación de las arcillas con rayos X, y a S. Rutkowski y G. Casajus la colaboración prestada en campaña. Además dejamos constancia de nuestro especial reconocimiento al Dr. M. E. Teruggi por las críticas y sugerencias efectuadas a este trabajo.

UBICACION Y MEDIOS DE COMUNICACION

El área reconocida (figura 1), comprende una faja del litoral estuárico de aproximadamente 30 km de extensión que abarca la barranca de San Gregorio —estudiada por Kraglievich (1932) y Castellanos (1948)— y partes de la barranca de Mauricio, cuyo estudio integral será objeto de una próxima contribución.

Cabe señalar que solamente en la barranca de San Gregorio se han efectuado algunas urbanizaciones —los balnearios de Kiyú y de Ordeig— que permiten llegar a la costa por varios caminos vecinales, lo que facilita las tareas de campaña. El acceso a estos balnearios es por caminos de tierra de tránsito aceptable, excepto en tiempo lluvioso, que nacen en los km 47, 51 (ciudad Libertad) y 61 de la ruta nacional n° 1 que une Montevideo con Colonia. Con respecto a la barranca de Mauricio, puede llegarse también por caminos de tierra, a aproximadamente 3 km del extremo oriental, tomando el llamado camino de la Costa y Colonia Wilson (km 40 de la ruta n° 1).

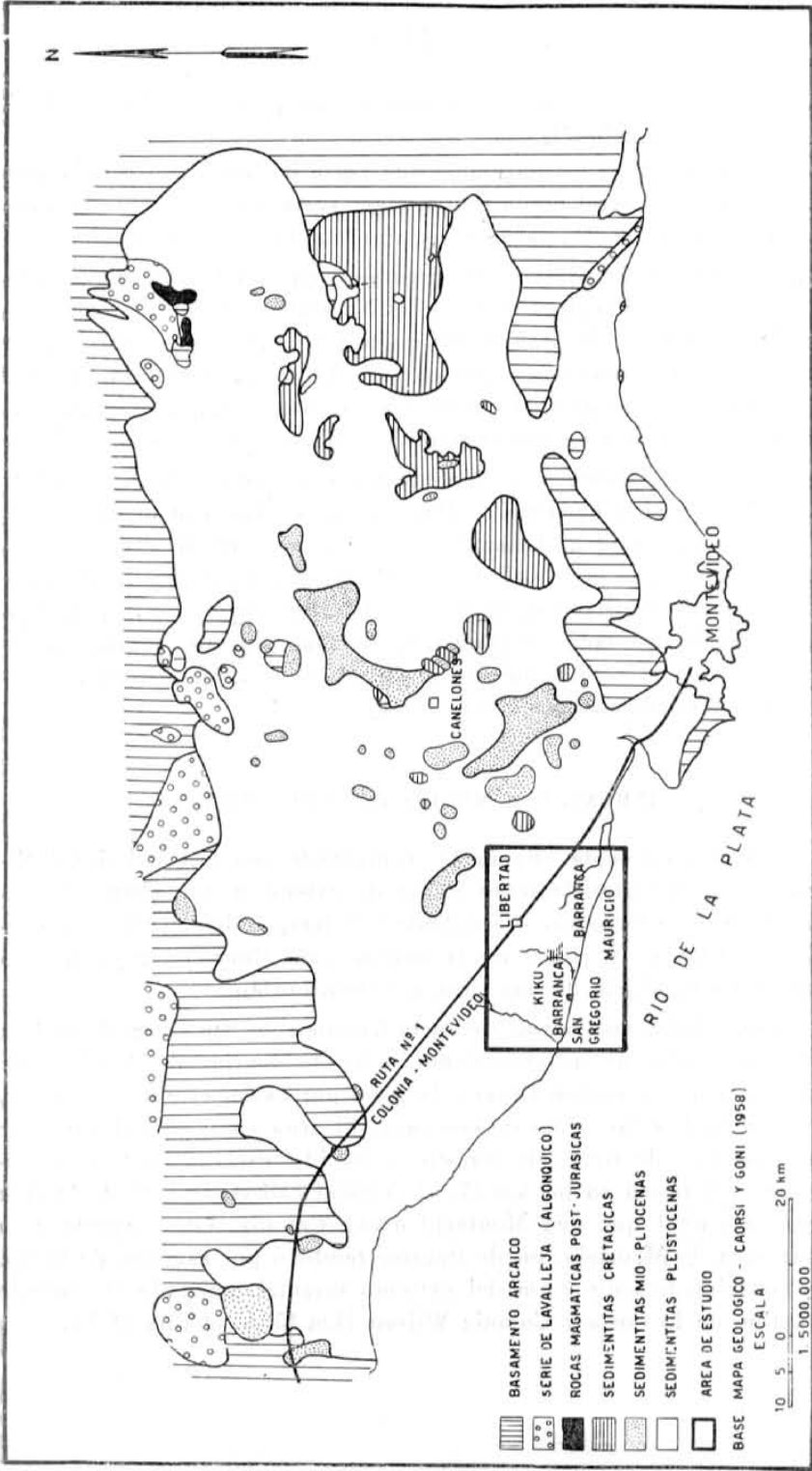


Figura 1

CARACTERISTICAS DE LA REGION FISIOGRAFIA

Se ha podido reconocer dos zonas bien definidas, en cuanto a sus caracteres esenciales: las barrancas litorales y la planicie en la que estos rasgos han sido labrados.

Las barrancas se extienden casi 25 km, solo cortadas por la desembocadura de varios arroyos en cortos trechos, desde la desembocadura del arroyo San Gregorio hasta las proximidades de la boca del arroyo Tigre. El arroyo Mauricio las divide en dos partes: la del Oeste, denominada Barranca de San Gregorio y la del Este, Barranca de Mauricio, que en algunos mapas también figura como Barranca de San Gregorio. Las primeras están cortadas por la cañada Ceibos y otras menores, en tanto que la segunda solo está atravesada por el arroyo Piedras Blancas y numerosas cárcavas y torrenteras.

Los acantilados muestran, salvo menores irregularidades vinculadas a la salida de los arroyos, un trazado casi rectilíneo, con una inflexión cuyo vértice corresponde a la punta San Gregorio. Son relativamente abruptas y casi verticales, con una altura promedio de 10 metros y un máximo de 30 metros (según Kraglievich, 1932).

Genéticamente se trata de una costa de tipo emergente en destrucción, formada por ascenso isostático de la costa uruguaya en tiempos postpampeanos. El perfil y el retroceso experimentado por las barrancas depende de la naturaleza del material que las constituye (arenas friables y limolitas) y de la horizontalidad de los estratos.

La planicie en la que fueron labrados los acantilados costaneros es algo deprimida, observándose áreas reducidas pantanosas de difícil drenaje, vinculadas con cursos de agua que se dirigen hacia la costa, donde es frecuente observar un paisaje ondulado producto de la erosión de esos cursos. En el sector de la barranca de San Gregorio las desembocaduras de los arroyos principales están algo desviados hacia el Oeste, en parte por haber sido parcialmente endicados por médanos de escasa altura (arroyo Mauricio). La desembocadura de todos los arroyos están poco marcadas en la playa, ya que buena parte del caudal se insume en la misma; sólo en épocas de crecidas irrumpen a través de la playa formando canales nuevos de corta duración.

GEOLOGIA (SUCESSION ESTRATIGRAFICA)

La geología local es sencilla, sin complicaciones tectónicas. La sucesión estratigráfica aflorante (Francis y Mones, 1965 a) desde la entidad más reciente a la más antigua se muestra en el cuadro siguiente:

Formaciones	Edad
Post-Arazatí (Post-pampeano).....	Holoceno
Arazatí (Pampeano).....	Pleistoceno
San José.....	} Plioceno superior
Kiyú.....	

Es de señalar que en el área estudiada en este trabajo, bajo los términos Arazatí y Post-Arazatí (acuñados por Caorsi y Goñi, 1957, para sedimentos homologables al Pampeano y Post-pampeano argentino) se han reconocido dos horizontes compuestos de sedimentos rojizos de aspecto loessoide que afloran en las porciones más altas de las barrancas. Su distinción en los perfiles se ha hecho principalmente sobre la base de la presencia de material de San José en el horizonte inferior, acompañado de fragmentos redondeados de limos arcillosos compactos asignados al Palmirensis por Castellanos (1948).

Esta interpretación es susceptible de modificaciones si consideramos que los sedimentos del horizonte inferior representan facies distintas vinculadas al ciclo sedimentario de San José. De confirmarse esta suposición, los sedimentos de la formación San José se habrían depositado en el lapso que media entre el Plioceno superior y el Pleistoceno.

Las características litológicas de las diversas formaciones son las siguientes:

- a) 0,60 a 2,00 metros de material loessoide, algo arcilloso, color rojizo, moderadamente compacto, que se disgrega en terrones irregulares y carece de estructuras. Posee numerosos canaliculos de raicillas y manchas negras (de manganeso ?), que tapizan fisuras. Estos sedimentos son asignados provisoriamente al Post-Arazatí y, según Castellanos (1948), corresponderían al Bonaerense argentino. En los 0,20 a 0,50 m superiores es común la edafización del material loessoide.
- b) 1,00 a 3,00 metros de sedimento limo arcilloso, algo arenoso, color rojizo hasta castaño rojizo, disgregable con cierta dificultad en terrones irregulares. Solamente en el perfil de la

barranca cercana a la bajada del Club Náutico y Pesca, y casi en el contacto con los sedimentos suprayacentes, debajo de una estructura de probable génesis lacustre (batea plana) de casi 30 metros de extensión, los sedimentos se disgregan en pequeños terrones prismáticos.

Hacia la base se nota un sostenido aumento en el contenido de material psamítico (y psefítico en cantidades subordinadas) derivado de la redistribución de los sedimentos de la Formación San José, y fragmentos de limos arcillosos asignados al Palmirense (Castellanos, 1948). Esta entidad ha sido asignada por Francis y Mones (1965 a) al ciclo Pampeano, es decir al Arazatí, y más específicamente al Belgranense (Pampeano medio) por Castellanos (1948).

- c) Sedimentos de la formación San José, de probable edad Chapadmaliana (Francis y Mones, 1966), representados esencialmente por psamitas medianas a muy gruesas, y limos arenosos, con variables, aunque subordinadas proporciones de arcillas y conglomerados finos. La potencia máxima de este conjunto se alcanza en la barranca Mauricio (Pajas Blancas) con 8 metros, pero los valores promedio oscilan entre 3 y 5 metros.

Como lo mencionan Francis y Mones (1966) pueden reconocerse en las barrancas dos secciones, cuya extensión y distribución es más o menos constante en los perfiles examinados.

1. *Sección superior.* Compuesta de psamitas medianas a muy gruesas, de tonalidades claras (rosado pálido a amarillento blanquecino) que contienen —las más gruesas— abundante cantidad de material psefítico más o menos disperso, con fenoclastos de hasta 6 cm de largo, de variada composición (calcedonia, metamorfitas, aplitas, etc.). No se han observado horizontes decididamente conglomerádicos, pero sí algunas lentes de poca extensión. Son frecuentes las estructuras entrecruzadas.

En algunos perfiles suelen aparecer intercalaciones arcillosas grises a gris amarillentas, tabulares o lenticulares, cuyo espesor rara vez alcanza a 1 metro. Los estratos arenosos son algo más gruesos, aunque no sobrepasan los 2 metros. La potencia de la sección superior es variable, oscilando entre 2 y 6 metros.

Hacia la barranca de Mauricio es más notoria la separación de las arenas medianas con tonalidades amarillentas (pigmentación limonítica) y los estratos arenosos más gruesos, casi exentos de material psefítico (máximo 1 cm). A lo largo de las barrancas se ha constatado que la granulometría más gruesa (más psefítica) se halla ubicada entre los balnearios de Kiyú y Ordeig. Las psamitas muy gruesas de las porciones más altas, moderadamente cementadas por una película de ópalo blanquecino, forman bancos que sobresalen un tanto de la barranca.

2. *Sección inferior.* Con un espesor uniforme de alrededor de 2 metros (llega a 4 en el extremo oriental de la barranca de Mauricio), está constituida de arcillas más o menos plásticas, limos y limos arenosos, y arenas subordinadas, presentando el conjunto tonalidades gris verdosas (hasta gris oliva) a gris amarillentas. Como caracteres salientes deben destacarse la irregular pigmentación por óxidos de hierro —principalmente en los sedimentos más finos— que puede llegar a ser total, adquiriendo entonces estos sedimentos tonalidades rojizas hasta borravino, y la neta separación de las psamitas de la sección superior por medio de una superficie nivelada que se mantiene invariable a lo largo de las barrancas de San Gregorio y Mauricio.

La estratificación está pobremente desarrollada en los miembros pelíticos, pero se hace más notoria cuando se intercalan horizontes psamíticos de extensión lenticular, cuya potencia (como la de las pelitas) varía de 10 a 50 cm.

Hacia las porciones inferiores se intercalan lentes de arenas medianas a gruesas de color blanquecino con matriz arcillosa de aspecto similar a la arcilla que compone los estratos pelíticos antes mencionados.

En general se advierte un mayor desarrollo de esta sección en las barrancas de San Gregorio, donde además aparecen más sedimentos pelíticos (arcillas, limos) que arenosos. En la barranca de Mauricio, por el contrario, existe un marcado predominio de psamitas por debajo de las pelitas, que incluso forman restingas en la playa (extremo oriental de Mauricio).

Una discordancia erosiva separa las Formaciones de San José y Kiyú, cuyo límite está a veces determinado por una

delgada intercalación (máximo de 5 cm) de una arena basal mediana a gruesa fuertemente pigmentada por óxidos de hierro en castaño oscuro.

- d) Con un espesor aflorante de 4 metros como máximo, en el extremo occidental de la barranca de San Gregorio, la Formación Kiyú (de probable edad Montehermosiana) está constituida — como la reconociera Castellanos (1948) — por arenas finas algo limosas, de color gris oliva a ligeramente amarillentas, con estructuras entrecruzadas tanto en las restingas como en la misma barranca (y parte de la playa), donde asimismo son frecuentes estratos horizontales con planos limitantes ligeramente ondulados.

La potencia individual de los estratos es de 10 a 20 cm promedio, observada en algunos sitios de la barranca propiamente dicha.

En las restingas, que suelen mostrar delgadas intercalaciones lenticulares de arcillas plásticas verde nilo, se ha encontrado además de *Kiyutherium*, una serie de restos fragmentarios de mamíferos de dudosa ubicación. Este hecho ya había sido observado por Kraglievich (1932) y Castellanos (1948), quienes llamaron la atención sobre la presencia de restos de mamíferos terrestres y de un cráneo de ballena, muy fosilizado, en las restingas.

SEDIMENTOLOGIA

I. MATERIAL PSEFÍTICO

Exclusivamente en la Formación San José, son frecuentes los elementos psefíticos dispersos en los sedimentos psamíticos gruesos, con los que constituye a veces lentes de poca extensión. Además en numerosos estratos la estructura interna está indicada por la presencia de fenoclastos cuyo tamaño alcanza al de una guija (4-16 mm); los tamaños mayores (hasta 6 cm) se encuentran en estratos arenosos carentes de estructuras internas y dispuestos sin mayor orientación.

En el aspecto composicional se advierte un notorio predominio de los fragmentos de calcedonia de variados colores (rojiza, gris, etc.) y de metamorfitas (esquistos, granulitas, anfibolitas) sobre raras plutonitas (granitos) asociadas a cuarzo hialino y feldespatos alcalinos

cuando su tamaño es mayor de 1 cm, en tanto que el material analizado de menores dimensiones muestra un marcado enriquecimiento de cuarzo hialino (a veces algo blanquecino) y feldespatos (plagioclasas, alcalinos) asociado con algunas rocas de grano fino (principalmente aplitas) en detrimento del material calcedónico.

De algunos fenoclastos de rocas metamórficas y plutónicas se ha examinado a grano suelto la composición mineralógica, encontrándose que en las primeras el cuarzo, generalmente como agregados granoblásticos finos, integra las siguientes asociaciones: oligoclasa-microclino-ortoclasa límpida-pistacita, muscovita-turmalina (chorlo), biotita-muscovita o clorita solamente, mientras que entre las segundas —se trata de aplitas de naturaleza granítica— el cuarzo con extinción normal (o muy ondulante en una estructura de interrecimiento) aparece asociado con oligoclasa o andesina ácida, ortoclasa límpida o alterada, microclino, biotita, rara muscovita, epidoto, clinozoisita, apatita y zircón.

Asimismo se han determinado diferencias de forma entre los fenoclastos mayores y menores de 1 cm, con una neta tendencia de los menores hacia las formas equidimensionales.

La redondez, independiente de la forma de los fenoclastos, es escasa hasta moderadamente marcada, lo que indica que este material ha sufrido distintas etapas de transporte; de todas maneras puede inferirse que el transporte no ha sido muy prolongado. Las marcas superficiales no son muy frecuentes y están representadas por algunas marcas de impacto en el cuarzo.

II. MATERIAL PELÍTICO

Las rocas pelíticas de la formación San José (sección inferior) —limolitas arenosas y escasas arcillas— presentan tonalidades grises hasta gris verdosas, pero se hallan secundariamente pigmentadas por óxidos de hierro, en forma total o parcial (manchones irregulares), por lo que en muchos lugares de las barrancas de San Gregorio o de Mauricio, se las describe como rojizas hasta borravino. Carecen de estructuras internas o si las tienen (en las variedades más arenosas), son muy irregulares, en apariencia planares.

Este mismo material pelítico, con caracteres similares, forma la matriz de la mayoría de los niveles psamíticos de la sección superior; por su escasa proporción suele aparecer como una larga "cola" en las curvas acumulativas.

En la formación de Kiyú, al menos en los afloramientos examinados, la proporción de sedimentos pelíticos es escasa; no obstante en todas las muestras arenosas aparece una fracción limo-arcillosa poco abundante en proporciones que oscilan entre 0,7 y 3,3 % (promedio 1,5 %). La única excepción es la muestra 18 en la que dicha fracción pelítica llega a formar el 42 % del total (se trata de una arena muy fina-limosa).

A fin de conocer la naturaleza del material arcilloso han sido examinadas con rayos X, mediante el método del polvo, dos muestras de la sección inferior de la Formación San José provenientes de la localidad 4, San Gregorio (muestra 15) y del Balneario Ordeig (muestra 16), y una muestra areno-limosa (nº 18) de la Formación Kiyú obtenida en la estación 2, San Gregorio (zona de playa).

La identificación de los minerales de las arcillas se realizó sobre muestras orientadas. Se utilizó anticátodo de Cu y filtro de Ni, con T.C. 4 seg. y vel. 400 mm/hora. De cada muestra se obtuvieron tres diagramas: a) sin tratar; b) glicolada y c) calcinada durante dos horas a 550° C para su verificación. La comparación visual de los diagramas roentgenográficos ha permitido apreciar la distribución e intensidad relativa de las líneas correspondientes a cada muestra.

Formación Kiyú. Según se desprende de la figura 2, la montmorillonita constituye alrededor del 80 % de la fracción arcillosa, en tanto que illita y caolinita aparecen en proporciones del 5 % cada una. Las impurezas no arcillosas están representadas por 10-12 % entre cuarzo y feldespatos (plagioclasas). Se advierte que la montmorillonita es poco cristalina ya que la reflexión de 16 Å si bien definida, es poco intensa; las reflexiones de illita (10 Å) y de caolinita (7,1 Å) son muy débiles. La presencia de caolinita fue confirmada porque al calcinar la muestra (a 550° C) los picos correspondientes a las reflexiones basales desaparecen.

Formación San José. La reflexión 16 Å de las dos muestras (figura 2) indica la presencia de montmorillonita con alto grado de pureza y cristalinidad. Calentada a 550° C su espaciado disminuye hasta 9,9 Å por deshidratación, lo cual confirma la identificación de la montmorillonita. Como únicas impurezas de minerales no arcillosos aparecen cuarzo y feldespatos (plagioclasa) en cantidades reducidas (5-10 % conjunto).

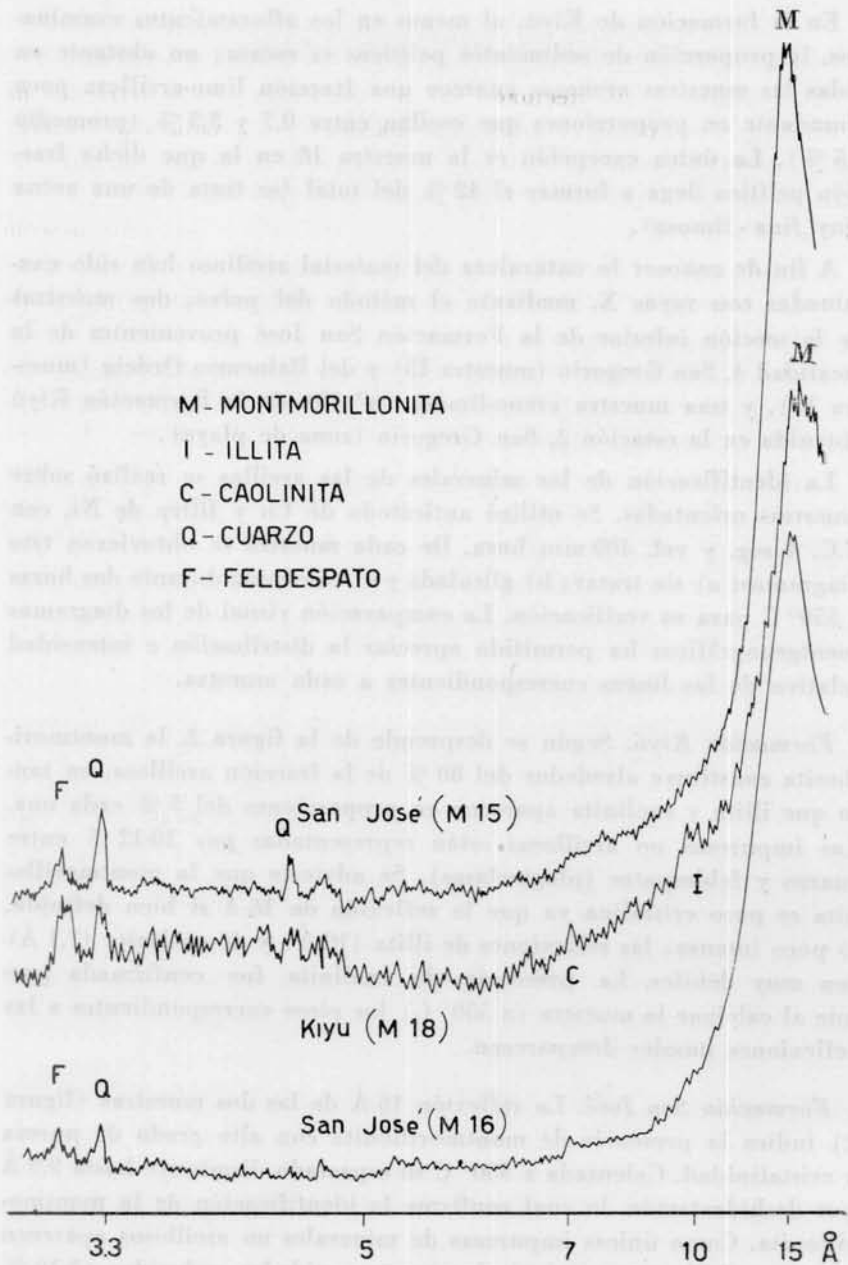


Fig. 2. — Registros difractométricos obtenidos con agregados orientados sin tratar

III. SEDIMENTOS PSAMÍTICOS

El muestreo se ha efectuado en tres localidades de la barranca de San Gregorio (extremo occidental, cañada Ceibos y balneario Ordeig) y dos de la de Mauricio (500 metros al Este de la desembocadura del arroyo Pajas Blancas y en el extremo oriental).

La recolección se hizo en aquellos lugares donde se podía descender a la playa o la altura de las barrancas lo permitía. No se siguió plan sistemático para la colección tomándose sólo una muestra de cada nivel psamítico representativo (bien expuesto) a manera de perfil vertical a los efectos de poder determinar alguna variación en las propiedades texturales y mineralógicas.

Se han tomado muestras (aproximadamente 250 gramos) de 5 estaciones que son representadas en la figura 18 (mapa de paleocorrientes). La cantidad de muestra varía, de acuerdo a la potencia de los afloramientos, de 1 a 5, estudiándose en total 14 muestras de la formación San José y 7 de Kiyú.

Análisis textural

El carácter friable de las sedimentitas de San José y Kiyú, facilitó su preparación para el análisis mecánico. Previo cuarteo, se tamizaron en todos los casos 50 gramos de material durante 15 minutos en una agitadora vertical tipo Combs-Giratory. Se utilizó una serie de tamices Tyler a intervalos de $\frac{1}{2}$ phi. Los resultados del análisis mecánico son expuestos en la tabla I.

Histogramas. De las 14 muestras de San José, 7 (50 %) son unimodales, 6 (42,8 %) bimodales y solo 1 (1,2 %) polimodal, en tanto que las muestras de Kiyú son todas unimodales, con moda más o menos marcada. Analizando los histogramas en conjunto pueden reconocerse seis tipos que se ilustran en la figura 3.

- Tipo 1. Unimodal, *a*) con moda marcada (más de 15 unidades), que puede tener pocos grados (muestras 19, 20, 21, 22, 23), o *b*) más de seis (muestras 1 y 12).
- Tipo 2. Unimodal con moda menos marcada (10-15 unidades), que muestran más de seis grados (muestras 2, 3 y 18).
- Tipo 3. Unimodal con admixtura proximal de calor casi igual (diferencia promedio de 5 unidades) a la moda única. (muestras 5, 13, 14 y 24.)

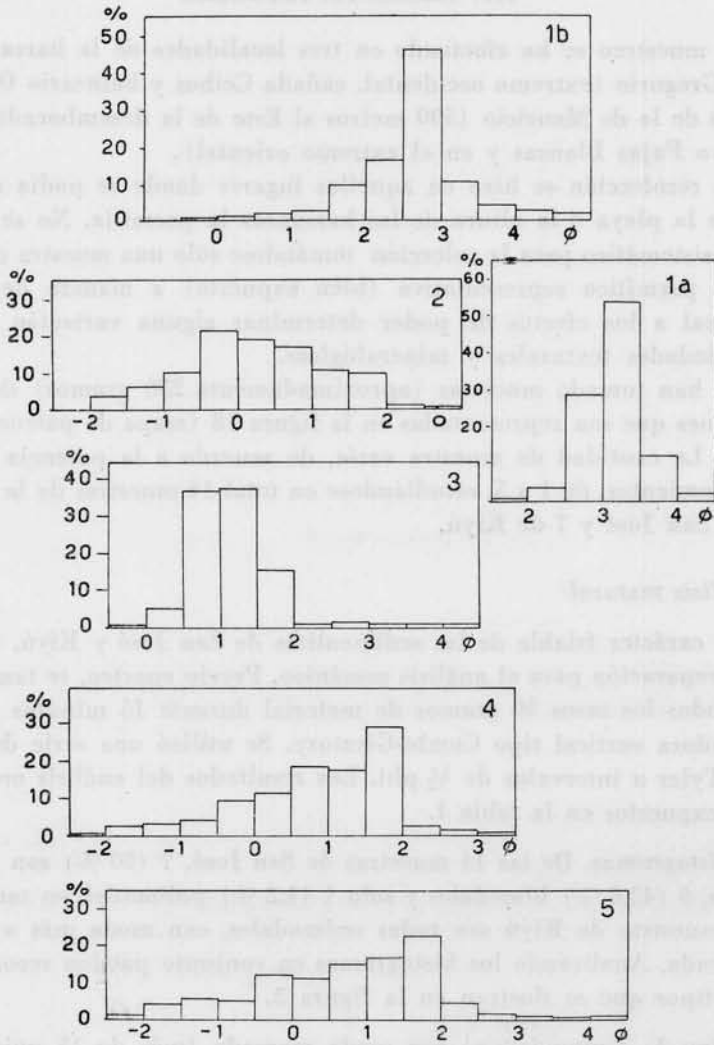


Fig. 3. — Principales tipos de histogramas de psamitas. El histograma 1a corresponde a Kiyu y los restantes a San José

Tipo 4. Bimodal como variación de los tipos 1 (muestra 10), 2 (muestras 4, 6 y 11) ó 3 (muestra 7).

Tipo 5. Polimodal como variación del tipo 1 (muestra 9).

Los histogramas unimodales, tanto de Kiyú como de San José, pueden ser más o menos simétricos con moda marcada o poco marcada, o fuertemente asimétricos. De la observación de la tabla I podemos concluir que los tipos de histogramas simétricos uni o bimodales (sólo son bimodales las arenas de San José) predominan notablemente sobre los asimétricos.

En los histogramas de San José, a pesar de la dispersión en la posición de las modas principales (o únicas) y secundarias, se advierte una clara tendencia a la ubicación de la moda única (unimodales) o principal (bi-polimodales) en la fracción granulométrica retenida por el tamiz de 2 phi (tabla II). En los gráficos correspondientes a las arenas de Kiyú la moda única es menor, siendo retenida preferentemente por el tamiz 3,5 phi (tabla II).

TABLA II
Distribución de modas (San José)

Frecuencia	Retenido tamiz	n°	Punto medio (mm)
14,2 % (2 muestras).....	0 phi	18	1,205
14,2 » (2 »)	0,5 »	25	0,855
7,1 » (1 »)	1 »	35	0,605
14,2 » (2 »)	1,5 »	45	0,425
42,8 » (6 »)	2 »	60	0,300
7,1 » (1 »)	3 »	120	0,151

Distribución de modas (Kiyú)

14,3 » (1 muestra).....	3 phi	120	0,151
85,7 » (6 »)	3,5 »	170	0,106

Las modas secundarias, poco marcadas, son escasas y corresponden a valores similares a los de la moda única o principal, aunque con alguna tendencia hacia las fracciones más finas (tabla III).

TABLA III
Distribución de modas secundarias (San José)

	Frecuencia	Retenido tamiz	n°	Punto medio (mm)
14,2 ‰ (1 muestra)		0 phi	18	0,205
14,2 ‰ (1 ‰)		1 ‰	35	0,605
14,2 ‰ (1 ‰)		2 ‰	60	0,300
43,0 ‰ (3 ‰)		3 ‰	120	0,151
14,2 ‰ (1 ‰)		4 ‰	230	0,074

En las muestras bimodales, la moda secundaria se halla separada de la moda principal $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$ ó 2 grados de Wentworth (1 tamiz, 3 ó 4 respectivamente). Las modas secundarias son poco marcadas con relación a los grados inmediatos; en cambio, es generalmente notable la diferencia entre ellas y la moda principal.

En el único histograma polimodal la moda principal y la secundaria ocupan respectivamente los tamices 2 phi y 0 phi, en tanto que la modo "ternaria", apenas marcada, se ubica en -1 phi (punto medio 2500 micrones).

La bimodalidad o unimodalidad observada en las psamitas de la formación San José depende más de su heterogeneidad granulométrica que de la presencia de estructuras entrecruzadas que, salvo algunos horizontes, aparece pobremente representada. Esta heterogeneidad en relación con las arenas de Kiyú, se traduce en un mayor número de grados.

Curvas acumulativas. Corresponden a las muestras ilustradas con histogramas y han sido dibujadas en papel milimetrado (figura 4).

Clasificación granulométrica de las psamitas

Hemos tomado como base la clasificación dimensional propuesta por Wentworth (1922) con las siguientes divisiones:

Arena	muy gruesa (MG)	1-phi (2000 micrones)
	gruesa (G)	0 » (1000 »)
	mediana (Md)	1 » (500 »)
	fiina (f)	2 » (250 »)
	muy fina (mf)	3 » (125 »)
		4 » (62 »)

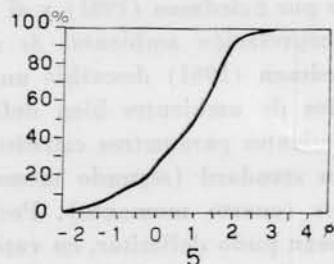
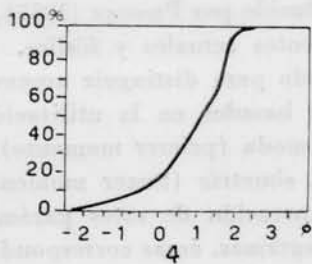
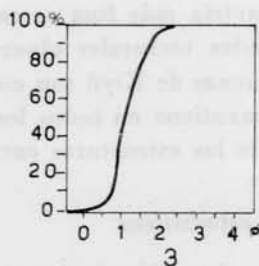
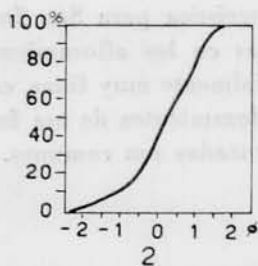
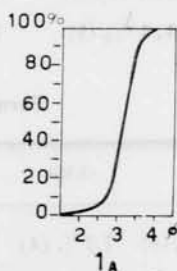
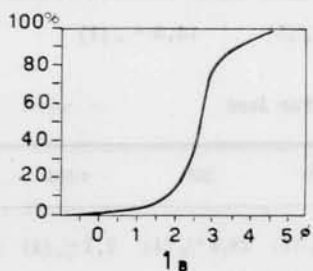


Fig 4. — Curvas acumulativas correspondientes a las muestras ilustradas con histogramas

ubicando las muestras con el método propuesto por Niggli (1938), pero modificándolo (González Bonorino y Teruggi, 1952) haciendo intervenir la mediana y los cuartiles; el valor de la mediana es el que da el nombre del sedimento y los cuartiles el calificativo de éste.

De acuerdo a la clasificación propuesta las arenas se ubican:

Formación Kiyú

f-mf	mf-f	mf-limo grueso
14,3 % (1)	71,4 % (5)	14,3 % (1)

Formación San José

MG	G	G-Md	Md-G	Md	f-Md	f
7,1 % (1)	28,5 % (4)	7,1 % (1)	14,2 % (2)	28,5 % (4)	7,1 % (1)	7,1 % (1)

La predominancia de las arenas medianas a muy gruesas sobre las de granulometría más fina es característica para San José, y refleja las propiedades texturales observadas en los afloramientos. Inversamente, las arenas de Kiyú son esencialmente muy finas, carácter notable que se mantiene en todos los afloramientos de esa formación, inclusive donde las estructuras entrecruzadas son comunes.

Parámetros estadísticos

Los datos obtenidos de los análisis mecánicos efectuados con los sedimentos arenosos han sido examinados de acuerdo al método propuesto por Friedman (1961) y al introducido por Passega (1957), para la interpretación ambiental de sedimentos actuales y fósiles.

Friedman (1961) describió un método para distinguir arenas procedentes de ambientes bien definidos basados en la utilización de los siguientes parámetros estadísticos: moda (primer momento), desviación standard (segundo momento), simetría (tercer momento) y curtosis (cuarto momento). Por comparación de estos parámetros, Friedman pudo delimitar, en varios diagramas, áreas correspondientes a arenas de playa, de río y de médano, señalando asimismo, además del medio de transporte, las condiciones de energía del mismo.

Posteriormente Friedman (1962) propuso una clasificación genética de las arenas basada en la selección medida por la desviación standard y tabuló los valores de desviación y su extensión para arenas procedentes de diferentes ambientes, comparándolos con los valores de selección (So) de Trask (ver tabla IV).

TABLA IV

Límites	Grado de selección	So (Trask)
menos de 0,35.....	Muy buena selección	< 1,17
0,35-0,50.....	Buena selección	1,17-1,20
0,50-0,80.....	Moderada buena selección	1,20-1,35
0,80-1,40.....	Moderada selección	1,35-1,87
1,40-2,00.....	Pobre selección	1,87-2,75
2,00-2,60.....	Mala selección	2,75- ?
más de 2,60.....	Muy mala selección	no determinado

En 1957, Passega introdujo el método granulométrico CM con el propósito de poner en evidencia las relaciones existentes entre la textura de los sedimentos y el agente de depositación. Cada muestra está representada por dos parámetros cuyo valor (en micrones) se obtiene directamente de la curva acumulativa: C, valor del porcentil de 1 % cercano al tamaño máximo del sedimento y M, la mediana (cuartil 50 %). Los valores de C también pueden obtenerse en forma visual con el uso de papel milimetrado y el microscopio binocular (Dodge, 1965).

Según Passega (1957) los puntos correspondientes a un depósito —representado por un mínimo de treinta muestras (Rizzini y Passega, 1964) — tendrán una distribución cuya forma depende de las características del agente de transporte, reconociendo dos esquemas típicos: depósitos por corrientes de tracción y por corrientes de turbidez. Estos esquemas son el resultado de los estudios realizados por Passega sobre sedimentos fluviales, lacustres, de plano intercotidal, de playa y de turbiditas.

En la tabla V se transcriben los valores correspondientes al cálculo de las ecuaciones de Friedman (1961) para las psamitas de Kiyú y San José, a los que se agregan dos columnas con los valores de mediana ϕ y de C (porcentil 1 %) de Passega. De su lectura se ha encontrado que:

TABLA V

N° Muestra	Md Mediana	C Porcen. 1 %	\bar{x} σ Media	σ σ Desv. Stand.	α_3 Simetría	α_4 Curtosis
Formación San José						
1 (O) *.....	2,72	0,25	2,68	0,85	0,12	4,85
2 (O).....	1,90	0,30	1,90	0,66	0,68	4,55
3 (O).....	0,25	-1,96	0,17	0,99	0,11	1,83
4 (O).....	1,05	-1,85	0,85	1,08	1,11	3,80
5 (O).....	0,15	-1,40	0,15	0,60	0,30	5,97
6 (SG).....	0,87	-1,50	1,01	1,16	0,83	8,80
7 (SG).....	0,69	-1,65	0,84	0,75	0,27	8,80
8 (C).....	-0,05	-2,15	-0,01	0,94	0,06	0,47
9 (PB).....	0,88	-2,00	0,67	1,14	-0,88	3,58
10 (PB).....	2,10	0,25	2,70	0,81	1,43	0,97
11 (PB).....	1,14	-0,25	0,88	0,76	1,80	6,92
12 (PB).....	1,76	0,40	1,75	0,45	0,78	9,04
13 (PB).....	1,13	-2,25	0,83	1,00	-1,06	3,93
14 (ME).....	1,06	0,25	1,17	0,59	2,16	9,79
Formación Kiyú						
18 (SG).....	3,75	2,10	4,12	1,18	0,84	6,18
19 (C).....	3,11	2,60	3,19	0,30	2,05	3,60
20 (C).....	3,16	2,10	3,13	0,37	-0,12	8,39
21 (C).....	3,10	2,42	3,10	0,32	0,36	5,05
22 (SGO).....	3,10	2,15	3,13	0,40	0,40	10,09
23 (SGO).....	3,08	2,25	3,09	0,34	0,35	4,76
24 (SGO).....	3,02	2,20	2,92	0,37	1,34	9,34

* O : Barranca San Gregorio (Balneario Ordeig).

SG : Barranca San Gregorio (estación 2 — Kiyú — y 4 — San José —).

C : Barranca San Gregorio (Cañada Ceibos).

SGO : Barranca San Gregorio (extremo occidental).

PB : Barranca Mauricio (Piedras Blancas).

ME : Barranca Mauricio (extremo oriental).

- a) Las arenas de San José tienen un valor promedio de *mediana phi* (medida directamente en la curva acumulativa) mayor que el correspondiente a las arenas de la formación de Kiyú (ver figura 5). En efecto, para las primeras la mediana phi oscila entre un máximo de $-0,05 \phi$ (1,025 mm) y un mínimo de $2,72 \phi$ (0,155 mm), con una mayor distribución entre $0,15 \phi$ y $1,14 \phi$ (0,920 mm y 0,460 mm, respectivamente). Para Kayú los valores extremos obtenidos son $3,02 \phi$ y $3,75 \phi$ (0,121 mm y 0,076 mm), con una distribución modal alrededor de $3,10 \phi$ (0,117 mm).
- b) En casi el 53 % de las muestras de San José el valor de *media phi* es ligeramente superior a la mediana phi, es decir que la media geométrica es algo más gruesa que la mediana. El 47 % restante corresponde a casos inversos donde dicha medida es algo más fina (o igual). En las muestras de Kiyú el valor de media phi no muestra una tendencia definida ya que puede ser igual, mayor o menor que la mediana.
- c) En concordancia con los valores de mediana, las arenas de San José, con respecto a las de Kiyú, muestran valores promedio de C mayores ($-1,00 \phi$ frente a $2,26 \phi$).
- d) Las psamitas de San José presentan desviación standard oscilantes entre 0,45 y 1,16 con una moda débil entre 0,75 y 0,85, en tanto que las arenas de Kiyú presentan valores entre 0,32 y 1,18 con un valor modal marcado alrededor de 0,40. Estos valores, según Friedman (1962), demuestran que las psamitas de Kiyú son mucho más seleccionadas que las de San José (tabla VI y figura 5).

TABLA VI

Frecuencia de grados

a) Kiyú

Selección muy buena.....	3 muestras (42,8 %)
Selección buena.....	3 » (42,8 »)
Selección moderada.....	1 » (15,2 »)

b) San José

Selección buena.....	1 muestra (7,1 %)
Selección moderada buena.....	5 » (35,7 »)
Selección moderada.....	8 » (57,1 »)

e) Para las arenas de San José se encontró una variación en los valores de asimetría entre $-1,06$ y $+1,80$, pero los valores más frecuentes se disponen entre $+0,06$ y $+0,83$, vale decir que las curvas de frecuencia de estas arenas exhiben una marcada asimetría positiva. También en las psamitas de Kiyú la asimetría es positiva, ya que con una distribución entre $-0,12$ y $+2,05$, presentan valores modales entre $+0,35$ y $+0,40$.

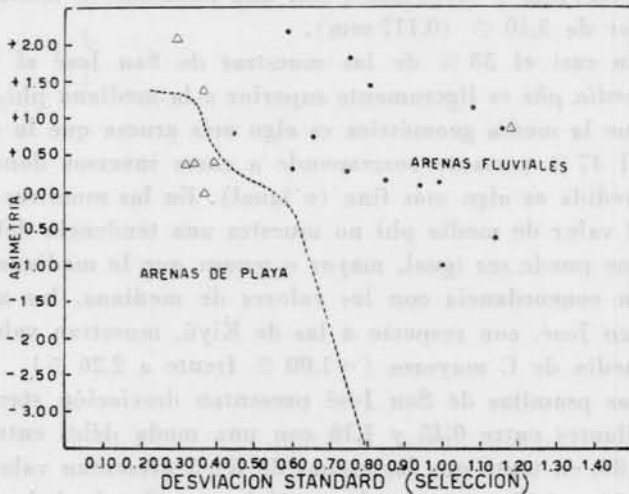


Fig. 5. — Relación asimetría desviación standard, según Friedman (1961) para las psamitas de Kiyú (Δ) y San José (●)

f) Con respecto a la curtosis no se advierte en las muestras de San José ni en las de Kiyú tendencia alguna en los valores de ese parámetro, siendo su distribución muy irregular.

Formación Kiyú

A fin de determinar el ambiente de sedimentación de las arenas de Kiyú que, según Castellanos (1948) “no son de origen marino... (y) corresponderían a la desembocadura de un gran río en el mar”, se analizó la relación existente entre la asimetría y la desviación standard —de acuerdo con el método propuesto por Friedman (1961)—, quedando determinados dos campos: arenas de playa y de río (figura 5).

Ubicadas las muestras de Kiyú en el diagrama, hemos encontrado que cuatro caen en el campo de arenas de playa y las tres restantes en el campo de arenas de río, aunque dos de ellas cerca del límite entre los dos campos. Dejando de lado las tres muestras, que consideramos como “fluviales”, procedentes de las restingas (que tienen estructuras entrecruzadas de tipo artesa), surge el interrogante respecto al significado de la distribución de las muestras restantes obtenidas

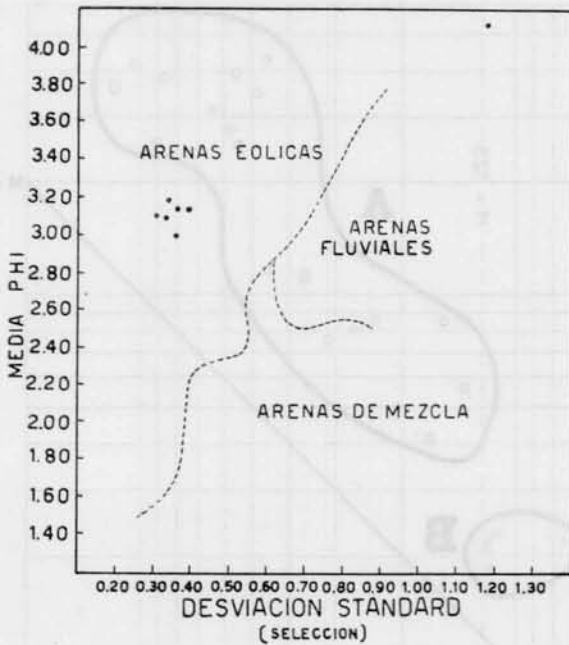


Fig. 6. — Relación media phi desviación standard, según Friedman (1961) para las psamitas de Kiyú

en la playa y en las barrancas donde son comunes las estructuras externas cunciformes.

Comparando la ubicación de las cuatro muestras de “playa” de la figura 5 con la correspondiente a las muestras estudiadas por Friedman (1961) en un diagrama similar, se advierte que dichas arenas caen en un sector del campo en el que las arenas de playa “heredan” la asimetría positiva de las arenas fluviales de donde proceden, hallándose aparentemente en desequilibrio con las nuevas condiciones ambientales. Cabe señalar que, según Friedman (1961), este es el único caso en que las arenas de playa medianas a muy finas (las de

Kiyú son finas a muy finas) normalmente con asimetría negativa, presentan asimetría positiva.

La posibilidad de que las arenas de Kiyú sean eólicas por su selección y asimetría positiva, según se observa en la figura 6, por confrontación de media phi y desviación standard (Friedman, 1961), quedaría descartada por la abundancia de micas (biotita, muscovita) en todas las muestras, minerales que son frecuentes en sedimentos

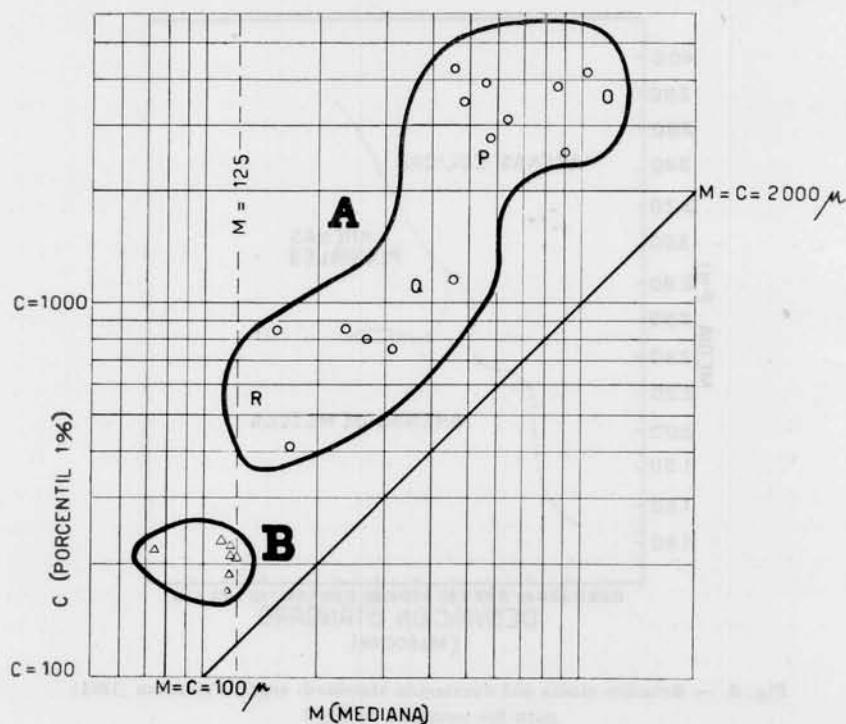


Fig. 7. — Diagramas CM para San José A y Kiyú B

transportados en medio áqueo (Hatch, et al., 1938), particularmente arenas fluviales y estuáricas (Milner, 1964).

El diagrama CM (distribución B, figura 7) para las arenas de Kiyú es muy particular y de difícil interpretación, quizás debido a la escasa proporción de muestras obtenidas. Comparando los valores de M (alrededor de 200 micrones) y de C (oscilantes entre 75 y 123 micrones) con otros similares presentados por Passega (1957) sólo se ha podido corroborar su naturaleza litoral, al parecer vinculada a un plano intercotidal en donde el movimiento del material psamítico se efectuaba por tracción por la acción de corrientes débiles.

Formación San José

La sospecha de que las arenas de San José hubieran sido depositadas en un ambiente fluvial ha quedado confirmada ya que al comparar la asimetría y la desviación standard (fig. 5), las 14 muestras estudiadas caen en el campo de las arenas fluviales. El hecho de que la asimetría sea positiva o negativa —perdiendo este parámetro estadístico su valor ambiental (Friedman, 1961)— es fácilmente explicable puesto que las arenas de San José sobrepasan con holgura (a veces en más del 60 %) el valor límite de un máximo de 5 % de la fracción de 1 phi que pueda contener una arena fluvial sin que quede modificada su asimetría positiva (Friedman, 1961).

La comparación entre los valores de media phi y desviación standard utilizada por Friedman (1961), no ha sido empleada para las arenas de San José, debido a que una parte de ellas no pudieron ser ubicadas en el diagrama respectivo a raíz de los altos valores de media phi que presentan.

La naturaleza fluvial que caracteriza la sedimentación de San José también ha sido corroborada mediante el diagrama CM (distribución A, fig. 7) que representa un ambiente en el que parte del material es transportado por tracción (O-P-Q) y una parte por suspensión (Q-R). El segmento P-Q representa el material más grueso transportado probablemente por rolido y ayudado en su movimiento por la presencia de material fino (Hjulstrom, 1939). Este material fino, por su escasa representatividad en el sedimento, aparece en las curvas acumulativas como largas "colas". Según consta en el trabajo de Passega (1957), el máximo valor de C es una medida de la competencia de la corriente (alcanza a 4300 micrones) y el mínimo valor de C (aproximadamente 1100 micrones) la máxima turbulencia en el fondo de la corriente.

Finalmente, el segmento Q-R, limitado por los valores de C de 1100 y 500 micrones, representa el material llevado en suspensión. Es probable (Passega, 1957) que los clastos se hallen un tiempo en el estrato y un tiempo en suspensión. El segmento Q-R tiene un trazo paralelo a la línea $C = M$, o sea que C es proporcional a M; no obstante C puede variar considerablemente con escasa influencia sobre la mediana.

Variación vertical y a lo largo de las barrancas

Dada la exigüidad de los afloramiento de la Formación Kiyú, como también la marcada homogeneidad granulométrica observada en las psamitas, es que sólo hemos tratado de determinar algún tipo de variaciones en los parámetros estadísticos en las sedimentitas que constituyen la Formación San José.

Al recorrer las barrancas y a pesar de que la variación granulométrica lateral o vertical en cada una de las estaciones de muestreo es errática, hemos podido determinar un ligero pero constante aumento en el tamaño máximo de las psamitas hacia el Este, en particular en el área comprendida por los balnearios Kiyú-Ordeig y la desembocadura del arroyo Pajas Blancas, donde es frecuente hallar material psefítico de más de 1 em incluido en dichas psamitas. La variación del tamaño máximo ha sido estudiada en base al uso del porcentil de 5 % obtenido directamente de las curvas acumulativas. Los valores de desviación standard (selección) no muestran mayores variaciones a lo largo de los afloramientos.

Asimismo se investigaron las variaciones verticales de tamaño máximo (porcentil de 5 %) y de desviación standard (selección) en tres estaciones consideradas como representativas por la disposición y proporción de muestras obtenidas: extremo Oeste de San Gregario, balneario Ordeig y Pajas Blancas, esta última en la Barranca Mauricio. Hemos reconocido así una tendencia — más notoria en balneario Ordeig — a la disminución en los valores de los parámetros de referencia hacia arriba. Tales cambios pueden reflejar o variaciones climáticas hacia regímenes de menores precipitaciones o la finalización de un ciclo erosivo (del basamento circuntante) durante el cual se produjo la depositación de los sedimentos limo-arcillosos de Aratzí sobre (¿o forman parte?) de la Formación San José.

Por otra parte, si nos atenemos a las conclusiones de Schlee y Moench (1960), la falta de una tendencia marcada en la variación vertical de los valores de mediana (y de moda) apunta hacia la posibilidad de que las sedimentitas de San José hayan sido depositadas por un sistema de canales en distintos niveles dentro del espesor sedimentario.

COMPOSICION MINERALOGICA

El presente estudio representa el primer intento de estudio sistemático en los terrenos pliocenos superiores. El único antecedente mineralógico es el examen de una muestra procedente de la sección inferior de la Formación San José (Andreis, 1966).

Para el estudio mineralógico las muestras han sido sometidas a una separación bromofórmica con el separador de Clerici, tomando en todos los casos la fracción retenida por el tamiz 170 (88 micrones). En la tabla VII se indica la proporción de minerales livianos y pesados, mientras que en las tablas VIII y IX se muestran los porcentajes relativos de los distintos minerales hallados, calculado sobre la base del recuento de aproximadamente 170 granos de livianos y pesados, para ambas formaciones.

TABLA VII

Distribución porcentual de minerales livianos y pesados

San José.....	1	91,46	8,54
»	2	84,86	15,14
»	3	93,32	6,68
»	4	92,37	7,63
»	5	91,20	8,80
»	6	97,15	2,85
»	7	98,90	1,10
»	8	99,18	0,82
»	9	97,57	2,43
»	10	99,87	0,13
»	11	97,34	2,66
»	12	99,72	0,28
»	13	82,38	17,62
»	14	99,05	0,95
Promedio		99,67	5,33
Kiyú.....	18	99,58	0,42
»	19	99,97	0,03
»	20	99,91	0,09
»	21	99,60	0,40
»	22	99,67	0,33
»	23	99,88	0,12
»	24	99,73	0,27
Promedio.....		99,77	0,23

TABLA VIII
Porcentajes de minerales iivianos

Ubicación	Horizonte	N° muestra	Cuarzo	Cuarzo policristalino	Calcedonia	Ortoclasa	Microclino	Sanidina	Plagioclasa	Vitroclastos	Litoclastos	Células	Artículas
Formación San José													
Balneario Ordeig	S. S. ¹	1	41,6	13,3	0,5	3,3	9,1	—	32,0	—	0,2	—	—
	S. S.	2	37,8	17,8	1,4	3,3	2,8	—	24,3	12,1	0,9	—	—
	S. S.	3	47,0	8,3	—	3,3	4,0	—	33,0	2,5	0,8	—	—
	S. S.	4	47,8	5,7	—	10,7	5,0	—	29,2	0,7	0,7	—	—
	S. I.	5	34,8	5,2	4,3	1,7	0,8	0,8	21,7	35,0	—	—	—
Extremo Este San Gregorio	S. S.	6	38,8	3,8	3,5	1,1	5,5	—	17,7	20,0	2,0	—	5,5
	S. I.	7	34,1	5,2	—	8,8	3,0	0,5	19,4	20,6	—	—	3,5
Cañada Ceibos	S. S.	8	40,0	5,0	—	0,7	3,5	—	20,7	28,5	1,4	—	—
Pajas Blancas (Mauricio)	S. I.	9	18,2	2,2	1,3	3,2	3,2	0,9	13,6	55,9	—	1,3	—
	S. I.	10	37,0	0,9	0,9	3,9	4,7	—	34,7	15,2	2,6	—	—
	S. S.	11	11,2	1,2	—	0,3	1,3	—	6,4	78,7	—	0,3	—
	S. S.	12	8,1	2,0	0,3	0,3	0,7	—	7,4	80,7	—	—	0,3
Extremo Este Mauricio	S. S.	13	37,5	13,7	—	5,0	8,1	—	25,0	8,1	2,6	—	—
	S. S.	14	28,6	5,3	—	3,3	5,3	—	20,6	30,0	—	—	6,6
Formación Kiyú													
San Gregorio	R. ²	18	50,0	7,1	—	1,0	4,7	0,4	31,0	1,0	4,7	—	—
Cañada Ceibos	B.	19	47,0	5,8	—	—	4,1	1,7	32,9	0,5	7,6	—	—
	B.	20	40,0	6,3	—	5,4	0,4	—	34,9	—	12,7	—	—
	B.	21	41,3	4,6	—	6,0	0,6	—	37,9	—	9,2	—	—
San Gregorio (Extremo Oeste)	P.	22	50,0	3,3	—	4,0	0,6	—	34,6	0,6	7,3	—	—
	P.	23	40,5	3,1	—	5,8	3,6	—	27,3	12,0	6,8	—	—
	B.	24	42,3	6,1	—	1,5	—	—	34,6	7,6	5,3	—	—

¹ S. I. : Sección inferior ; S. S. : Sección superior.

² R. : Restinga ; B. : Barranca ; P : Playa.

1. FORMACIÓN SAN JOSÉ

a) *Minerales livianos*

CUARZO. Es el mineral más abundante excepto en las muestras 11 y 12 donde hay abundante vidrio volcánico alterado. Los granos con subangulosos a subredondeados y con menos frecuencia, angulosos o redondeados. La extinción normal es común, hallándose sólo un 10 % de individuos con extinción ondulante poco marcada (escasos con ondulante marcada). Las inclusiones son frecuentes, siendo de tipo fluido (orientados o no) o sólidos (apatita, clorita, zircón, magnetita, epidoto, rutilo, sillimanita, clinozoisita y hornblenda castaña); raramente aparece exento de inclusiones. Algunos clastos presentan hacia los bordes un delgado pavimento granoblástico.

Agregamos aquí el *cuarzo policristalino* que aparece como agregados de aspecto ftanítico, a veces con cierta orientación que recuerda el cuarzo de recristalización de rocas metamórficas deformadas. Asimismo se incluye *calcedonia* incolora, como agregados plumosos, casi siempre pigmentados ligeramente de limonita.

PLAGIOCLASA. Se presenta con formas angulosas o subangulosas, más raramente subredondeadas (que son más abundantes en la muestra 5). Prácticamente carecen de estructuras zonales, pues solo se han hallado unos pocos individuos con zonación normal o recurrente. Carecen de inclusiones (algunas apatitas sólo) y aparecen macladas según la ley de albita (maclas finas) y de Carlsbad-albita o Carlsbad subordinadas.

La naturaleza de las plagioclasas se determinó por el método de la extinción simétrica. En general se trata de tipos ácidos, cuyo contenido de anortita varía de 11 % al 39 %, con una moda entre 20 y 25 %. Aparecen límpidas, con ligera alteración sericítica, o bien totalmente sericitizadas (8 % del total).

FELDESPATOS ALCALINOS. Representados por *microclino* y *ortoclasa* en proporciones similares (6 y 5,5 % promedio respectivamente) y escasa *sanidina*.

El *microclino* aparece como granos subangulosos, más raro angulosos, límpidos o algo turbios (alófano) con el maclado en enrejado, aunque singularmente homogéneo y fino. Algunos individuos presentan pigmentación superficial de hematita. La *ortoclasa*, en dos variedades, pertítica (venosa) o no pertítica, muestra variable turbidez alofánica que puede ser total. Son frecuentes los fragmentos de cli-

vaje a veces con bordes algo redondeados. Finalmente, la sanidina se presenta como fragmentos tabulares límpidos y poco desgastados, con raras inclusiones opacas.

LITOCLASTOS. Representan, en conjunto, sólo un 3 % de los livianos, y entre ellos encontramos fragmentos subangulosos de cuarcitas de gra nomediano (se advierten crecimientos secundarios de la ortocuarcita primitiva), limolitas cuarzosas, algunos intercrecimientos gráficos y elastos de riolitas (?).

VIDRIO VOLCÁNICO. En casi todas las muestras, en proporciones variables, llegando a ser muy abundante (muestras 11 y 12). Aparece como vitroclastos angulosos a irregulares totalmente transformados en montmorillonita sin perder la forma, observándose en algunos la típica estructura fluidal. En reducidas cantidades se ha encontrado trizas de vidrio incoloro límpidas y no alteradas, que hemos supuesto procedentes de lluvias de cenizas modernas.

COMPONENTES ORGANÓGENOS. Se ha reconocido, además de algunas células de gramíneas (ópalo), la presencia de cutina a veces en cantidades cercanas al 7 % del total de componentes livianos. Se presenta típicamente como trozos de cutículas de gramíneas, en las cuales se distingue a veces la estructura epidérmica.

b) Minerales pesados

EPIDOTO. Es el mineral más abundante, con excepción de las muestras 6, 7, 8, 9 10 y 14 donde la magnetita es más abundante. Se presenta en granos algo prismáticos, angulosos a subangulosos, incoloros, débil a fuertemente coloreados en verde amarillento, o como granos policristalinos con aspecto "sucio" menos comunes. Granos subredondeados son raros. La *zoisita* y *clinozoisita* aparecen como granos incoloros, de hábito prismático, con extremos irregulares, y dimensiones ligeramente inferiores a los de la pistacita.

ZIRCÓN. Se presenta en dos variedades que se hallan en relación 4:1, *a)* Incoloro, con inclusiones prismáticas incoloras, raramente zonal y límpido; y *b)* débilmente rosado, turbio casi opaco por la presencia de pequeñísimas inclusiones, frecuentemente zonal. En ambos casos, el zircón aparece como prismas bipiramidados, a veces con redondeamiento bastante marcado (formas ovoidales); son comunes asimismo los prismas quebrados. Algunos individuos están pigmenta-

dos con hematita y otros presentan delgados crecimientos secundarios incoloros.

ANFIBOLES. Siguen en abundancia a la pistacita, aunque aparecen en proporciones erráticas según puede advertirse en la tabla IX. Están representados por *hornblenda* común, la serie *tremolita-actinolita* y rara *antofilita*. La primera se presenta en cristales prismáticos, con señales de redondeamiento, aunque son raros los individuos redondeados; junto a éstos, suele haber otros fragmentados. Sobre la base de su color y pleocroísmo se han distinguido tres variedades de hornblenda: *a*) verde pálida; *b*) verde oscura, verde oliva, verde azulada, y *c*) castaña, castaño-verdosa, castaño rojiza. Las tres variedades se encuentran en todas las muestras con neto predominio de la variedad verde (*a* o *b*) sobre la castaña. En general, son frescas, sin señales de alteración; las inclusiones son escasas (magnetita, apatita).

En lo que respecta a los anfíoles metamórficos, aparecen en reducidas proporciones como prismas angulosos o subangulosos. En partícula la tremolita presenta los típicos cristales fibrosos de color verde pálido.

ESTAUROLITA. Granos prismáticos cortos, subangulosos a subredondeados, más raro angulosos; límpidos o algo turbios con pleocroísmo amarillo pálido-naranja pálido (alfa) a rojizo pálido-naranja vivo (gama). Suelen hallarse cristales con extremo aserrados (disolución intraestratal).

GRANATE. Se halla en todas las muestras en proporciones discretas en tres variedades: incoloro, rosado (y rosa vivo) y salmón (1 grano). Los primeros se hallan en proporción 2:1 con las variedades rosadas y aparecen como granos irregulares, por lo común subangulosos, aunque también los dos angulosos y subredondeados. Rara vez presenta caras cristalinas en un par de granos (uno rosa vivo con eudralismo perfecto), pero no son raros los individuos con fracturas concóideas y cachaduras en su superficie, que también suele mostrar aspecto marmelonar (fenómenos de disolución desgastados?).

MICAS. Son bastante escasas; se encuentra *biotita*, *muscovita* y *clorita*, con ligero predominio de las últimas sobre la biotita. La clorita es verde pálida y presenta inclusiones de magnetita y titanita que señalan su procedencia como producto de alteración de la biotita, de la que se observaron pasos intermedios de transformación. Algunas láminas presentan un ligero redondeamiento. Aparentemente son más frecuentes en las muestras provenientes de la barranca de Mauricio.

MINERALES OPACOS. La determinación exacta de los minerales opacos no ha sido efectuada, ya que no se hicieron separaciones magnéticas y sólo se los observó a luz reflejada. Son los minerales más abundantes en las muestras 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 14, llegando constituir el 50 % del total de pesados (muestra 14). Se trata de *magnetita* con variable proceso de hematización, angular a subredondeada, raro redondeada. Escasa magnetita es euedral (octaedros) o muestra restos de caras cristalinas. Se incluyen aquí fragmentos de *hematita* roja, que a menudo incluye restos de la magnetita de la que ha derivado. Por último, en cantidades subordinadas, hay *calcopirita* en individuos algo mayores a los de magnetita, que presentan bordes irregulares o euedrales.

OTROS MINERALES. Están escasamente representados (menos de 1 %) y son: *cianita*, como granos prismáticos angulosos con típico clivajes y extinción; *apatita*, como prismas redondeados o granos esféricos bien redondeados; *rutilo* rojo prismático; *augita*, raros ovoides verdes no alterados o como prismas angulosos. La *siderita* y la *titanita* (euedral o subangulosa) son sumamente escasos, en tanto que *turmalina* (variedad chorlo subredondeada, raro angular) y *monacita* (un grano quebrado con bordes redondeados, amarillo) son rarísimos.

2. FORMACIÓN KIYÚ

a) *Minerales livianos*

CUARZO. Suele aparecer como granos subredondeados a subangulosos, más raramente redondeados (la proporción es de un grano redondeado por cada 25 subangulosos). La extinción es, por lo general, poco ondulante, aunque los hay con extinción normal. En lo referente a las inclusiones, éstas son fluídas o pueden faltar, siendo raras las sólidas (*apatita* y *magnetita*); no obstante, se nota un ligero predominio de las primeras sobre las segundas. También se incluye aquí el *cuarzo* policristalino en granos subangulosos con textura microgranoblástica.

PLAGIOCLASA. En proporciones ligeramente inferiores al cuarzo, aparecen bajo la forma de tablillas y fragmentos a menudo limitados por caras de clivaje. Se han encontrado dos variedades: a) subangular, subredondeada hasta redondeada (ovoides) relativamente comunes (muestra 19), carentes de estructuras zonales y con maclas de

albita (raras son Carlsbad-albita y Carlsbad). Límpidas o con ligera sericitización, sin inclusiones y de composición oligoclasa-andesina; y *b*) subredondeada o como tablillas con bordes redondeados; presentan estructuras zonales de tipo normal poco marcadas o recurrentes (e inversas) y maclado según la ley de albita. A veces llevan vidrio incoloro adherido. Las inclusiones son raras. Su composición es más básica que la variedad *a*), alcanzando a labradorita media a básica (núcleo de los individuos con zonación recurrente) en la mayoría de los individuos. La andesina es la plagioclase que sigue en abundancia a los tipos básicos (el núcleo de las plagioclasas con zonación normal es generalmente de andesina media). En conjunto (tipos *a* y *b*), sólo se ha observado un 5 % de individuos con parcial o total alteración en sericita.

FELDESPATOS ALCALINOS. Son mucho menos abundantes que las plagioclasas y están representados esencialmente por *microclino* y *ortoclasa* en cantidades parejas, acompañados por unos pocos individuos de *sanidina*.

Los granos de feldespatos potásicos son similares a los de plagioclasa en tamaño, y sólo tienen hábito tabular (y fragmentos de clivaje) la ortoclasa y la sanidina, pues el microclino aparece como individuos irregulares algo más angulosos. Con la sola excepción de algunos individuos de ortoclasa con avanzada turbidez alofánica, el resto (incluyendo asimismo ortoclasa, a veces pertítica o criptoperítica) se presenta límpido o con escasas señales de alteración alofánica (especialmente el microclino).

LITOCLASTOS. Se trata de pastas volcánicas, de naturaleza basáltica (texturas hialopilítica, hialoofítica y pilotáxica, a veces muy impregnadas de óxidos de hierro) y riolítica (texturas microcristalinas y felsíticas, algunas hipocristalinas). Se incluyen además fragmentos de tobas alteradas en montmorillonita e impregnadas de limonita. La angulosidad de los litoclastos es variable, hallándose desde angulosos hasta subredondeados.

VIDRIO VOLCÁNICO. Representado por escaso vidrio incoloro no alterado o algo montmorillonitizado, de índice $n = 1,50$. En una sola muestra (23) se han encontrado trizas totalmente transformadas en montmorillonita y algo redondeadas (cerca del 10 %).

b) *Minerales pesados*

OPACOS. Son los más abundantes, pues constituyen hasta casi el 65 % del total de pesados (muestra 20). Se trata de magnetita, que aparece como granos subangulosos a subredondeados, con variable hematitización, que puede ser total; aproximadamente el 20 % de los opacos parece ser magnetita totalmente limonitizada (alteritas) que, a luz reflejada, presentan tonalidades amarillentas hasta rojizas.

En proporciones subordinadas aparece *pirita* como individuos con bordes irregulares o cuedrales.

ANFIBOLES. Ocupa el segundo lugar entre los minerales pesados y están representados por *hornblenda* (variedades verde, verde azulada, verde amarillenta pálida, castaña y castaño-verdosa), *antofilita*, *tremolita*, *actinolita* y *lamprobolita*, estos cuatro últimos en cantidades reducidas frente a la hornblenda. Las variedades verde y castaña (y castaño-verdosa) son las más frecuentes, seguidas por la verde amarillenta y, en proporciones menores, por la serie metamórfica (antofilita, tremolita, actinolita), la hornblenda verde azulada y la lamprobolita.

Todos se presentan como prismas más o menos angulosos con extremos aserrados (en menor proporción) o con variables señales de redondeamiento, principalmente las variedades verde y castaña. Las inclusiones son raras, y corresponden a magnetita y raras plagioclasas. En algunos casos se ha observado granos de hornblenda quebrados y nuevamente redondeados. En general — con la excepción de esporádicos granos totalmente alterados en un agregado no orientado de laminillas de clorita — puede decirse que los anfíbolos no están alterados.

EPIDOTO. En granos algo prismáticos, con extremos mal terminados, raramente como agregado fibroso radiado, o como agregados policristalinos turbios, reconociéndose dos variedades (como en la Formación San José): incoloro y coloreado en verde amarillento o amarillo pálido. Raras son las inclusiones (plagioclasa). Con caracteres similares, aunque de tamaño más reducido, hay *zoisita* y *alinozoisita*.

CIANITA. Como individuos prismáticos (con extremos quebrados) o tabulares, incoloros o débilmente celestes, sin señales de alteración, con típicos clivajes y extinción.

TURMALINA. En prismas angulosos a subredondeados y las siguientes variedades en orden de abundancia: a) castaño verdosa pleocroi-

ca a casi opaco; *b*) rosada pleocroica al negro azulado (opaco); *c*) castaño rojiza, y *d*) azulada.

ESTAULOLITA. Como granos prismáticos cortos subangulares a subredondeados, lípidos a ligeramente turbios, con el mismo pleocroísmo que el hallado en las estaulolitas de las arenas de San José (véase). Asimismo se encuentran cristales con extremos aserrados.

GRANATE. Se halla en la mayoría de las muestras en cantidades discretas, con neto predominio de la variedad incolora (a veces ligeramente verdosa), sobre la variedad rosa pálido. Es frecuente encontrar superficies mamelonares.

MICAS. Representadas por *biotita* y *muscovita*, en proporciones parejas menores al 1%. Cabe señalar que las laminillas de micas son comunes en todas las fracciones haciéndose más frecuentes hacia las más gruesas (250 micrones), donde forman el 10% del total de la muestra observada con microscopio binocular. No están alteradas ni muestran señales de haber sido transportadas.

OTROS MINERALES. Pobremente representados por *zircón* incoloro, como prismas quebrados redondeados hasta ovoides; *apatita*, prismas incoloros y redondeados; *augita*, un grano verde oval; *hipersteno*, prismas algo redondeados, con pleocroísmo típico; *rutilo*, en las variedades rojo y amarillo; *titanita*, granos cuedrales algo redondeados, y *monacita*, un individuo redondeado y esférico, amarillo.

MORFOLOGÍA DE LOS CLASTOS

Por medio de la observación con binocular y de las imágenes fotográficas de Powers (1953) basada en los valores de Waddell (1932), se ha estudiado esfericidad y redondez de un número de clastos no seleccionados.

Se determinó de esta manera que la mayoría de los clastos que constituyen las arenas de San José presentan un redondeamiento pobre correspondiente a los grados subanguloso, con pequeñas proporciones de angulosos, subredondeados y redondeados (en ese orden). Para las arenas de Kiyú, en cambio, se advierte una notoria tendencia hacia clastos subredondeados, con variables cantidades (orden decreciente) de subangulosos, redondeados, bien redondeados y angulosos.

La esfericidad se ha estimado en forma visual con la carta bidimensional de Krumbein y Sloss (1959). Los clastos de las arenas de la

Formación San José tienen valores oscilantes entre 0,5 y 0,7, vale decir esfericidad poco marcada, en tanto que para la Formación Kiyú estos valores son algo más altos, entre 0,6 y 0,8, valores que están en relación con la presencia de cierta proporción de granos ovoidales de plagioclasas y cuarzo.

CONCLUSIONES MINERALOGICAS

Del estudio precedente pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. Las sedimentitas epiclásticas de Kiyú y San José están constituidas por minerales estables (cuarzo), seguidas de proporciones similares de metaestables (feldespatos).
2. Los metaestables primarios son plagioclasa no zonal (y reducidas cantidades de zonal en Kiyú) y feldespatos alcalinos (ortoclasa, ortoclasa perítica, microclino y sanidina), en ambas formaciones.
3. El cuarzo (incluyendo cuarzo policristalino, calcedonia), aparece en proporciones del 40 % (San José) o 50 % (Kiyú) del total de minerales livianos.
4. Los minerales pesados, estables o metaestables, se caracterizan por su frescura. Predominan, tanto en San José como en Kiyú, el trío anfíbol (principalmente la variedad verde) - magnetita - pistacita (zoisita, clinzoisita). Del resto de los minerales pesados sobresale el zircón (San José) y la turmalina (Kiyú), en este caso asociado a un aumento en el contenido de cianita y granate.
5. El contenido de opacos es relativamente abundante en las dos formaciones (algo más en las arenas de Kiyú) y está representado por magnetita parcial o totalmente alterada en hematita o limonita, y una cantidad subordinada de pirita (Kiyú) o calcopirita (San José).
6. Los litoclastos son escasos en las psamitas de San José (fragmentos de pelitas, ortocuarcitas, interrecimientos gráficos y escasas riolitas ?), pero algo más frecuente en las de Kiyú, donde están representadas por pastas volcánicas de naturaleza riolítica y andesítico-basálticas, y escasas tobas.
7. Principalmente en las psamitas de San José, aunque también en las de Kiyú en cantidades menores, aparecen trizas de

- vidrio totalmente transformadas en montmorillonita, acompañadas de raras trizas incoloras y frescas, que suponemos (las últimas) sean modernas.
8. No se ha observado la presencia de cemento en las arenas de granulometría fina a mediana en ambas formaciones, pero en algunos horizontes de psamitas muy gruesas (a conglomerádicas) de la Formación San José se ha encontrado escaso ópalo.
 9. Los porcentajes semejantes de cuarzo y feldespatos, y la escasa cantidad de litoclastos, apunta a un grado moderado de madurez composicional de las psamitas analizadas, ligeramente mayor para las de San José. En el cálculo del índice madurez se utilizó la relación: $\text{cuarzo} + \text{ftanita/feldespatos} + \text{litoclastos}$ propuesta por Pettijohn (1957). Se obtuvieron valores oscilantes entre 0,89 y 1,90 (promedio 1,37) para San José y entre 0,84 y 1,36 (promedio 1,07) para Kiyú. Esta moderada madurez mineralógica está de acuerdo con una madurez textural similar (algo mayor para Kiyú), según se refleja de la selección y caracteres morfológicos de los granos.

CLASIFICACIÓN DE LAS PSAMITAS

Como puede verse en la tabla VIII (minerales livianos) las psamitas que integran las Formaciones de Kiyú y San José presentan una asociación mineralógica común, constituida esencialmente por cuarzo, plagioclasa en cantidades algo menores y escasos feldespatos alcalinos y clastos líticos, que denota su naturaleza epiclástica. Empero, la presencia de un componente piroclástico en la mayoría de las muestras, que puede llegar al 80 % del total de los minerales livianos, plantea el problema de su ubicación sistemática, ya que las arenas podrían ser clasificadas como piroclásticas, y más específicamente, como tufitas. Según Pettijohn (1957) y Teruggi (1962), entre otros, las tufitas están constituidas por una mezcla de material epiclástico y vidrio volcánico vinculado en forma directa a lluvias de cenizas; en nuestro caso, este término resulta inadecuado puesto que el material piroclástico de las psamitas en estudio proviene de la destrucción de otras sedimentitas de esa naturaleza, por lo que nos hemos inclinado por considerarlas como epiclásticas que contienen variables cantidades vitroclastos.

En su ubicación sistemática se han utilizado — dado el grado de difusión alcanzado— los esquemas de clasificación propuestos por Gilbert (*in* Williams, et al., 1954) y Pettijohn (1957).

TABLA X
Composición promedio de las psamitas (%)

	Cuarzo	Plagioclasas	Feld. alk.	Litoclastos	Vitroclastos
San José.....	40	22	8	2	27
Kiyú.....	50	34	5	7	3



Fig. 8. — Ubicación de las psamitas de Kiyú y San José en el diagrama composicional de Gilbert

A juzgar por las proporciones de cuarzo, feldespatos y litoclastos (tabla X y la figura 8) las psamitas de Kiyú y San José, se describirían como arcosas (Pettijohn) o arenitas arcólicas (Gilbert). Pero esta no es la clasificación correcta, pues como lo reconociera Packham (1954) las arcosas (y también las subarcosas o areniscas feldespáticas), por derivar de terrenos graníticos, contienen feldespatos alcalinos en abundancia, que no es el caso de las arenas en estudio. Packham (1954) considera que ese término es inadecuado para sedimentos derivados de fuentes de composición distinta a la granítica, por lo que en su reemplazo acuña la expresión “areniscas lábiles”. Creemos que se trata de un término poco descriptivo, ya que se denomina “lábil” a todo componente metaestable, sea feldespatos, litoclastos u otros,

y no refleja —en el caso de los sedimentos de Kiyú y San José— su verdadera naturaleza composicional, es decir la predominancia de plagioclasas sobre los feldespatos alcalinos (figura 9).

Es por ello que emplearemos en la clasificación de las psamitas el término de *arenitas plagioclásicas*, propuesto por McBride (1963) para denominar a aquellas psamitas ricas en plagioclasa y con matriz escasa. En nuestro caso no se hace distinción sobre el origen del feldespato en cuestión, que puede ser eruptivo o metamórfico.



Fig. 9. — Relación cuarzo-plagioclasa-feldespatos alcalinos en las psamitas de Kiyú y San José

GENESIS DE LAS PSAMITAS

NATURALEZA DE LA ASOCIACIÓN MINERALÓGICA

Del estudio mineralógico hemos podido inferir que una parte sustancial de los componentes de las arenas de Kiyú y San José son de origen plutónico - metamórfico, característica que ya se sospechaba, al menos para la Formación San José, por la presencia de material psefítico de esa composición. Se ha reconocido además un aporte piroclástico y volcánico (Kiyú).

A fin de establecer la naturaleza del cuarzo se ha considerado la clasificación de Blatt y Christie (1963) quienes reconocen tres variedades de fácil reconocimiento: a) cuarzo no ondulante, b) cuarzo ondulante y c) cuarzo policristalino. La variedad c) puede a su vez dividirse, según Hubert (1960) en cuarzo compuesto (cuarzo granoblástico, con individuos de límites netos) y de metacuarcitas (similar

al anterior, pero con contactos suturales entre los individuos, pudiendo ser ondulante o no). Cabe aclarar que Blatt y Christie (1963) definen como cuarzo no ondulante aquel que se extingue totalmente con un giro de platina del microscopio, de un grado o menor; por sobre ese valor angular el cuarzo puede ser clasificado como ondulante.

Tanto en la Formación de Kiyú como en San José se reconoció la presencia de las tres variedades, con neto predominio de los tipos *a*) y *c*) sobre el *b*), especialmente en la primera.

Blatt y Christie (1963) y más recientemente Conolly (1965) han demostrado que las relaciones entre las tres categorías principales pueden ser utilizables para determinar la naturaleza del cuarzo. Al respecto, Conolly (1965) señala que la menor o mayor proporción de cuarzo ondulante frente al no ondulante depende exclusivamente de la composición mineralógica de la fuente del material y de la historia de abrasión del sedimento. Asimismo existe una relación entre los tipos *b*) y *c*) (Blatt y Christie, 1963), ya que si hay poco cuarzo ondulante, también el contenido de cuarzo policristalino será bajo; este hecho está en relación directa con la inestabilidad termodinámica de las dos variedades, las que son destruidas selectivamente por los agentes mecánicos y químicos.

Asimismo, Blatt y Christie (1963) han comprobado que el contenido de cuarzo no ondulante (promedio 16,8 %) frente al cuarzo total presente en psamitas inmaduras —de composición no ortocuarcítica— es similar al que aportan las rocas madres plutónicas y metamórficas.

La baja proporción de cuarzo no ondulante en las arenas de Kiyú (promedio 17,7 %), según se deduce de la aplicación de la relación anterior, apunta, según Conolly (1965) a una procedencia de rocas plutónicas y metamórficas. En el caso de las psamitas de San José, el valor promedio relativamente alto encontrado —43,6 %—, podría representar, además del aporte plutónico-metamórfico, otro sedimentario de naturaleza ortocuarcítica. Esta posibilidad se basa en el hecho, comprobado por Conolly (1965), de que las sedimentitas cuarzosas contienen con frecuencia cantidades relativamente altas de cuarzo no ondulante. La alternativa sugerida por ese autor, de una procedencia volcánica del cuarzo, ha sido descartada por la ausencia de formas características (idiomorfismo), asociado a la carencia de minerales típicos y de afloramientos en la periferia de la cuenca de sedimentación.

Además, se estableció igualmente que predomina el cuarzo con inclusiones fluídas, seguido de cuarzo libre de inclusiones, siendo en

cambio menos comunes las sólidas; según la interpretación corriente (Keller y Littlefield, 1950), los dos primeros tipos pueden provenir tanto de rocas metamórficas como ígneas. Es probable que el origen del cuarzo sea en gran parte metamórfico si nos atenemos a las inclusiones de epidoto, rutilo y sillimanita que contiene.

Las plagioclasas son casi en su totalidad no zonales, de composición bastante constante alrededor del límite oligoclasa-andesina y carecen de forma definida, lo que sugiere una procedencia metamórfica. Sólo una pequeña parte es atribuible a un origen volcánico, ya que como hemos mencionado, aparecen con formas cuedrales, presentan estructuras zonales de tipo normal o recurrente y ocasionalmente llevan adheridos restos de pastas volcánicas o vidrio incoloro. Todas estas características, y su composición (andesina-labradorita), hacen suponer que han derivado de vulcanitas intermedia a básicas, principalmente andesitas y basaltos, lo que concuerda con la naturaleza de los litoclastos y de las pastas que suelen tener adheridas.

Los feldespatos alcalinos, representados por ortoclasa (y ortoclasa portítica) y microclino proceden tanto de rocas metamórficas como de eruptivas, según se desprende del análisis mineralógico efectuado sobre los fenoclastos incluidos en las psamitas de San José. Con respecto a la sanidina, de indudable origen volcánico, poco es lo que puede decirse dada su escasa representatividad; es posible que pueda estar vinculada a rocas de tipo riolítico.

El material de reconocida naturaleza piroclástica está representado por trizas de vidrio totalmente alterados en montmorillonita, al que reemplaza frecuentemente como agregados escamosos. Su color castaño amarillento, producto de una impregnación parcial con hidróxidos de hierro, confiere una totalidad similar a las capas ricas en este componente.

En lo que respecta a los minerales pesados no opacos, los más abundantes son el par pistacita (zoizita, clinozoizita) y anfíbol, éste representado por hornblenda verde (verde azulada, verde pálido) y castaña (castaño verdosa) y cantidades reducidas de tremolita, actinolita, antofilita y lamprobolita. Dejando de lado el trío tremolita-actinolita-antofilita, presumiblemente de origen metamórfico, y la lamprobolita, de reconocida procedencia volcánica, una dificultad se presenta con la hornblenda común (verde o castaña), ya que puede provenir tanto de rocas ígneas (plutónicas o volcánicas) como de metamórficas. Con la sola excepción de la variedad verde pálida que es metamórfica (determinado en base al examen mineralógico del ma-

terial psefítico), no hemos creído prudente aventurar opinión sobre su origen, a menos que se tomen en cuenta los otros minerales pesados con los que se asocia y sus características texturales (redondez). Al parecer, la mayoría de los granos de hornblenda común son metamórficos, acompañados por algunos de origen sedimentario por su redondez moderada a marcada.

Los escasos piroxenos hallados, hipersteno y augita, pueden provenir de rocas ígneas, tanto plutónicas como volcánicas o, menos frecuentemente de metamórficas, por lo que resulta difícil establecer la naturaleza de las rocas originarias. Algunos granos con forma de "cigarro" (augita) u ovoidales (hipersteno) indican un aporte sedimentario.

Una definida asociación metamórfica está representada por el grupo estaurólita - granate - cianita - turmalina - epidoto.

Las micas, relativamente abundantes en Kiyú (observación con binocular sobre muestra total), pueden ser de origen magmático (plutonitas ácidas y pegmatitas) o metamórfico.

Los restantes minerales transparentes son escasos, con excepción del zircón, el más frecuente y constante, cuyo origen más común es el magmático; la rareza de la apatita y del rutilo señalan hacia rocas pobres en esos minerales, plutónicas o metamórficas.

Las especies opacas están representadas principalmente por magnetita, parcial o totalmente alterada en hematita o limonita. Este mineral, según Teruggi, et. al. (1957), por "su amplia distribución en rocas de distinto origen carece de calor genético". No obstante una procedencia de vulcanitas básicas —el origen más común de la magnetita— parece existir en las psamitas de la Formación Kiyú. Los restantes minerales opacos, como pirita y calcopirita, pueden ser de diverso origen (hidrotermales ?).

Resumiendo las observaciones acerca de la asociación de componentes livianos y pesados, podemos concluir que las rocas que han suministrado la mayor parte de los minerales que constituyen las psamitas de Kiyú y de San José son metamórficas —correspondientes a facies de bajo a mediano grado—, y plutonitas ácidas de naturaleza granítica predominante. Además, las arenas de Kiyú han tenido una participación menor de rocas volcánicas de variada naturaleza (riolíticas, andesítico-basálticas). Por último, hay abundancia de trizas de vidrio volcánico alteradas en montmorillonita, cuya naturaleza piroclástica es indiscutible.

PROCEDENCIA DEL MATERIAL CLÁSTICO

Combinando los resultados obtenidos del estudio del sistema de paleocorrientes y de la composición mineralógica de las Formaciones de Kiyú y San José, se ha podido determinar —en sentido amplio— que el material clástico proviene desde el Norte, con un pequeño aporte desde el Sur en la Formación nombrada en primer término. Veamos ahora cuales pueden haber sido las zonas de aporte.

De la observación de la figura 1 (parte del mapa geológico, en escala 1:500.0000, preparado por Caorsi y Goñi, 1959) es posible inferir que en la constitución de las arenas estudiadas pueden haber participado materiales procedentes de la destrucción del Basamento Arcaico (sic) de la Serie Metamórfica de Lavalleja (y de efusivas contemporáneas algonquinas) y de las formaciones sedimentarias Cretácicas y Mio-Pliocenas.

A pesar de conocer las probables formaciones proveedoras, que integran en gran parte el basamento local, tropezamos con la escasez de descripciones petrográficas de las mismas, por lo que se reciente cualquier intento destinado a establecer áreas de procedencia. Por ello, solo nos limitaremos a mencionar algunas posibilidades que deberán ser corroboradas por investigadores posteriores.

Analizando las breves descripciones incluídas en el trabajo de Caorsi y Goñi (1959), recopilación de datos de otros investigadores, podemos concluir que el basamento arcaico (sic) y probablemente la Serie Metamórfica de Lavalleja (no sabemos en qué proporción) han sido directa o indirectamente, a través de las sedimentitas cretácicas y mio-pliocenas (sic), las fuentes del material clástico que compone las psamitas de Kiyú y San José. La presencia de calcedonia parece indicar un aporte de las vulcanitas triásicas (sic), probablemente a través de las psamitas y psamitas conglomerádicas de la Formación Mercedes, si nos atenemos a su distribución en el territorio uruguayo y su particular relación con esas lavas.

Mención aparte merece el material de génesis volcánico que compone aproximadamente el 8 % de los minerales livianos en las psamitas de la Formación Kiyú, ya que además de ser el único del cual ha podido determinarse la procedencia, representa un llamado de atención acerca de la importancia de los minerales livianos, en general menospreciados en trabajos de correlación y procedencia en favor de los minerales pesados.

El material de referencia, por su tipo composicional (pastas ácidas hasta básicas, trizas de vidrio volcánico, lamprobolita, augita o hiperseno) y caracteres texturales (clastos subredondeados a redondeados, en especial los piroxenos), corresponde a la denominada "asociación patagónica" de Etchechurry y Remiro (1963) y debe haber llegado a las costas uruguayas australes (¿paleo-estuario?) — como aún lo hace, según las conclusiones de dichos investigadores — por deriva litoral y corrientes marinas. Una procedencia desde las áreas patagónicas estaría corroborada por la posición de la resultante regional del sistema de paleocorrientes imperante durante la sedimentación de las sedimentitas de la Formación Kiyú, es decir de Sur a Norte.

PROCESOS DIAGENÉTICOS

Al parecer la única forma en que estos procesos han afectado a algunos minerales (la mayoría aparecen frescos y sin señales de alteración) como los anfíboles, más raramente la estauroлита y los granates, ha sido mediante la disolución intraestratal que originó terminaciones aserradas o superficies corroídas en los cristales.

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

En las Formaciones de Kiyú y San José se han reconocido estructuras direccionales de tipo unidireccional, genéticamente relacionadas con corrientes que han actuado durante la depositación del sedimento y que permiten deducir la ubicación de la zona de procedencia del material clástico.

En el análisis de las estructuras halladas se ha adoptado la sistemática propuesta por Teruggi (1964) — basada en la clasificación descriptivo-genética de Allen (1963) — y, como complemento, la importante contribución de Ruchin (1958). El tratamiento conjunto ha resultado esencial para confirmar nuestras impresiones, acerca de los respectivos ambientes de sedimentación y la naturaleza de sus rasgos más notables.

En la sistemática de Teruggi (1964) se consideran dos aspectos que pueden o no estar asociados en el afloramiento: el estrato (estructura externa) unidad de sedimentación que forma ángulos bajos con el buzamiento regional de la formación, y láminas o capas dentro de los estratos (estructura interna), cuya posición puede ser coincidente

o inclinada con respecto a los mismos. En todos los casos, la estructuras direccionales han sido descriptas y estudiadas en relación a un sistema de referencia —el de Sander (1930) modificado— íntimamente ligado con la dirección de transporte y la estratificación.

Si bien en el campo se han distinguido en la Formación de Kiyú dos zonas con estructuras entrecruzadas distintivas, su correcta interpretación se ha visto obstaculizada por la naturaleza friable de las arenas, la escasez de afloramientos y su pobre estado de conservación.

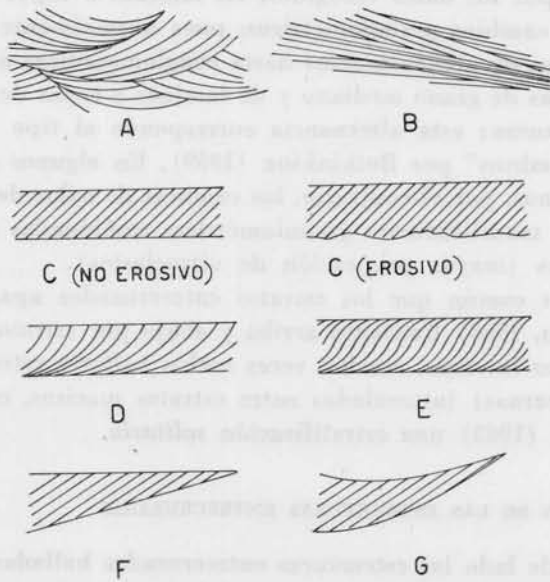


Fig. 10. — Estructuras entrecruzadas. Los tipos A y B han sido encontrados en la Formación Kiyú y los tipos A, C (ambos subtipos), D, E, F y G en la Formación San José.

Estas zonas corresponden a las restingas, donde se han observado estructuras internas de tipo cóncavo (figura 10 A) —denominadas *artesa* por Teruggi (1964)— en estratos aparentemente tabulares, y al conjunto playa-barranca, donde es frecuente la disposición oblicua, en dirección algo divergentes, de láminas dentro de estratos que provisoriamente hemos definido como lenticulares de bajo ángulo (figura 10 B).

Debido a la notable homogeneidad granulométrica que presentan las arenas de Kiyú, no se ha podido establecer si las estructuras internas deben su origen a cambio granulométricos o composicionales; algunas evidencias parecen favorecer la primera posibilidad.

En la sección superior de la Formación San José, se han reconocido principalmente estratos tabulares limitados por superficies más o menos paralelas supuestamente no erosivas o con plano limitante inferior irregular (erosivo). Estas formas pueden presentar estructuras internas horizontales, oblicuas —de tipo planar (figura 10 C), tangencial simple (figura 10 D) o doble (figura 10 E)— o carecer de ellas (estrato macizo). Estratos cuneiformes o lenticulares con estructuras internas planares son raros (figura 10 F y G).

A juzgar por los datos recogidos, las láminas o capas frontales se originan en cambios granulométricos, pues normalmente se advierte en los estratos de arenas gruesas hasta conglomerádicas una alternancia de láminas de grano mediano y de láminas o capas de grano grueso a muy grueso; esta alternancia corresponde al tipo denominado de “dos miembros” por Botkinkina (1959). En algunos estratos arenosos más finos, por el contrario, los cambios de color de las láminas responden a modificaciones granulométricas combinadas con cambios mineralógicos (mayor proporción de vitroclastos).

Si bien es común que los estratos entrecruzados aparezcan *agrupados* (Allen, 1963) limitados arriba y abajo por estratos portadores de estructuras internas, muchas veces suelen hallarse estratos (con estructuras internas) intercalados entre estratos macizos, configurando, según Allen (1963) una estratificación *solitaria*.

DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ENTRECruzADAS

Dejando de lado las estructuras entrecruzadas halladas en la Formación Kiyú, que no presentan variaciones notables a lo largo de los afloramientos, restringidos a la porción central —Oeste de la barranca de San Gregorio—, la distribución de los tipos de estratos entrecruzados reconocidos en la Formación San José muestra variaciones importantes. En efecto, hemos advertido un mejor desarrollo de las estructuras en la barranca de Mauricio en relación a la de San Gregorio, en la que es más frecuente hallar estratos macizos o con estructura de extensión reducida.

Los tipos tabulares con estructuras internas planares o tangenciales simples son comunes en ambas barrancas, mientras que aparecen dispersos en una u otra barranca aquellos con estructuras internas cóncavas o tangenciales dobles, y los estratos lenticulares o cuneiformes con estructuras internas planares. Así por ejemplo, las estructuras tabulares-cóncavas han sido halladas en la barranca de San Gre-

gorio, en tanto que las tabulares-tangencial dobles lo han sido en la barranca de Mauricio.

INTERPRETACIÓN GENÉTICA DE LAS ESTRUCTURAS ENTRECruzADAS

De acuerdo con Ruchin (1959), considerando las características de las láminas o capas frontales, forma y potencia de los estratos y granulometría de los sedimentos, las estructuras entrecruzadas de las Formaciones de Kiyú y San José pertenecen a formas originadas o depositadas en medio ácuco.

En la Formación Kiyú los tipos citados corresponden a la estratificación *Pi* de Allen (1963), en las restingas, y la *Xi* del mismo autor, en la playa actual y en las barrancas. El primer modelo se forma por un mecanismo de erosión y relleno ("scour-and-fill" de Shrock, 1948) que ocurre en canales contruidos en la playa frontal por flujo de agua o desde el mar (Thompson, 1937) o en un cauce fluvial cuando una masa ácuca, que fluye moviéndose por la pendiente, presenta en su seno zonas turbulentas o arremolinadas que originan el fenómeno antes citado (Stokes, 1953), aunque Allen (1963, en prensa) supone que pueda ser debida a la migración de series de óndulas simétricas, de tamaño grande y con crestas de pronunciada curvatura. En cuanto a la génesis del modelo *Xi* ésta no es bien conocida, ya que puede formarse en la playa frontal (Thompson, 1937) o distal (McKee, 1957) y por migración de dunas longitudinales bajo la acción eólica (Reiche, 1938; McKee, 1940 y Bagnold, 1941). Las evidencias mineralógicas (la presencia de micas) y de campo parecen favorecer, para ambas estructuras, la primera posibilidad (playa).

En la Formación de San José la mayor parte de los estructuras pertenecen a los modelos *Mu* y *Omikron* de Allen (1963) que se forman en estratos de litología homogénea por migración de series de óndulas grandes con crestas esencialmente rectas y asimétricas por la acción de corrientes ácuca (quizás también eólicas en el tipo *Omikron*). Estas óndulas se forman en fondos que se hallan a profundidades varias veces superiores a la amplitud de la óndula (Allen, 1963).

En menor proporción también se han encontrado los tipos de Allen (1963) descriptos como, *Pi Alpha* y *Beta*. Respecto al primero las características son las mismas que las descriptas para Kiyú. En cuanto a los modelos restantes, se forman en medio ácuco por procesos

má o menos vigorosos que pueden ser (Beta) o no suficientes (Alpha) para producir fenómenos erosivos en los depósitos subyacentes. Según Allen (1963) se vinculan con las formaciones de barras aisladas en aguas poco profundas, frecuentemente en cauces fluviales anastomosados, pero también en estuarios y playas frontales.

La interpretación de la génesis de las estructuras entrecruzadas sugiere en el caso de la Formación de Kiyú la existencia de un ambiente litoral, probablemente de playa (frontal?). Si nos atenemos a las conclusiones de Teruggi (1964), la uniformidad granulométrica de las arenas y la falta de otros componentes litológicos, sugeriría una playa con muy poca pendiente y estable.

En cuanto a la Formación San José, en la sección superior y parte de la sección inferior, las estructuras halladas pueden interpretarse como formadas en un ambiente dominado por condiciones fluviales con frecuentes depósitos de óndulas arenosas transportadas por corrientes de velocidades fluctuantes entre débiles y relativamente rápidas, y de barras subácueas, aparte de unos pocos debidos a erosión subácuea y posterior relleno (en cauces fluviales).

PALEOCORRIENTES

Método de estudio.

Todas las observaciones y mediciones fueron efectuadas en las barrancas de San Gregorio y de Mauricio, desde la desembocadura del arroyo San Gregorio (extremo occidental de la primera) hasta el extremo oriental de la segunda, ubicado a unos 3 km al Oeste del fin del camino a la Costa y Colonia Wilson.

La obtención de datos ha quedado forzosamente restringida a zonas expuestas de las barrancas y desembocaduras de arroyos y torrenteras, pues los demás afloramientos están cubiertos por potentes depósitos correspondientes al Pampeano y Postpampeano, o por derrumbes en el frente de las barrancas.

En cada estación se ha tomado una medición en cada unidad entrecruzada (Potter y Pettijohn, 1963; Teruggi, 1964), vale decir que cada medición corresponde a un estrato diferente. Tal como es norma en este tipo de investigaciones, se han medido de las estructuras entrecruzadas, externas e internas, sus azimutes y buzamientos (con brújula tipo Brunton).

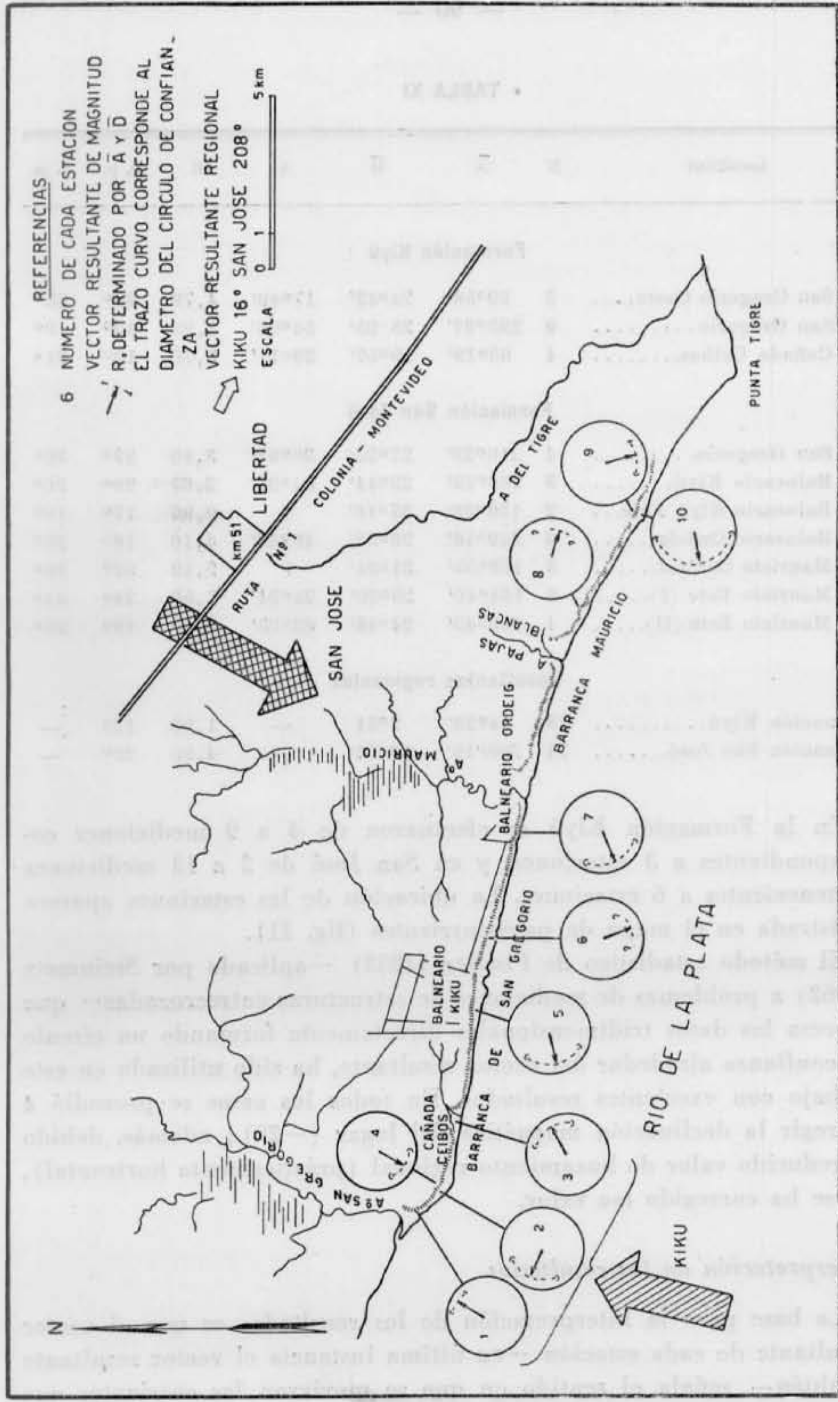


Fig. 11. — Mapa de paleocorrientes

— TABLA XI

Localidad	N	\bar{A}	\bar{D}	θ	R	b. p.	b. m.
Formación Kiyú							
1. San Gregorio Oeste....	5	29°58'	24°43'	17°49'	4,79	20°	35°
2. San Gregorio.....	9	295°27'	28°05'	54°03'	3,92	13°	19°
3. Cañada Ceibos.....	4	63°19'	19°57'	38°11'	3,70	19°	22°
Formación San José							
4. San Gregorio.....	4	210°23'	27°25'	30°58'	3,80	23°	30°
5. Balneario Kiyú.....	3	260°20'	22°44'	54°28'	2,67	20°	30°
6. Balneario Kiyú Este...	2	159°58'	37°16'	?	0,96	17°	18°
7. Balneario Ordeig.....	6	249°16'	26°55'	49°43'	4,10	18°	28°
8. Mauricio Central.....	3	109°53'	31°04'	?	2,19	22°	30°
9. Mauricio Este (I).....	9	164°40'	29°20'	24°34'	7,50	24°	34°
10. Mauricio Este (II).....	4	260°45'	24°46'	83°55'	3,00	19°	28°
Resultantes regionales							
Formación Kiyú.....	18	14°23'	2°51'	—	1,93	17°	—
Formación San José.....	31	208°26'	36°57'	—	4,90	22°	—

En la Formación Kiyú se efectuaron de 4 a 9 mediciones correspondientes a 3 estaciones, y en San José de 2 a 13 mediciones pertenecientes a 6 estaciones. La ubicación de las estaciones aparece registrada en el mapa de paleocorrientes (fig. 11).

El método estadístico de Fischer (1953) —aplicado por Steinmetz (1962) a problemas de mediciones de estructuras entrecruzadas— que procesa los datos tridimensionales directamente formando un círculo de confianza alrededor del vector resultante, ha sido utilizado en este trabajo con excelentes resultados. En todos los casos se procedió a corregir la declinación magnética del lugar (-2°); además, debido al reducido valor de buzamiento regional (prácticamente horizontal), no se ha corregido ese valor.

Interpretación de los resultados

La base para la interpretación de los resultados es que el vector resultante de cada estación —en última instancia el vector resultante también— señala el sentido en que se movieron las corrientes que depositaron los sedimentos (Teruggi, 1964).

La tabla XI, confeccionada en base a los datos elaborados, consigna en el orden dado, ubicación y número asignado a cada estación, número de mediciones (N) efectuadas, los valores de A y D del vector resultante, el valor angular del radio del círculo de confianza (Θ), la magnitud (R) del sector resultante y los buzamientos promedio y máximo de las láminas o capas frontales. Algunos de estos datos, entre ellos A, D y Θ figuran en la figura 11. El vector resultante regional para Kiyú y San José, también se calculó con el método de Fischer (1953) y está señalado con flecha grande.

Análisis de los vectores azimutales. De acuerdo con los resultados obtenidos, las corrientes que han depositado los sedimentos de Kiyú (reultante regional) fluyeron con rumbo septentrional ($14^{\circ} 23'$), en tanto que en San José se dirigieron hacia el cuadrante Sudoeste ($208^{\circ} 26'$). Los valores promedio de círculos de confianza son, por lo común, más grandes para San José (62°) que para Kiyú (36°), indicando una mayor variabilidad de las corrientes para San José, vale decir que han actuado en más de un sector. Los altos valores de Θ en las estaciones Kiyú Este y Pajas Blanca, que son mayores de 90° , se deben a un problema de índole estadística (pocos datos y dispersos).

Con respecto a la disposición de las estructuras entrecruzadas medidas se advierte, en el caso de la Formación San José, un doble agrupamiento en los cuadrantes Sudoeste y Sudeste en los afloramientos correspondientes a la sección superior a lo largo de las barrancas de San Gregorio y Mauricio. Estas orientaciones preferidas también han sido observadas en la estación Mauricio Este en grupos de estratos pertenecientes a la sección superior (164° en las barrancas) y a la sección inferior (260° , en las restingas actuales). La causa de esta distribución es desconocida, pero creemos que aquella pueda descubrirse al encarar el estudio integral de la barranca de Mauricio.

En cuanto a la Formación Kiyú, dadas las características de los afloramientos, sólo hemos podido reconocer con seguridad una orientación definida de las estructuras internas del sector playa-barranca actual, en dirección Noreste-Este. La causa de esta disposición no es bien conocida; sin embargo, caben dos posibilidades: *a)* que las estructural se hayan formado en la playa frontal y reflejen cambios en el perfil de equilibrio de las mismas, y *b)* génesis eólica, basada en la suposición de que los vientos soplaron durante la depositación de los sedimentos de Kiyú en la misma dirección (frecuencia predominante) que lo hacen actualmente.

La pobre conservación de las estructuras de Kiyú en las restingas no ha permitido efectuar buenas mediciones, por lo que el doble agrupamiento advertido —al norte-Noroeste y Sudoeste-Sud— en la estación n° 2 (San Gregorio), no ha sido interpretado debido a lo problemático de los resultados que se obtengan.

Análisis de los buzamientos. El examen de los valores angulares de buzamiento de las láminas o capas frontales permite (Teruggi, 1964) conocer la intensidad y naturaleza del movimiento del agente de transporte, que puede ser ácuico o eólico. Los valores menores de 10° no

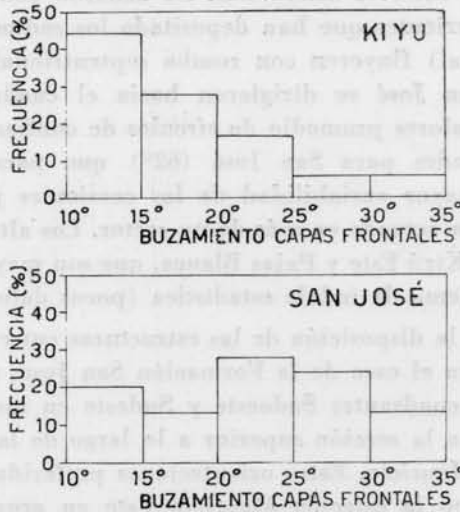


Figura 12

fueron considerados, ya que si bien constituyen un buzamiento inicial, según Pettijohn (1957), no corresponden a una verdadera estratificación entrecruzada.

Los valores de inclinación mínimo (10°) y máximo (35°) han sido medidos tanto en Kiyú como en San José, pero según se advierte en la figura 12, existen notables diferencias en la distribución de los valores de buzamientos intermedios. En Kiyú casi el 89 % de las mediciones corresponden a buzamientos entre 10° y 25° , con un valor modal entre 10° y 15° (44,4 %); asimismo existe una reducida participación de láminas cuyos buzamiento oscila entre $25\text{-}30^\circ$ y $30\text{-}35^\circ$ (5,5 % cada uno). En San José, por el contrario, prácticamente el 100 % de las mediciones corresponden a valores entre 10° y 35° , con

una distribución bimodal; la moda principal se ubica entre 20° y 25° (27,6 %) y la moda secundaria entre 10° y 15° (20,6 %).

Las diferencias anotadas se reflejan además en los valores de buzamientos promedio, que alcanzan a 17° para Kiyú y a 22° para San José. Estos valores promedio son similares a los promedios registrados por otros investigadores en formaciones depositadas en medio ácuco.

La participación aislada de capas (o láminas) frontales inclinadas con altos valores angulares (alcanzan a 35°), en Kiyú y San José, podrían indicar — si nos atenemos a las conclusiones de Baars (1961) — una limitada contribución de sedimentos de génesis eólica en sitios restringidos tanto vertical como horizontalmente.

CONCLUSIONES AMBIENTALES

Las observaciones realizadas han resultado insuficientes para establecer un cuadro completo de las condiciones ambientales existentes durante la sedimentación de las formaciones investigadas en este trabajo, no obstante el análisis conjunto de los datos texturales, mineralógico y de rumbo e inclinación de las capas frontales de las estructuras entrecruzadas ha permitido obtener algunas conclusiones ambientales.

1. Los sedimentos de Kiyú han sido depositados en un ambiente que correspondería al litoral, posiblemente de playa frontal.
2. La sección inferior de la Formación San José — que finaliza con una superficie nivelada — está constituida esencialmente por arcillitas, limolitas y psamitas finas (Barrancas San Gregorio) y refleja un ambiente litoral que podría ser definido como de "mud flat". En la barranca Mauricio la aparición de psamitas de grano mediano parece indicar la existencia de un régimen de sedimentación fluvial anterior a la formación del "mud flat".
3. La sección superior de la Formación San José, integrada por psamitas medianas hasta conglomerádicas asociadas con pelitas subordinadas, marca la iniciación de un régimen continental de tipo fluvial.
4. Las condiciones climáticas parecen haber sido uniformes durante la sedimentación de Kiyú y San José, ya que el material clástico que constituye los sedimentos — procede del ba-

samento local— no muestra cambios significativos en sus caracteres generales.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J. R. L. 1963. *The classification of cross-stratified units, with notes on their origin.* — *Sedimentology*, vol. 2, n° 2, pp. 93-114.
- ANDREIS, R. R. 1966. *Análisis de una muestra de la sedimentita de las Barrancas de San Gregorio (R. O. del Uruguay) en la que se hallaron incluidos los restos de *Cardiatherium Talicei* (Francis y Mones, 1965).* — *Kraglieviana*, en *Rev. Fac. Hum. y Ciencias* n° 22, p. 227-231, Univ. Rep., Montevideo.
- BAARS, D. L. 1961. *Permian blanket sandstones of Colorado Plateau.* in *Geometry of sandstone bodies.* Simposio A. A. P. G., pp. 179-207, Oklahoma, USA.
- BAGNOLD, R. A. 1941. *The physics of blown sand and desert dunes.* — London; Methuen & Co., 265 p.
- BLATT, H. y CHRISTIE, J. M. 1963. *Undulatory extinction in quartz of igneous and metamorphic rocks and its significance in provenance studies of sedimentary rocks.* — *Jour. Sed. Petr.* vol. 33, pp. 559-579.
- BOTVINKINA, L. N. 1959. *Morphological classification of bedding in sedimentary rocks.* — *Izvestiya Akad. Scien. U. R. S. S., Geol. Series*, t. 6, pp. 13-30 (traducción al inglés por Amer. Geol. Inst.).
- CAORSI, J. H. y GONI, J. C. 1958. *Geología Uruguaya.* — *Inst. Geol. del Uruguay Bol.* n° 37, Montevideo.
- CASTELLANOS, A. 1948. *Sedimentos neógenos del SW del Uruguay (Nota preliminar).* — *Publ. Inst. Fisiogr. y Geol. Univ. del Litoral, Ser. Tecn. Cientif.*, n° 34, pp. 1-35, Rosario.
- CONOLLY, J. R. 1965. *The occurrence of polycrystallinity and undulatory extinction in quartz in sandstones.* — *Jour. Sed. Petr.*, vol. 35, n° 1, pp. 116-135.
- DODGE, C. F. 1965. *Genesis of an Upper Cretaceous offshore bar near Arlington, Texas.* — *Jour. Sed. Petr.*, vol. 35, n° 1, pp. 22-35.
- ETCHICHURY, M. C. y REMIRO, J. R. 1963. *La corriente de Malvinas y los sedimentos pampeano-patagónicos.* — *Com. Mus. Arg. «Bernardino Rivadavia», Cienc. Geol.*, t. I, n° 20, pp. 1-11.
- FISCHER, R. A. 1953. *Dispersion on a sphere.* — *Proc. Roy. Soc. London, Ser. A*, vol. 217, pp. 295-306.
- FRANCIS, J. C. y MONES, A. 1965 a). *Sobre el hallazgo de «*Cardiatherium Talicei*» n. sp. (Rodentia, Hydrochoeridae) en Playa Kiyú, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay.* *Kraglieviana*, t. I, n° 1, pp. 1-34, Montevideo.
- 1965. b). *Contribución a la geología y paleontología de las barrancas de San Gregorio, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay.* *Kraglieviana*, t. I, n° 2, pp. 55-85, Montevideo.
- 1966. *Nota adicional al estudio de las Formaciones Kiyú y San José, Departamento de San José, República Oriental del Uruguay.* — *Kraglieviana*, en *Rev. Fac. Hum. y Ciencias Univ. Rep.* n° 22, p. 147-153, Montevideo.

- FRIEDMAN, C. M. 1961. *Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics.* — Jour. Sed. Petr., vol. 27, pp. 3-26.
- 1962. *On sorting, sorting coefficients, and the log-normality of grain-size distribution of sandstones.* — Jour. Geol., vol. 70, pp. 737-753.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. y TERUGGI, M. E. 1952. *Léxico sedimentológico.* — Publ. Ext. Cult. Dieat., Inst. Nac. Inv. Cienc. Nat., Bs. As., n° 6, 104 p.
- HATCH, F. H., et al. 1938. *The petrology of the sedimentary rocks.* London, G. Allen & Unwin, 383 p.
- HJULSTROM, F. 1939. *Transportation of detritus by moving water.* in Recent Marine Sediments, Amer. Assoc. Petr. Geol., p. 5.
- HUBERT, J. F. 1960. *Petrology of the Fountain and Lyons Formations, Front Range, Colorado.* — Colorado School Mines, Quart. Jour., n° 1, 242 p.
- KELLER, W. D. y LITTLEFIELD, R. F. 1950. *Inclusions in the quartz of igneous and metamorphic rocks.* — Jour. Sed. Petr., vol. 19, pp. 74-84.
- KRAGLIEVICH, L. 1932. *Nuevos apuntes para la geología y paleontología del Uruguay.* — An. Mus. Hist. Nat. Montevideo, Ser. II, t. III, entrega 3°, 65 p., Montevideo.
- KRUMBEIN, W. C. y SLOSS, L. L. 1959. *Stratigraphy and Sedimentation.* 497 p., Wt H. Freeman & Co, San Francisco, USA.
- MCKEE, E. D. 1940. *Three types of cross-lamination in Paleozoic rocks of northern Arizona.* — Am. Jour. Sci., vol. 238, pp. 811-824.
- 1957. *Primary structures in some Recent sediments.* — Bull. Am. Assoc. Petr. Geol., vol. 41, pp. 1704-1747.
- MILLOT, G. 1964. *Géologie des argiles.* Masson & Cie., París, 499 p.
- MILNER, H. B. 1962. *Sedimentary Petrography.* 2 tomos. G. Allen & Unwin Ltd., London.
- NANZ, R. H. 1954. *Genesis of Oligocene sandstone reservoir, Seelingson field, Jim Wells and Kleberg Counties, Texas.* — Bull. Am. Assoc. Petr. Geol., vol. 38, p. 108
- NIGGLI, J. 1938. *Zusammensetzung und der Klassifikation der Lockergesteine.* — Schweiz. Archiv. f. angewandte Wiss. u. Tech., vol. 4.
- PACKHAM, G. H. 1954. *Sedimentary structures as an important factor in the classification of sandstones.* — Am. Jour. Sci., vol. 252, n° 8, pp. 466-476.
- PASSEGA, R. 1957. *Texture as characteristic of clastic deposition.* — Bull. Am. Assoc. Petr. Geol., vol. 41, n° 9, pp. 1952-1984.
- PELLETIER, B. R. 1958. *Pocono paleocurrents in Pennsylvania and Maryland.* — Bull. Geol. Soc. Am., vol. 69, pp. 1043-64.
- PETTIJOHN, F. J. 1957. *Sedimentary rocks.* 2nd. Ed., Herper & Bros., New York, USA. 718 p.
- POOLE, F. G. y WILLIAMS, G. A. 1956. *Dirección de transporte de los sedimentos que constituyen las formaciones triásicas y asociadas de la meseta de Colorado.* — Actas Conf. Int. util. energía atom., vol. VI, Geol. uranio y torio; Ginebra 1955, pp. 379-383.
- POTTER, P. E. y PETTIJOHN, F. J. 1963. *Paleocurrents and Basin analysis.* vi, 296 p., Springer Verlag, Berlin.
- POWERS, M. C. 1953. *A new roundness scale for sedimentary particles.* — Jour. Sed. Petr., vol. 23, pp. 117-119.

- REICHE, P. 1938. *An analysis of cross-lamination: the Coconino sandstone.* — Jour. Geol., vol. 46, pp. 905-932.
- RIZZINI, A. y PASSEGA, R. 1964. *Evolution de la sédimentation et orogénèse. Vellée du Sauterno, Appenin Septentrional.* in: Bouma, A. H. y Brouwer, A., *Turbidites.* — Developments in Sedimentology n° 3, Elsevier Publ. Co., 264 p.
- RUCHIN, L. B. 1958. *Gründzuge der Lithologie.* — 806 p., Akademie-Verlag, Berlin Oriental (trad. del ruso).
- SANDOR, B. 1930. *Gefügekunde der Gesteine.* — 352 p., Springer, Viena, Austria.
- SCHLEE, J. S. y MOENCH, R. H. 1961. *Properties and genesis of «Jackpile» sandstone, Laguna, New Mexico.* in: *Geometry of sandstone bodies.* — Simposio Am. Assoc. Petr. Geol., pp. 134-150.
- SHROCK, R. R. 1948. *Sequence in layered rocks.* 507 p., McGraw-Hill Book Co, New York.
- STEINMETZ, R. 1962. *Analysis of vectorial data.* — Jour. Sed. Petr., vol. 32, n° 4, pp. 801-812.
- STOKES, W. L. 1953. *Primary sedimentary trend indicators as applied to ore finding in the Carrizo Mt., Arizona and New Mexico.* — U. S. Atomic Energy Comm., RME-3043. 48 pp.
- TERUGGI, M. E. 1962. *Sobre la presencia de analcima sedimentaria en el Chubutiano del Codo del río Senguerr (Chubut).* — Rev. Mus. La Plata, Geol., t. V, pp. 103-817.
- 1964. *Paleocorrientes y paleogeografía de las ortocurcitas de la Serie de La Tinta, provincia de Buenos Aires.* — Com. Inv. Cient. Prov. Bs. As., An., t. V.
- et al. 1957. *Estudio sedimentológico de los terrenos de las barrancas de la zona Mar del Plata-Miramar.* — Rev. Mus. Arg. «B. Rivadavia», Cienc. Geol., t. IV, n° 2, pp. 165-250.
- THOMPSON, W. O. 1937. *Original structures of beaches, bars, and dunes.* — Bull. Geol. Soc. Am., vol. 48, p. 723-752.
- WADELL, R. 1932. *Volume, shape and roundness of rock particles.* — Jour. Geol., vol. 40, pp. 443-451.
- WENTWORTH, C. K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments.* — Jour. Geol., vol. 30, pp. 377-392.
- WILLIAMS, H., TURNER, F. J. GILBERT, C. M. 1955. *Petrography. An introduction to the study of rocks in thin sections.* W. H. Freeman, San Francisco, U. S. A.

Trabajo realizado en la División Mineralogía y Petrografía.

Agosto de 1967.