

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

CATEDRA DE GEOLOGIA

MONTEVIDEO - URUGUAY

CLASIFICACION DE LAS ROCAS LIMOSAS  
DEL URUGUAY

POR

G. ELIZALDE

W. EUGUI



Boletín N° 127

Julio 1973

# CLASIFICACION DE LAS ROCAS LIMOSAS DEL URUGUAY

G. ELIZALDE \* y W. EUGUI \*\*

## CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCION

BASES DE LA CLASIFICACION

MUESTRAS ESTUDIADAS

METODO DE ESTUDIO

## TECNICAS EMPLEADAS:

- 1 — Desagregado.
- 2 — Toma de ensayo.
- 3 — Determinación de carbonatos.
- 4 — Eliminación de carbonatos.
- 5 — Desagregado bajo agua.
- 6 — Dispersión de la arcilla.
- 7 — Decantación y medida de la densidad.
- 8 — Separación de una muestra de fracción arcilla.
- 9 — Lavado y separación de la fracción arena.
- 10 — Secado y pesado de la fracción arena total.
- 11 — Tamizado de la fracción arena.
- 12 — Cálculos.

---

Asistente de la Cátedra de Geología de la Facultad de Agronomía.  
Garzón 780 - Montevideo.

\*\* Ayudante de la Cátedra de Geología de la Facultad de Agronomía.

## DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

## ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA

Lámina L 1  
Lámina L 2  
Lámina L 3  
Lámina L 5  
Lámina L 6  
Lámina L 10  
Lámina L 11  
Lámina L 12  
Lámina L 14  
Muestras Y 3  
Y 11  
Y 59  
Y 75 d  
FBMS  
AL  
SJ  
M

## RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS TEXTURALES

Rocas limosas estratificadas.

Rocas limosas masivas.

Análisis de las características texturales del grupo "a".

Análisis de las características texturales del grupo "b".

Análisis de las características texturales del grupo "c".

DISCUSION DE ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS  
CON LA CLASIFICACION PROPUESTA.

NOMENCLATURA.

ERROR DE MUESTREO.

AGRADECIMIENTOS.

## RESUMEN

Ha sido revisada la nomenclatura de las rocas sedimentarias limosas, pues ocupan extensas áreas del subsuelo de Uruguay. Se concluye que existen deficiencias en los criterios de clasificación, lo que es por otra parte, un problema general a escala internacional. A los efectos de solucionar esa deficiencia para las rocas del Uruguay, se ha desarrollado y experimentado una clasificación macroscópica de las rocas y sedimentos limosos. En base al éxito de esa clasificación durante un período de experimentación de cuatro años, se elaboró el presente trabajo, donde se trata e caracteriza cada uno de los tipos de rocas y se describen 10 muestras correspondientes a dos formaciones permianas y a tres cenozoicas, con distinto grado de litificación. La clasificación propuesta se basa en caracteres estructurales y texturales.

Las características de cada uno de los grupos se han estudiado detalladamente y se expone abundante documentación gráfica. Los métodos de estudio son descritos en forma minuciosa.

Al final, se fundamenta que la clasificación es adecuada para ser utilizada en el trabajo de campo y que las especies litológicas señaladas son consistentes cuando se consideran aspectos relacionados con la génesis de las mismas.

## INTRODUCCION

Las rocas limosas constituyen una de las litologías más importantes de las Formaciones geológicas sedimentarias del Uruguay. Puede estimarse que de los 3.600 m. de sedimentos que constituyen teóricamente la columna estratigráfica, más de 700 m. están formados por rocas limosas. De las 21 Formaciones sedimentarias que actualmente se reconocen en el Uruguay, 8 están constituidas fundamentalmente por estas sedimentitas.

Como es comprensible resulta fundamental disponer de una nomenclatura correcta que facilite las descripciones en el campo, a la vez que permita realizarlas con mayor precisión. Sin embargo, en la realidad ello no ocurre así: las rocas limosas en el Uruguay han sido denominadas de muy diversas maneras y la misma roca ha sido llamada loess, tosca, limo, limo loessoide, loess limoso, loessita, etc. A la inversa, en varios casos, rocas distintas han recibido en el curso de los años el mismo nombre.

Recientemente, pretendiendo establecer orden en este estado de cosas, se hizo una revisión bibliográfica que abarcó desde 1960 a 1968.



A consecuencia de la misma se considera sugestiva la afirmación de RUKHIN (1961, 122), que estudió estas rocas bajo el nombre de *aleurolitas*, indica que su estudio es aún insuficiente.

PETTIJOHN (1963; 378) dice: "En general el estudio de las limolitas ha sido descuidado, no habiéndose intentado ninguna división o clasificación".

Se concluye entonces, que la deficiencia de nomenclatura referida a las rocas limosas, no es un problema exclusivo de la Geología del Uruguay.

RODGERS (1950) señala específicamente que las clasificaciones de rocas sedimentarias no pueden ser universales, es decir no puede en descriptivas y genéticas a la vez. Si se a hacer estudios en ambos sentidos deben emplearse dos clasificaciones diferentes. Sostiene que las clasificaciones de campo deben ser de índole descriptiva. Este autor postula como conveniente reservar las clasificaciones analíticas para ser usadas a posteriori de los estudios de laboratorio.

Pertenciente a este último tipo de clasificaciones se encuentra el trabajo de DOEGLAS (1968). Este autor desarrolla un sistema de índices basados en los valores de  $Q_3$ ,  $M_d$  y  $Q_1$  expresados en unidades Phi. Considera que estos índices tienen una gran ventaja sobre nombres o valores estadísticos. Estima que a través de su empleo es posible la distinción entre depósitos fluviales, eólicos y de costas marinas. Señala, sin embargo, que algunos depósitos fluviales tienen índices de clasificación idénticos a los depósitos de loess.

SCHERMERHORN (1966) se refiere a la nomenclatura de las rocas sedimentarias en las que la fracción limo puede ser importante, pero en las que se encuentra, junto a la fracción fina, una cierta proporción de detritos gruesos no estratificados. Hace un análisis del empleo de los términos: "tillita"; "tilloide" y "aquatillita" así como de sus derivados. Postula que las clasificaciones basadas en el nombre del tamaño de grano dominante (por ej. ruditas, areniscas y lutitas) son clasificaciones cualitativas primarias. Sostiene que las rocas sedimentarias clásticas, no seleccionadas y formadas por detritos que abarcan todo el espectro granulométrico desde la fracción arcilla hasta los cantos, pueden constituir un grupo primario similar. Para ese grupo propone la denominación de MIXTITAS.

Se considera que esa forma de encarar la clasificación de las rocas sedimentarias es positiva.

WASHBURN et al. (1963) y LINK (1966) desarrollan clasificaciones petrográficas de rocas sedimentarias basándose en el empleo de triángulos texturales.

WASHBURN et al. (1963), proponen una clasificación analítica que necesita apoyo de laboratorio para ser exacta, pero que

puede ser empleada en el campo con cierta aproximación. La misma se basa en datos exclusivamente granulométricos.

LINK (1966), hace un análisis crítico de la clasificación de SHEPARD (1954) y propone un nuevo triángulo textural, más detallado en su parte central correspondiente a los sedimentos francos. ("Franco" es usado como el nombre en castellano de la clase textural "sand-silt-clay"). Resulta una clasificación para ser empleada teniendo como base análisis granulométricos de laboratorio.

LEPLAT (1968) es el único trabajo revisado que enfoca una clasificación específica de las rocas limosas. Su enfoque es esencialmente genético y divide a las rocas de este grupo en sedimentos "eluviales", "coluviales" y "aluviales". Dentro de estos últimos distingue entre los transportados eólicamente: loess y los transportados por el agua: limos de inundación. Hace una descripción de las diferentes especies dentro de cada grupo, tomando en cuenta especialmente los depósitos de sedimentos limosos de Francia.

Dentro de la bibliografía específica de este tipo de rocas sedimentarias son muy abundantes los trabajos que enfocan el tema del origen del loess. Este es sin duda uno de los temas que a través del tiempo ha dado lugar a amplias discusiones. Teniendo en cuenta que la génesis de los depósitos limosos es uno de los criterios que más frecuentemente se ha tomado como base para su clasificación ha parecido razonable hacer aquí un análisis somero de algunos de los trabajos más modernos sobre el tema.

OBRUCHEV (1945) distingue en la URSS los siguientes tipos de loess, según sus orígenes y características: a) loess típico o primario (eólico); b) barros arcillosos y arenosos (secundarios).

Estos últimos se han formado por redeposición de loess primarios o por depósitos aluviales o diluviales de grano fino, que han sufrido meteorización o edafización. Menciona que según ciertas teorías cualquier depósito de grano fino puede convertirse en un loess típico por procesos de edafización y meteorización. Es a estos depósitos que denomina "loess secundarios"; las características de este grupo de loess son, en parte, similares a las de los loess típicos o primarios.

PLAISANCE y CAILLEUX (1958) definen el término loess de una manera puramente descriptiva y expresan que son contrarios a la opinión de algunos geólogos que restringen la acepción del término a determinado origen o a cierto porcentaje de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

LUNG (1960) indica que los planos de inundación fluviales son fuente de material detrítico de los depósitos loésicos de

Illinois, Mississippi y Alemania Occidental, así como de buena parte del material constituyente de los loess de Nebraska y Kansas. Desde esas fuentes ha sido extraído por acción del agente eólico el material que luego constituirá el depósito loésico.

CHANG (1961) establece que los loess y rocas similares chinas se han depositado en cinco ambientes de sedimentación diferentes y que varios tipos de depósitos contienen rocas denominadas loess. Los ambientes de sedimentación donde ocurren rocas loésicas son: a) laderas de montañas altas o moderadamente altas; b) taludes meteorizados y depósitos de pie de monte; c) en el piso de cuencas *intermontanas*; d) en planaltos y e) en terrazas de valles. También menciona que los loess se encuentran formando depósitos de loess primarios, taludes y derrumbes, aluviones de corrientes y depósitos eluviales gruesos.

SMALLEY (1966) se refiere en un buen trabajo a los loess glaciales y al origen del cuarzo que compone la mayor parte de su material detrítico. Analiza especialmente la proveniencia y el transporte del detrito dentro de los factores que condicionan la naturaleza del depósito. También indica los parámetros granulométricos entre los que quedan comprendidos los loess y explica esos valores como resultado de la acción de tres valores críticos del tamaño de grado: a) el tamaño de partícula que es más fácilmente levantada por el viento; b) el tamaño de partícula que es transportado más eficientemente en suspensión por el viento y c) el tamaño de partículas en el cual las fuerzas de cohesión se vuelven importantes en un agregado.

SMALLEY y VITA FINZI (1968) consideran diferentes definiciones del término loess, concluyendo que solamente las que hacen énfasis en el aspecto genético son correctas, aunque los caracteres granulométricos, químicos y estructurales resultan imprescindibles para que el referido nombre no se transforme en un sinónimo del término "eólico". También consideran detalladamente el origen y composición de las partículas que componen los loess, poniendo especial énfasis en los depósitos de posible origen desértico.

## BASES DE LA CLASIFICACION

Esta clasificación pretende ser adecuada para el trabajo de campo, por lo que se basa en la determinación macroscópica de algunas características petrográficas. En ese sentido se acep-

tan los fundamentos planteados por RODGERS (1950) en cuanto a que las clasificaciones de campo deben ser descriptivas y no genéticas.

Las bases de la clasificación propuesta en este trabajo son las siguientes:

- Se consideran rocas limosas todas las sedimentitas que tienen su diámetro medio (md) comprendido en la fracción limo (0.062 a 0.004 mm). El entorno textural en que quedan agrupadas estas rocas, puede observarse en la figura N° 1.
- La clasificación se basa en caracteres petrográficos que estén ligados a las condiciones genéticas y determinados por ellas, pero que sean poco modificados durante la diagénesis y resulten fácilmente determinables en el trabajo de campo. Las características elegidas son: la textura y la estructura. Con esas bases se propone el esquema de clasificación expresado a continuación:

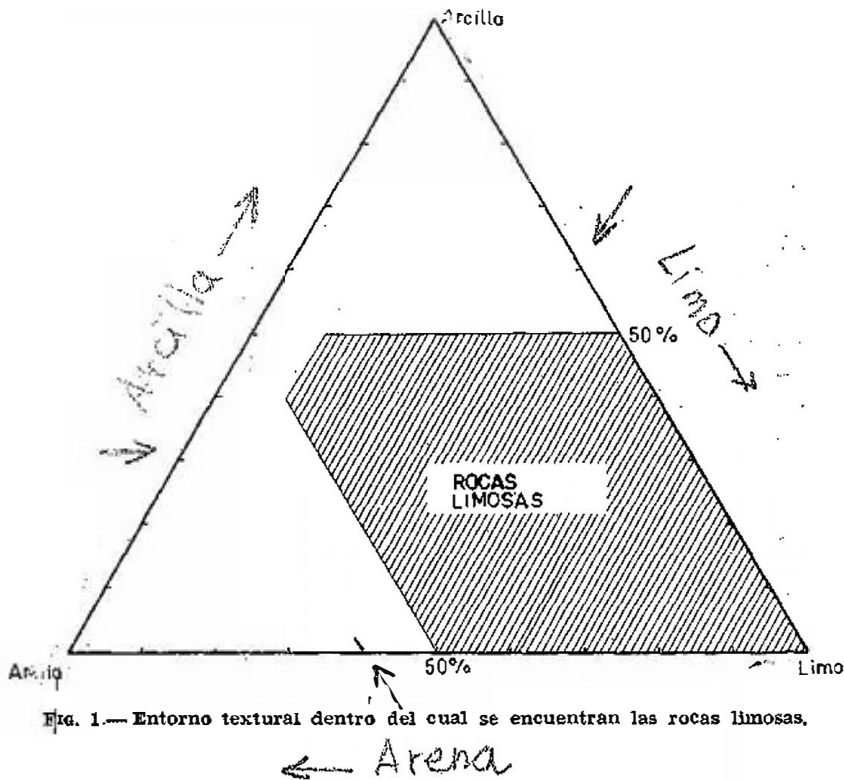


Fig. 1.— Entorno textural dentro del cual se encuentran las rocas limosas.

	<i>Estratificadas</i> .....	<i>Limolitas</i>
ROCAS LIMOSAS (Aleurolitas)	Masivas	a) más del 1 % de arena gruesa selección regular. Casi siempre polimodales. <i>loolitas</i>
		b) menos del 1 % de arena gruesa. Bien seleccionadas. Más de 50 % de fracción limo. <i>loess</i>
		c) menos del 1 % de arena gruesa. Selección regular; menos del 50 % de fracción limo. <i>fangolitas</i>

Dada la granulometría intermedia de las sedimentitas limosas, parece lógico definir dicho grupo de manera tal que comprenda tanto las rocas constituidas fundamentalmente por fracción limo, como a las de textura limo-arenosa y limo-arcillosa. Con ese criterio es que, siguiendo a NIGGLI (1938) (pág. 7 de BONORINO y TERUGGI, 1961) se propone considerar limosos a los sedimentos y sedimentitas cuyo "M<sub>d</sub>" está comprendido dentro de la fracción limo, aunque no estén constituidos predominantemente por esa fracción.

Los sedimentos y sedimentitas con más del 50 % de fracción arcilla o arena no son considerados limosos en este trabajo. Los primeros reciben el nombre genérico de "arcilitas".

(TWHENHOFEL, 1937; PETTIJOHN, 1963; BONORINO y TERUGGI, 1961; RUKHIN, 1961.)

Los segundos constituyen el grupo universalmente aceptado de las "areniscas".

Las características elegidas para subdividir a las rocas limosas, son propiedades estrictamente litológicas, fácilmente determinables en el campo, aún desconociendo la génesis del sedimento o sedimentita observado. Sin embargo la textura y estructura, están fuertemente ligadas a las condiciones de sedimentación, especialmente a las características dinámicas del proceso sedimentario.

El empleo de esta clasificación, en los trabajos de campo llevados a cabo por los integrantes de la Cátedra de Geología de la Facultad de Agronomía, durante los últimos cuatro años,

respaldan la posibilidad de reconocimiento macroscópico cuantitativo de los caracteres texturales, tal como se sostiene en este trabajo.

Debe enfatizarse que esta clasificación pretende facilitar el reconocimiento y la descripción de las rocas en forma macroscópica, durante el trabajo de campo, y no sustituir a los estudios de laboratorio en la caracterización de los sedimentos. Estos estudios deben hacerse en una posterior etapa.

En la clasificación de las rocas sedimentarias se emplean corrientemente otros criterios de suma utilidad, como la composición química y mineralógica o la naturaleza del cemento y grado de litificación de las rocas estudiadas. En el presente trabajo no se toman en cuenta esos criterios porque se considera que no son prácticos para una clasificación macroscópica, que pretende emplearse en el trabajo de campo.

La subdivisión de las rocas pelíticas mediante el empleo de caracteres estructurales, ya ha sido realizada por TWENHOFEL (1937); PETTIJOHN (1963); y BONORINO y TERUGGI (1961), entre otros.

El uso de la presencia o ausencia de estratificación macroscópicamente visible, para la subdivisión de las sedimentitas limosas es, en el Uruguay, donde existen pocas rocas hemimetamórficas de secuencia pelítica, un criterio sumamente consistente, pues prácticamente nunca puede confundirse estratificación con esquistosidad.

### MUESTRAS ESTUDIADAS

Si bien la clasificación propuesta tiene sus bases en caracteres exclusivamente petrográficos, se pretende que posea validez para los estudios de génesis. Con ese punto de vista, las muestras estudiadas se han reunido en grupos de acuerdo a las Formaciones a las que pertenecen. En este trabajo, se presentan los caracteres texturales y estructurales de 70 muestras.

Las Formaciones que están representadas son las siguientes:

Identificación	Formación	Nº de muestras estudiadas
L	Sedimentos Pelíticos Pre-Yaguari	9
Y	Yaguari	4
FBMS	Fray Bentos	11
AL	Paso del Puerto	6
SJ	Libertad (Depto. de San José)	22
M	Libertad (Depto. de Montevideo)	18

La ubicación general de las muestras en el país, se proporciona en la fig. Nº 2.

Las muestras "Y" y "L" han sido denominadas "lutitas" por diversos autores teniendo en cuenta la frecuente presencia de estratificación (FALCONER, 1931 a y b, 1937; KRAGLIEVICH, 1928 y 1932; LAMBERT, 1941; REY, 1933; SERRA, 1945 y 1946; CAORSI y GOÑI, 1958).

CAORSI y GOÑI (1958), introdujeron el término "silito" para denominar las "lutitas arenosas" tan frecuentes en el Gondwana Uruguayo (Sedimentos Pelíticos Pre-Yaguari y Yaguari).

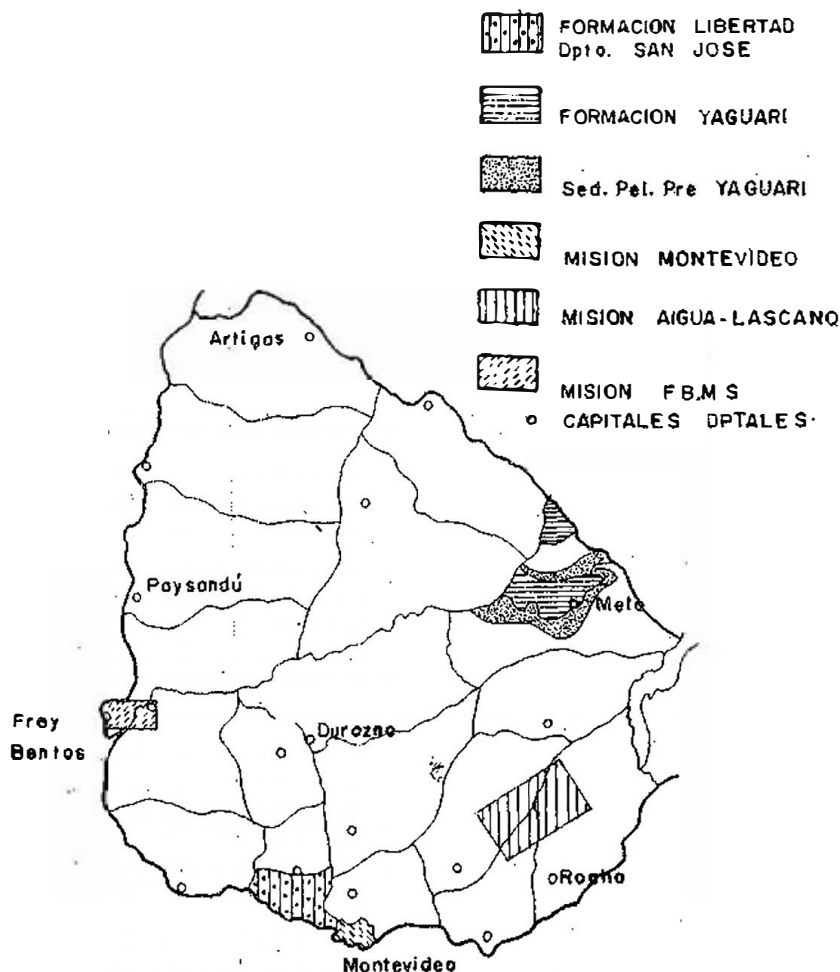


FIG. 2.— Areas de procedencia de las muestras estudiadas.

Las rocas que constituyen la formación *Fray Bentos* (muestras FBMS) han sido denominadas "toscas", "limos", "limo loessoide" y "loess limoso".

En los últimos años las rocas de la formación *Libertad* han recibido el nombre de "loess", a pesar de la relativa heterogeneidad litológica de los sedimentos y sedimentitas de esta Formación.

### METODO DE ESTUDIO

El método de estudio seguido persiguió dos finalidades fundamentales: la determinación de la estructura de las rocas y la caracterización de las muestras desde el punto de vista textural.

Para la determinación de la estructura se procedió al estudio de láminas delgadas de las rocas más litificadas o simplemente al reconocimiento macroscópico de las rocas más friables. En principio, se pretendió discernir las rocas bien estratificadas de las masivas. Cuando se contó con láminas delgadas, se realizó un estudio más minucioso de la estructura. Para la descripción de las estructuras en láminas delgadas se siguió el esquema de STRAKHOV (1957, 106).

Las características texturales se determinaron por medio de análisis granulométricos y fueron las siguientes:

- a) porcentajes de arcilla, limo y arena,
- b) diámetro medio,
- c) diámetro mediano,
- d) selección de la roca,
- e) composición granulométrica de la arena,
- f) porcentaje de arena fina, media y gruesa,
- g) selección de la fracción arena,
- h) modalidad de la fracción arena.

Se emplearon diversas formas de representaciones gráficas tanto para la obtención de los datos ya citados, como para la mejor comprensión de su significado. Las gráficas utilizadas fueron las siguientes:

- histograma integral del sedimento,
- histograma de arcilla, limo y arena,
- curva de % acumulativo de todo el sedimento,
- triángulo textural,
- curvas de % acumulativo de la arena,
- representación en triángulo textural de los % de arena gruesa, media y fina.



Los pasos seguidos para la determinación de los caracteres mencionados fueron abundantes y se enumeran a continuación:

- 1) desagregado en seco,
- 2) toma de ensayo,
- 3) determinación de carbonatos,
- 4) eliminación de carbonatos,
- 5) desagregado bajo agua,
- 6) dispersión de la arcilla,
- 7) decantación y medida de la densidad de la dispersión,
- 8) separación de una muestra de la fracción arcilla,
- 9) lavado y separación de la fracción arena,
- 10) secado y pesado de la arena total,
- 11) tamizado y pesado de la fracción arena,
- 12) cálculos.

#### *Técnicas empleadas*

1) *Desagregado*: El desagregado se realizó sobre superficie de madera o de cartón, presionando las muestras con un rodillo de madera o de vidrio hasta su subdivisión a un tamaño similar a un grano de trigo, homogéneo. Sólo en rocas altamente litificadas se empleó mortero de porcelana, procediendo con sumo cuidado para fracturar lo menos posible la fracción detrítica.

2) *Toma de ensayo*: Sobre la muestra desagregada se investigó la presencia de carbonatos, ensayando con ácido clorhídrico. Las muestras que dieron reacción negativa, pasaron a ser desagregadas bajo agua a partir de una toma de 50 g. Las muestras que dieron reacción positiva pasaron por la etapa de determinación de carbonatos. Luego de realizada la determinación, aquellas muestras que contenían menos de 4 % de carbonatos pasaron directamente al desagregado bajo agua, sin eliminar éstos. Para las rocas que contenían más del 4 % de carbonatos se procedió de manera de que la muestra pesada contuviera exactamente 50 g. de sedimento libre de carbonatos.

3) *Determinación de carbonatos*: La determinación se hizo por método gasométrico, similar al descrito por CAILLEUX y TRICART (1963; 28) midiendo la cantidad de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) desprendida por 2 gr. de sedimento bien molido. Cada determinación se hizo por duplicado. Los cálculos se realizaron suponiendo temperatura y presión normal, sin hacer correcciones, que se consideraron innecesarias debido a la escasa exactitud requerida en esta determinación.

4) *Eliminación de carbonatos*: Las muestras con más del 4 % de carbonato fueron tratadas con ácido clorhídrico. Primero

se hizo la toma de ensayo de manera que la misma contuviera 50 g. de sedimento libre de carbonatos. La toma pesada se colocó en vasos de Bohemia de 1 lt. y se cubrió con 1 ó 2 cm. de ácido clorhídrico diluido, agitando con varilla de vidrio para facilitar la reacción y evitar la formación de mucha espuma. Se trató de agregar un pequeño exceso para lograr que la eliminación fuera completa, pero evitando el empleo de ácido clorhídrico en demasía. El sedimento se dejó en esas condiciones durante 6 a 24 horas, hasta que no se desprendieron más burbujas.

Una vez logrado eso, llenóse el vaso con agua destilada y se dejó decantar hasta que el líquido sobrante estuviera limpio. Este se eliminó derramándolo o por sifonado. Luego se rellenó otra vez el recipiente con agua destilada y se repitieron las operaciones tantas veces como fuera necesario hasta llegar a  $\text{pH} = 6$ .

5) *Desagregado bajo agua*: Cuando se hubo eliminado el carbonato o luego de hecha la toma de ensayo, se colocó la muestra en una cápsula de porcelana grande y se completó el desagregado apretando el sedimento entre los dedos, bajo agua. Se procuró que los granos detríticos individuales quedaran independientes. La operación se controló por pequeñas muestras extraídas con pipeta y observadas al microscopio.

Las muestras fuertemente litificadas, fueron tratadas con agua y calentadas en baño de arena a temperatura próxima a la ebullición. Se mantuvieron en este tratamiento durante un tiempo suficientemente prolongado como para que cediera la litificación y se pudieran desagregar con los dedos.

6) *Dispersión de la arcilla*: La muestra bien desagregada se colocó en una batidora de 3.000 rpm., se le agregó 5 cc. de oxalato de amonio y 5 cc. de silicato de sodio. Se batió durante 30 m. Sólo excepcionalmente se repitió esta operación.

7) *Decantación y medida de la densidad*: Las muestras dispersas se colocaron en probetas Bouyoucos y se enrasó con agua destilada al nivel del enrase de 1000 cc. Se agitó la dispersión hasta homogeneizarla y de inmediato se dejó decantar durante tiempos preestablecidos, medidos con cronómetro. Las lecturas se realizaron en los siguientes tiempos de sedimentación: 1 min., 10 min., 100 min. y 10 horas. Para medir la densidad se utilizó un densímetro común, graduado a  $20^{\circ}\text{C}$ .

Se considera que luego del primer minuto han decantado las partículas mayores a los 0,05 mm.; luego de 10 min., han decantado las partículas mayores a 0,02 mm.; a los 100 min., sólo quedan en suspensión partículas menores a 0,005 mm. y pasadas las 10 h. sólo permanecen en suspensión las partículas menores a 0.002 mm.

Los tiempos de la 1ª, 3ª y 4ª lecturas fueron tomadas de CHEN, C. T. y M. HUA 1947 que estudiaron la posibilidad de emplear densímetros comunes en sustitución e ensímetros

Bouyoucos. La 2ª lectura fue introducida por nosotros y calculada gráficamente.

Simultáneamente a cada medida de densidad, se midió la temperatura de la dispersión para hacer las correcciones pertinentes. Con las lecturas de las densidades corregidas se determinó, por medio de una tabla extraída de CHEN, C. T. y M. HUA (1947) los % de los materiales en suspensión en cada momento.

Restando los porcentajes determinados de 100, se obtuvo una serie acumulativa que expresá la granulometría de la parte fina de la roca. El error experimental de esas medidas se calculó en  $\pm 1\%$ .

8) *Separación de una muestra de fracción arcilla:* Inmediatamente después de realizada la última lectura se separó por sifonado la mayor parte de la suspensión, constituida por partículas menores a 2 micras. La suspensión sifonada, se recogió en un vaso de Bohemia y se flocló la arcilla con unas gotas de ácido clorhídrico diluido, se eliminó el líquido sobrenadante y la muestra de arcilla se guardó para posteriores determinaciones.

9) *Lavado y separación de la fracción arena:* Luego de separada la muestra de arcilla se procedió a lavar la fracción arena, eliminándole toda la arcilla y limo que la impurificaban. Ello se logró sifonando cada 15 m. los 30 cm. superiores de una dispersión integrada por el sedimento en estudio y agua destilada, que se homogeneizó perfectamente al comenzar a medir el tiempo. Generalmente, luego de 6 a 10 sifonados se obtuvo la fracción mayor a 0.02 mm. íntegra y exenta de limo fino y arcilla.

10) *Secado y pesado de la fracción arena total:* El sedimento separado por sifonado contiene a toda la fracción arena más el limo grueso comprendido entre 0.062 y 0.02 mm. Ese sedimento fue colocado en cápsulas de porcelana y secado en estufa. Una vez seco, se pesó en balanza de precisión.

11) *Tamizado de la fracción arena:* El material anterior seco y pesado, fue tamizado por una serie de mallas de las siguientes medidas: 0.05 mm., 0.10 mm., 0.25 mm., 0.5 mm., 1.0 mm. y 2.0 mm. El tamizado se realizó en agitador mecánico, durante 30 m. Cada fracción separada se pesó en balanza de precisión.

Cada una de las pesadas realizadas multiplicada por dos, constituye el porcentaje en que cada fracción se encuentra en el sedimento. En base a esas cifras se determinaron los porcentajes acumulativos que expresan la composición granulométrica de la parte más gruesa de la roca.

12) *Cálculos:* Los porcentajes acumulativos que indican la cantidad de sedimento mayor a 0.05 mm. y a 0.02 mm., han sido obtenidos por los dos métodos empleados (Bouyoucos y sifonados)

y normalmente dan cifras que discrepan hasta en un 10 %. En este trabajo se considera que ninguno de los valores es el exacto y que el porcentaje verdadero debe ser un valor intermedio. Se empleó, entonces, el promedio entre ambos.

Con los porcentajes acumulativos resultantes se construyó una curva para cada muestra, empleando una plantilla de curvas o regla francesa.

De las curvas de % acumulativos y por proyección desde las abscisas, se determinaron los porcentajes de sedimento que existe entre cada intervalo de la escala de WENTWORTH. También se determinaron los valores en mm. y en valores  $\phi$  que corresponden a  $Q_1$  (25 %),  $Md$  (50 %) y  $Q_3$  (75 %).

Las curvas de % acumulativo de cada uno de los grupos de muestras estudiadas, se proporcionan en las figuras 3 a 8.

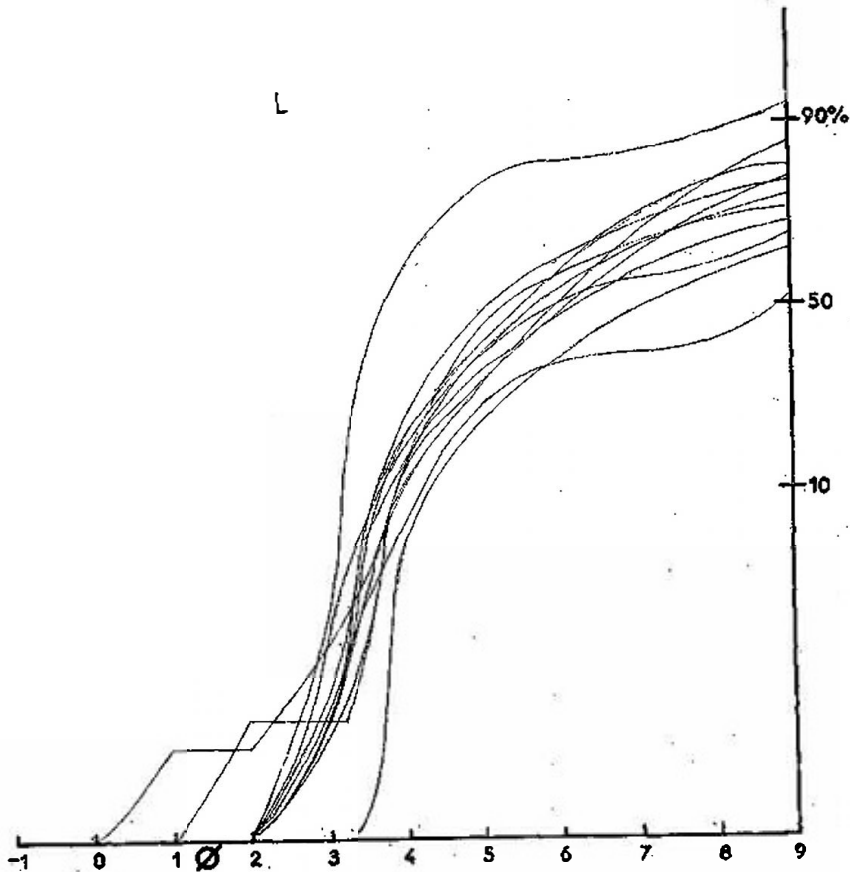


FIG. 3.—Curvas de porcentajes acumulativos de las muestras (L).

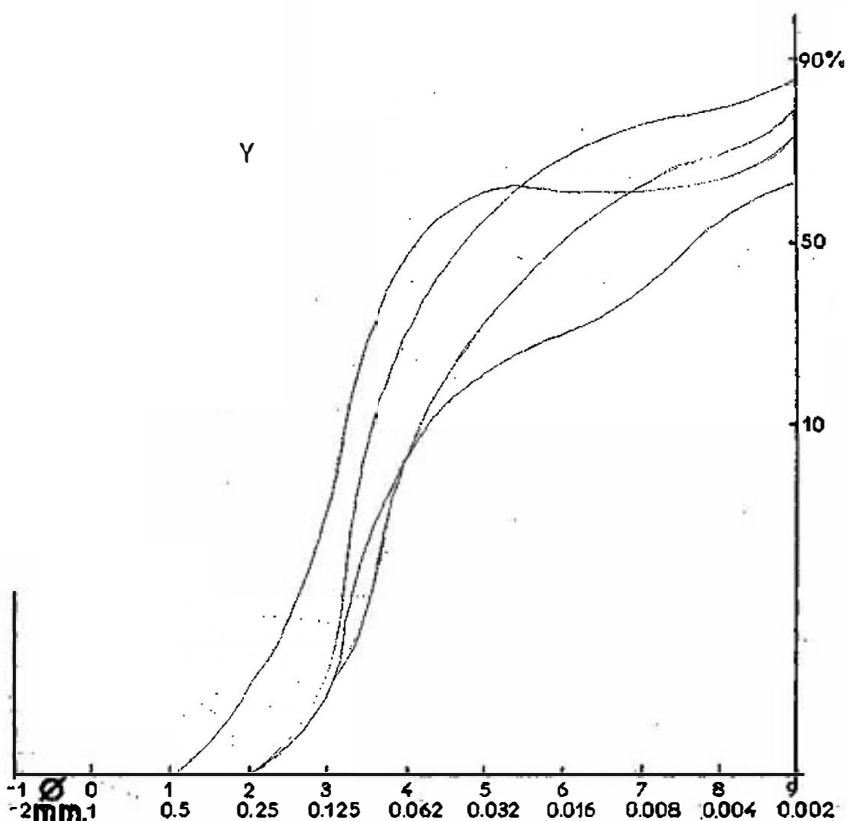


FIG. 4.—Curvas de porcentajes acumulativos de las muestras de las formación Yaguari (Y).

Con los porcentajes de sedimento existentes en cada intervalo de la escala WENWORTH se confeccionaron los histogramas de las muestras. Los histogramas completos de cada muestra y los que visualizan los % de arena, limo y arcilla se representan en las figuras 9 a 14.

En las tablas Nº 1, 2 y 3, se presentan los datos granulométricos de cada una de las muestras estudiadas.

## DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

### *Estudio de la estructura*

Se hicieron láminas delgadas de las muestras L1, L2, L3, L5, L6, L10, L11, L12 y L14.

TABLA Nº 1

Denominación prop uesta	Muestra	Md (mm)	So	% arena	% limo	% arcil la	M $\phi$
Límolita	L 1	0.030	3.42	19.5	56.9	23.6	—
Límolita	L 2	0.018	3.83	10.0	63.0	27.0	—
Límolita	L 3	0.013	—	14.0	53.0	33.0	—
Límolita	L 5	0.016	2.44	10.5	70.5	19.0	6.35
Loess	L 6	0.005	—	4.7	52.9	42.4	—
Límolita	L 10	0.014	3.00	12.0	63.0	25.0	—
Límolita	L 11	0.026	4.84	11.5	60.0	28.5	—
Límolita	L 12	0.016	—	15.0	45.7	39.3	—
Límolita	L 14	0.021	2.79	17.3	63.4	19.3	6.48
Límolita	Y 3	0.005	—	6.2	50.8	43.0	—
Límolita	Y 11	0.036	2.17	23.0	60.0	17.0	6.06
Fangolita	Y 59	0.058	6.60	45.5	23.3	31.2	—
Límolita	Y 75 d	0.016	3.04	6.8	68.2	25.0	—
Loess	FBMS 4b	0.033	2.66	31.5	53.5	15.0	5.70
Lodolita	FBMS 7	0.050	3.52	42.0	40.2	17.8	5.66
Fangolita	FBMS 15	0.050	3.23	43.6	40.4	16.0	5.56
Lodolita	FBMS 18	0.062	2.43	49.5	37.8	12.7	5.08
Lodolita	FBMS 19	0.062	4.38	49.8	28.2	22.0	—
Fangolita	FBMS 20	0.058	3.33	47.5	37.1	15.4	5.43
Fangolita	FBMS 23	0.050	3.33	42.5	39.9	17.6	5.59
Fangolita	FBMS 24	0.036	3.56	34.0	45.8	20.2	6.06
Fangolita	FBMS 28	0.020	3.33	30.0	49.8	20.2	6.26
Fangolita	FBMS 42	0.023	3.77	34.0	43.2	22.8	—
Lodolita	M 13	0.054	1.82	36.0	49.5	14.5	6.52
Lodolita	AL at 28	0.058	3.43	48.5	38.5	15.0	4.43
Lodolita	AL jb 33b	0.017	3.80	17.0	55.5	27.5	—
Lodolita	AL at 34b	0.010	—	8.5	53.0	38.5	—
Lodolita	AL jb 33a	0.008	—	21.2	38.8	40.0	—
Lodolita	AL jb 26	0.010	—	16.0	44.2	39.8	—
Lodolita	AL jb 25	0.018	4.24	21.0	51.7	27.3	—
Loess	SJ 1	0.024	3.08	7.6	68.4	24.0	—
Loess	SJ 4	0.009	—	3.2	54.7	42.1	—
Loess	SJ 9	0.018	4.37	3.9	69.6	26.5	—
Loess	SJ 12	0.015	—	8.3	59.7	32.0	—
Fangolita	SJ 17	0.005	—	6.6	46.3	47.1	—
Loess	SJ 18	0.010	—	8.3	55.2	36.5	—
Fangolita	SJ 25	0.013	—	20.9	46.0	33.1	—
Loess	SJ 38	0.018	3.30	20.0	59.0	21.0	—
Lodolita	SJ 41	0.017	—	20.8	43.2	36.0	—
Lodolita	SJ 43	0.011	—	12.0	45.5	42.5	—
Lodolita	SJ 45	0.011	—	6.2	54.8	39.0	—
Loess	SJ 47	0.013	—	7.3	57.7	35.0	—
Fangolita	SJ 48	0.020	—	14.7	48.6	36.7	—
Lodolita	SJ 49	0.017	—	10.0	56.3	33.7	—
Loess	SJ 51 inf.	0.028	3.30	16.7	60.8	22.5	—
Loess	SJ 52	0.009	—	5.7	57.3	38.0	—
Loess	SJ 55	0.012	—	9.0	53.3	37.7	—
Loess	SJ 57	0.012	—	10.5	52.1	37.4	—
Loess	SJ 58	0.013	—	8.0	57.0	35.0	—
Loess	SJ 59	0.021	3.43	4.7	74.3	21.0	—
Loess	SJ 60	0.017	—	8.1	63.9	28.0	—
Loess	SJ 64	0.012	—	2.9	61.1	36.0	—

TABLA Nº 1 (continuación)

Denominación propuesta	Muestra	Md/mm	So	% arena	% limo	% arcilla	M/o
Lodolita	M 1	0.019	—	30.8	37.0	32.2	—
Lodolita	M 3	0.019	—	21.5	41.5	37.0	—
Lodolita	M 4	0.021	—	16.5	48.7	34.8	—
Loess	M 5	0.019	—	15.5	49.5	35.0	—
Lodolita	M 6	0.031	—	22.8	43.1	34.1	—
Loess	M 7	0.023	5.30	15.0	50.5	34.5	—
Lodolita	M 8	0.036	7.00	38.5	35.0	26.5	—
Loess	M 9	0.026	—	16.5	54.2	29.3	—
Loess	M 10	0.023	—	12.5	56.3	31.2	—
Lodolita	M 12	0.021	—	18.0	48.9	33.1	—
Fangolita	M 14	0.023	—	18.0	48.0	34.0	—
Loess	M 15	0.029	3.00	25.0	55.6	19.4	6.33
Lodolita	M 16	0.030	6.00	35.0	35.0	30.0	—
Lodolita	M 18	0.016	—	15.5	48.1	36.4	—
Loess	M 19	0.020	—	12.5	51.5	36.0	—
Fangolita	M 20	0.014	—	19.5	38.9	41.6	—
Loess	M 21	0.030	3.00	18.5	60.7	20.8	6.31
Loess	M 22	0.024	2.17	17.7	50.8	31.5	—

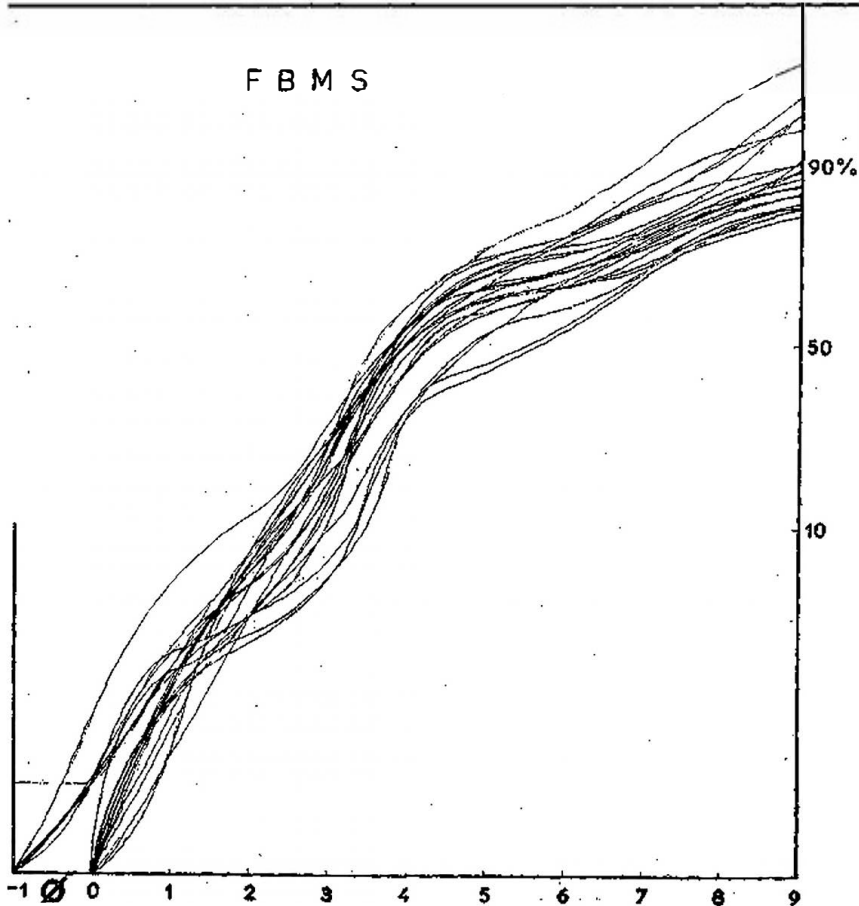


FIG. 5.—Curvas de porcentajes acumulativos de las muestras de la formación Fray Bentos (FBMS).

TABLA Nº 2

Muestra	>2	1-2	0.5-1	0.25-0.5	0.12	0.06	0.03	0.016	0.008	0.004	0.002	<0.002	Denominación	Nº de clases texturales con más de 1 %
L 1	—	—	—	—	19.	28.	14.	9.	6.	4.	20.	Limolita	7	
L 2	—	—	—	1	9.	28.	17.	12.	8.	5.	23.	Limolita	7	
L 3	—	—	—	—	14.	17.	15.	13.	9.	5.	28.	Limolita	7	
L 3	—	—	—	—	10.	19.	22.	18.	12.	6.	13.	Limolita	7	
L 6	—	—	—	—	5.	16.	16.	12.	10.	7.	35.	Loess	7	
L 10	—	—	—	—	12.	18.	18.	16.	11.	7.	18.	Limolita	7	
L 11	—	—	—	—	11.	32.	15.	8.	6.	4.	25.	Limolita	7	
L 12	—	—	—	1.	14.	21.	15.	7.	4.	7.	32.	Limolita	7	
L 14	—	—	—	—	17.	21.	19.	15.	9.	3.	16.	Limolita	7	
Y 3	—	—	—	—	6.	12.	9.	12.	18.	11.	32.	Limolita	7	
Y 11	—	—	—	—	28.	33.	15.	8.	4.	4.	13.	Limolita	7	
Y 59	—	—	—	3.	43.	20.	2.	1.	1.	8.	23.	Fangolita	8	
Y 75 d	—	—	—	—	7.	22.	22.	16.	9.	8.	17.	Limolita	7	
FBMS 4 b	—	—	—	—	3.	27.	15.	11.	7.	4.	11.	Loess	9	
FBMS 7	—	—	1.	1.	3.	28.	6.	9.	9.	8.	10.	Lodolita	10	
FBMS 15	—	—	1.	3.	10.	16.	7.	8.	7.	3.	13.	Fangolita	9	
FBMS 18	—	—	1.	3.	31.	17.	9.	6.	4.	3.	10.	Lodolita	10	
FBMS 19	—	—	2.	5.	18.	24.	19.	5.	6.	5.	17.	Lodolita	10	
FBMS 20	—	—	1.	6.	17.	26.	11.	8.	6.	4.	11.	Fangolita	9	
FBMS 23	—	—	—	3.	14.	31.	17.	6.	7.	4.	14.	Fangolita	9	
FBMS 24	—	—	1.	5.	13.	24.	17.	9.	8.	6.	15.	Fangolita	9	
FBMS 28	—	—	1.	2.	7.	24.	20.	8.	9.	5.	15.	Fangolita	9	
FBMS 42	—	—	1.	1.	3.	25.	13.	12.	11.	5.	18.	Fangolita	9	
M 13	—	—	1.	2.	4.	28.	11.	12.	9.	5.	10.	Lodolita	9	
SJ 1	—	—	1.	1.	5.	29.	34.	8.	3.	5.	—	—	7	
SJ 4	—	1.	—	1.	1.	6.	32.	19.	7.	24.	—	—	7	
SJ 9	—	—	—	1.	2.	1.	27.	11.	10.	6.	42.	Loess	7	
SJ 12	—	—	—	—	4.	28.	21.	13.	7.	27.	—	—	7	
SJ 12	—	—	1.	2.	3.	28.	13.	12.	8.	32.	—	—	9	



TABLA Nº 2 (continuación)

Muestra	> 2	1-2	0.5-1	0.25-0.5	0.12	0.06	0.03	0.016	0.008	0.004	0.002	< 0.002	Denominación	Nº de clases texturales con más de 1 %
SJ 17	—	—	—	1.	1.	5.	35.	6.	1.	5.	47.	—	Fangolita	7
SJ 18	—	—	1.	2.	4.	29.	7.	7.	11.	9.	37.	—	Loess	9
SJ 25	—	—	1.	3.2	7.	10.	12.	13.	13.	8.	33.	—	Fangolita	10
SJ 38	—	—	—	—	3.	17.	23.	10.	14.	12.	—	21.	Loess	8
SJ 41	—	—	1.	3.	8.	7.	20.	10.	8.	5.	—	36.	Lodolita	10
SJ 43	—	—	1.	2.	7.	14.	19.	7.	7.	5.	—	43.	Lodolita	10
SJ 45	—	—	1.	1.	1.	4.	21.	17.	10.	7.	—	39.	Loess	8
SJ 47	—	—	1.	1.	1.	6.	33.	16.	12.	7.	—	35.	Loess	7
SJ 48	—	—	1.	3.	12.	22.	16.	16.	7.	5.	—	37.	Fangolita	8
SJ 49	—	—	1.	2.	6.	23.	19.	19.	9.	6.	—	34.	Lodolita	9
SJ 51 inf.	—	—	—	—	16.	30.	14.	14.	11.	7.	—	23.	Loess	7
SJ 52	—	—	—	1.	5.	20.	14.	14.	14.	9.	—	38.	Loess	7
SJ 55	—	—	—	1.	2.	6.	20.	16.	11.	6.	—	38.	Loess	8
SJ 57	—	—	1.	2.	6.	21.	14.	14.	11.	7.	—	37.	Loess	9
SJ 58	—	—	1.	1.	6.	25.	13.	13.	11.	8.	—	35.	Loess	7
SJ 59	—	—	—	—	5.	16.	30.	30.	22.	6.	—	21.	Loess	7
SJ 60	—	—	1.	1.	1.	5.	12.	23.	18.	6.	—	23.	Loess	9
SJ 64	—	—	—	—	3.	15	23.	23.	20.	3.	—	36.	Loess	7

TABLA Nº 2 (continuación)

Muestra	> 5	2-5	1-2	0.5-1	0.25	0.12	0.06	0.03	0.016	0.008	0.004	0.002	< 0.002	Denominación	Nº de clasificaciones textuales con más del 1 %
AL at 28	2.					19.	16.	10.	7.	4.				13. Lodolita	13
AL jb 33d	1.	2.	3.	3.	3.	2.	14.	20.	13.	9.		2.		23. Lodolita	12
AL at 34b			1.	2.	1.	3.	13.	21.	11.	9.		6.		33. Lodolita	11
AL jb 33a			2.	4.	3.	9.	9.	9.	12.	10.		3.		35. Lodolita	11
AL jb 26		1.	1.	1.	3.	2.	14.	13.	10.	8.		5.		35. Lodolita	11
AL jb 25		1.	2.	3.	3.	2.	17.	15.	12.	8.		5.		23. Lodolita	11
M1				1.	4.	12.	14.	12.	9.	6.		2.		31. Lodolita	10
M3				1.	2.	3.	15.	14.	6.	3.		10.		27. Lodolita	10
M4				1.	1.	1.	13.	15.	7.	2.		3.		27. Lodolita	10
M5				1.	1.	1.	25.	14.	8.	3.		9.		26. Loess	7
M6				2.	2.	1.	27.	11.	4.	2.		5.		29. Lodolita	10
M7				1.	1.	1.	28.	15.	6.	2.		10.		24. Loess	7
M8				6.	9.	7.	15.	11.	7.	3.		3.		24. Lodolita	10
M9				1.	5.	1.	31.	12.	3.	4.		1.		28. Loess	7
M10				1.	1.	1.	10.	13.	9.	3.		4.		27. Loess	8
M12				1.	1.	1.	23.	15.	8.	3.		7.		26. Lodolita	7
M14				1.	1.	1.	15.	16.	8.	2.		5.		29. Fangolita	8
M15				1.	1.	2.	22.	17.	11.	7.		4.		15. Loess	8
M16				1.	1.	3.	30.	14.	7.	5.		5.		25. Lodolita	9
M18				2.	1.	1.	22.	13.	8.	3.		2.		34. Lodolita	8
M19						1.	11.	16.	3.	3.		8.		29. Loess	7
M20				1.	1.	1.	17.	10.	6.	4.		4.		38. Fangolita	8
M21						2.	16.	19.	8.	4.		7.		13. Loess	8
M22				1.	1.	1.	16.	16.	7.	2.		3.		24. Loess	7

TABLA Nº 3

Denominación Propuesta	Muestra	% arena fina	% arena media	% arena gruesa	Md arena	So arena
Limolita	L 1	100.0	0.0	0.0	0.09	1.11
Limolita	L 2	99.0	0.0	1.0	0.10	1.06
Limolita	L 3	100.0	0.0	0.0	0.09	1.07
Limolita	L 5	100.0	0.0	0.0	0.09	1.07
Loess	L 6	100.0	0.0	0.0	0.08	1.03
Limolita	L 10	100.0	0.0	0.0	0.08	1.03
Limolita	L 11	98.3	1.8	0.0	0.09	1.07
Limolita	L 12	100.0	0.0	0.0	0.10	1.11
Limolita	L 14	100.0	0.0	0.0	0.08	1.07
Limolita	Y 3	100.0	0.0	0.0	0.09	1.08
Limolita	Y 11	100.0	0.0	0.0	0.09	1.08
Fangolita	Y 59	99.8	0.2	0.0	0.09	1.08
Limolita	Y 75d	100.0	0.0	0.0	0.09	1.08
Loess	FBMS 4b	94.8	3.5	1.9	0.10	1.07
Lodolita	FBMS 7	89.7	7.6	2.6	0.11	1.23
Fangolita	FBMS 15	90.9	7.8	1.2	0.10	1.19
Lodolita	FBMS 18	85.0	10.9	4.0	0.12	1.27
Lodolita	FBMS 19	85.8	11.8	2.2	0.12	1.37
Fangolita	FBMS 20	93.3	5.5	0.4	0.10	1.28
Fangolita	FBMS 23	86.5	11.8	1.7	0.12	1.37
Fangolita	FBMS 24	91.4	6.8	1.8	0.10	1.28
Fangolita	FBMS 28	92.9	4.7	2.3	0.09	1.14
Fangolita	FBMS 42	91.4	5.6	2.9	0.09	1.11
Lodolita	M 13	93.1	3.9	3.1	0.09	1.18
Lodolita	AL at 23	56.0	12.4	31.5	0.19	2.47
Lodolita	AL jb 33b	30.0	15.9	54.1	0.54	2.75
Lodolita	AL at 34b	51.7	16.5	31.8	0.25	2.37
Lodolita	AL jb 33a	57.0	14.0	28.0	0.17	2.47
Lodolita	AL jb 26	66.3	16.3	17.5	0.11	2.00
Lodolita	AL jb 25	60.5	12.4	27.1	0.12	2.47
Loess	SJ 1	85.5	6.6	7.9	—	—
Loess	SJ 4	68.3	24.0	6.2	—	—
Loess	SJ 9	100.0	0.0	0.0	—	—
Loess	SJ 12	60.2	27.7	12.0	—	—
Fangolita	SJ 17	84.8	9.1	6.1	—	—
Loess	SJ 18	68.6	21.7	9.6	—	—
Fangolita	SJ 25	79.8	15.3	4.8	—	—
Loess	SJ 38	100.0	0.0	0.0	—	—
Lodolita	SJ 41	63.7	25.4	5.8	—	—
Lodolita	SJ 43	70.8	16.7	12.5	—	—
Loess	SJ 45	77.4	14.4	8.1	—	—
Loess	SJ 47	84.9	6.9	8.2	—	—
Fangolita	SJ 48	100.0	0.0	0.0	—	—
Lodolita	SJ 49	77.0	10.0	13.0	—	—
Loess	SJ 51 inf.	97.9	0.6	2.4	—	—
Loess	SJ 52	89.5	8.8	1.8	—	—
Loess	SJ 55	86.7	10.0	3.3	—	—
Loess	SJ 57	75.2	15.2	9.5	—	—
Loess	SJ 58	83.8	11.3	5.0	—	—
Loess	SJ 59	100.0	0.0	0.0	—	—
Loess	SJ 60	76.5	17.3	6.2	—	—
Loess	SJ 64	100.0	0.0	0.0	—	—

Tabla Nº 3  
(continuación)

Denominación Propuesta	Muestra	% arena fina	% arena media	% arena gruesa	Md arena	So arena
Lodolita	M 1	81.9	12.4	5.9	0.13	1.41
Lodolita	M 3	81.4	8.8	8.8	0.09	1.47
Lodolita	M 4	83.0	7.3	9.7	0.08	1.23
Loess	M 5	89.7	3.9	6.5	0.09	1.07
Lodolita	M 6	81.7	8.6	11.9	0.08	1.18
Loess	M 7	90.7	4.0	5.3	0.08	1.11
Lodolita	M 8	60.1	22.1	17.9	0.18	2.07
Loess	M 9	67.3	27.3	5.5	0.09	1.84
Loess	M 10	88.0	7.2	4.8	0.09	1.10
Lodolita	M 12	85.6	6.0	9.5	0.09	1.10
Fangolita	M 14	91.2	4.3	4.5	0.09	1.07
Loess	M 15	96.4	2.4	1.2	0.09	1.07
Lodolita	M 16	93.5	3.4	3.2	0.09	1.07
Lodolita	M 18	79.3	3.9	18.8	0.09	1.17
Loess	M 19	90.4	8.2	6.4	0.08	1.07
Fangolita	M 20	91.8	4.1	4.1	0.09	1.07
Loess	M 21	97.4	2.2	0.5	0.10	1.07
Loess	M 22	92.7	2.8	4.5	0.08	1.08

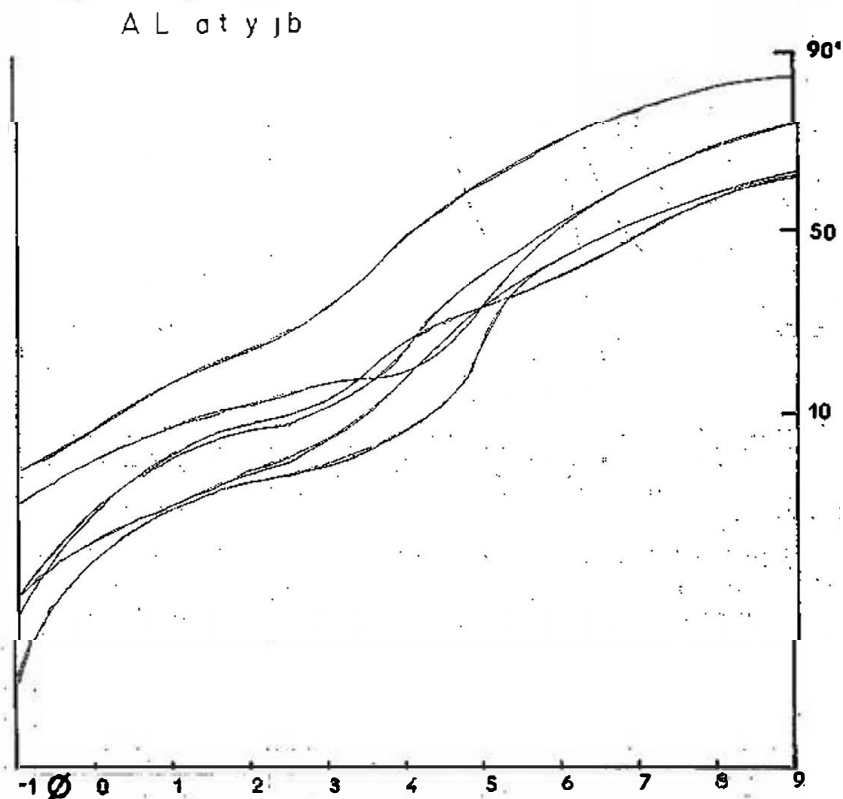


Fig. 6.—Curvas de porcentajes acumulativos de las muestras de la formación Paso del Puerto (AL).

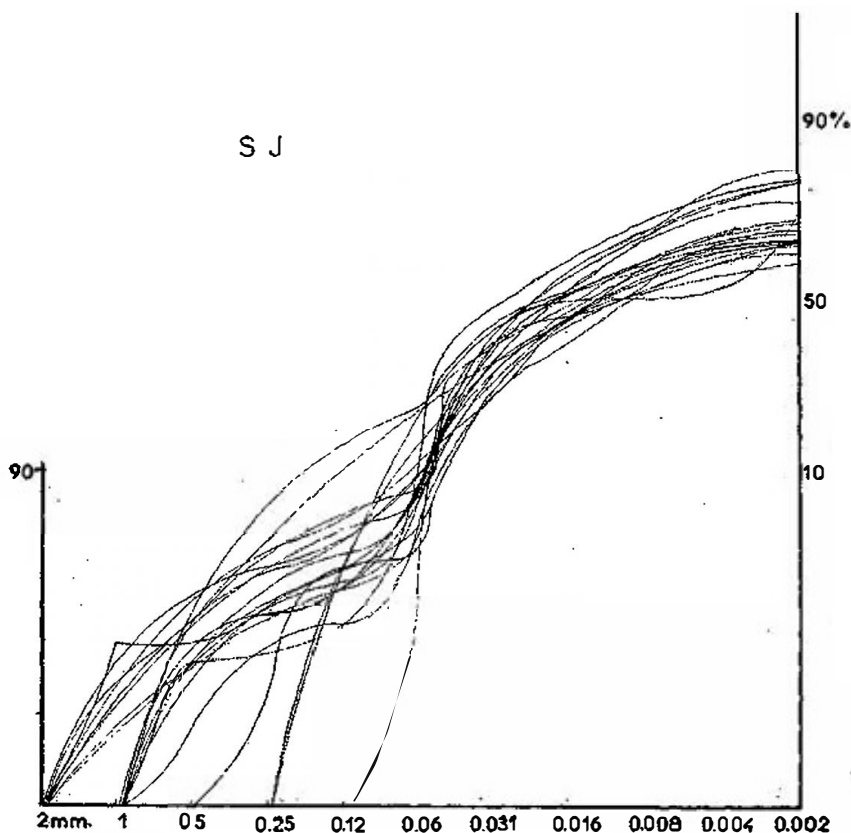


FIG. 7.—Curvas de porcentajes acumulativos de la formación *Libertad* del Departamento de San José (SJ).

Esas láminas se estudiaron en el microscopio petrográfico y en lupa binocular. Las descripciones de las estructuras se brindan a continuación ajustándose al esquema de STRAKHOV (1957, 106).

**Lámina L1.**—La roca presenta estratificación cruzada, probablemente gradacional, con láminas de arena fina que pasan gradualmente a arena muy fina. La gradación es imperfecta. En las zonas más finas se destaca la abundancia de minerales micáceos, dispuestos en forma paralela a las láminas; este mineral se presenta algo flexado. La estratificación es visible por las diferencias en la granulometría, la mineralogía (concentración de mica) y por la diferente cementación de las láminas. Estas son alternadamente calcáreas y no calcáreas, con un espesor individual que oscila entre 0.12 mm a 0.90 mm.

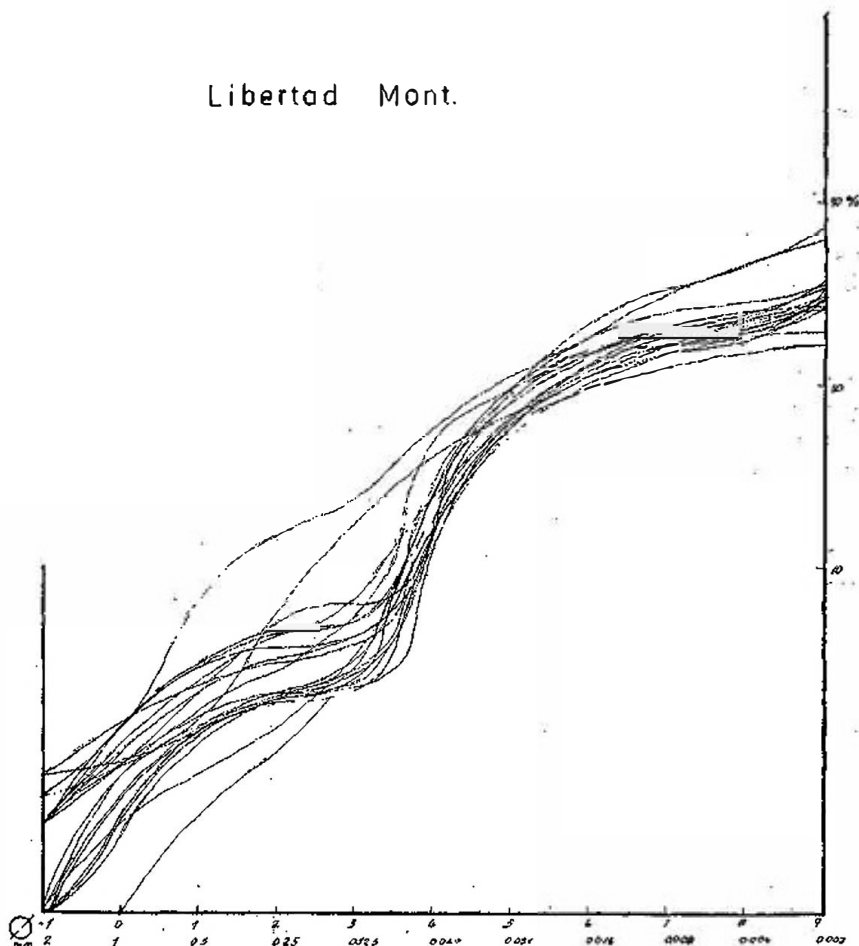


Fig. 8.—Curvas de porcentajes acumulativos de las muestras de la formación Libertad del Departamento de Montevideo (M).

*Lámina L2.*—La roca presenta una destacada estratificación, paralela en un sector y oblicua en otro. Las láminas de estratificación son de dimensiones semejantes y corrientemente contienen entre 10 y 50 camadas de gránulos superpuestos. Las láminas unitarias son rectilíneas, paralelas o confluentes, según la zona de la roca que se considere. El ángulo de confluencia es suave. Los límites son poco nitidos e ininterrumpidos. La composición mineralógica de cada lámina es heterogénea y la selección parece ser mediana. Las láminas se presentan en dos series: rectas y cruzadas. Entre ambas hay un pasaje gradual o muy

poco neto. Aparentemente no hay cambios granulométricos a lo largo ni a través de las láminas. Estas se diferencian por una composición mineralógica algo diferente, con mayor proporción de biotita en algunas de ellas y por el cemento.

*Lámina L3.*— Presenta estratificación con láminas muy poco marcadas, rectilíneas u onduladas, paralelas y confluentes. Aparentemente los límites no son constantes a lo largo de las láminas y se transforman en un pasaje gradual. La composición de cada estrato es heterogénea y la selección de los gránulos que los componen es de regular a buena.

Entre las láminas existe pasaje difuso. Las series de láminas son oblicuas, cuneiformes y corrientemente cruzadas. Todas estas características son muy poco marcadas, por la naturaleza gradual de los bordes que ya ha sido indicada.

*Lámina L5.*— La roca presenta láminas algo onduladas, confluentes, con inclinación suave; los límites entre dichas láminas no son constantes y frecuentemente hay pasaje gradual. La composición es heterogénea y la selección es mala. No es posible, en la muestra estudiada, mencionar la presencia de series de láminas.

*Lámina L6.*— Se trata de una lámina de una roca considerada masiva por observación macroscópica. En el análisis al microscopio se han constatado restos de estratos que tienen muy poco desarrollo longitudinal, ya que se mantiene a lo sumo por 1 cm. y luego desaparecen lateralmente. Esta característica es la que le confiere a la roca el aspecto masivo indicado. La descripción realizada de la estructura es la siguiente:

La roca en general es masiva, presentando estratificación sólo en algunas zonas. Allí presenta láminas ligeramente onduladas, paralelas o confluentes y en este caso con inclinación suave. La composición de las láminas es heterogénea y la selección en cada lámina es regular. Los límites entre las láminas son poco netos. La granulometría de cada serie es diferente, pero no se nota un cambio sistemático dentro de cada una de ellas.

Hacia la parte central se interrumpen los límites y se pierde el aspecto estratificado.

*Lámina L10.*— La roca presenta una estratificación bien marcada con las siguientes características:

Láminas individuales curvilíneas, a veces en forma de S; paralelas, a veces confluentes, con inclinación suave. Los límites están prácticamente siempre bien marcados y son ininterrumpidos.

La composición de los estratos es heterogénea, la selección regular a mala y se distingue dentro de cada lámina una variación granulométrica, de abajo a arriba. Las series son onduladas, más o menos paralelas, con límites marcados aunque a

veces parecen difundirse lateralmente. Se nota una variación granulométrica a través de las series. A veces, las láminas toman aspecto lenticular.

*Lámina L11.*— Se presenta estratificación paralela, con láminas rectas o algo curvas de límites ininterrumpidos. La composición de cada lámina es heterogénea y la selección de regular a buena. Las series de láminas son prácticamente rectas, paralelas, de límites poco netos a poco marcados y suavemente ondulados.

*Lámina L12.*— Presenta láminas suavemente curvas, de espesor constante o variable. Cuando es variable, las láminas toman el aspecto de vesículas aplastadas, lenticulares. La estratificación es paralela, con límites ininterrumpidos, excepto algunos casos en que las láminas son verdaderamente lentiformes. Los límites son poco marcados, a veces marcados, según el criterio de STRAKHOV (1957, 196).

La composición es heterogénea. Parece que en algunas láminas existe una variación gradual del diámetro de una parte a la otra, tanto a través como a lo largo de ellas. A causa de esta variación, los límites entre algunas láminas se hacen poco netos. La selección es regular. Las series de láminas son suavemente onduladas, paralelas, con límites a veces acusados y a veces poco netos o gradual. Es posible distinguir una ligera ritmicidad, con alternancia de pequeñas series de láminas finas y gruesas.

*Lámina L14.*— La roca es estratificada y en la lámina delgada estudiada sólo puede apreciarse una sola serie de estratos. Las láminas son suavemente onduladas, levemente confluentes, con inclinación muy suave; algunos límites son constantes, pero en general son interrumpidos. La nitidez con que se destacan varía desde poco neta, a débilmente marcada.

La composición es heterogénea y la selección es mala. Las láminas se diferencian por su granulometría, composición mineralógica y algo por el color. Son de espesor variable y existen algunas que son monogranulares, constituidas sólo por minerales metálicos.

Algunas son lentiformes, acunándose con las otras. Las láminas constituidas por granos finos se alternan con las que están constituidas por granos más gruesos, de manera que determinan una estratificación rítmica.

Resumiendo, todas las láminas estudiadas pertenecen a las formaciones *Gondwánicas*, identificadas en este trabajo como *L*. De las muestras estudiadas, casi todas presentan una microestratificación ondulada, excepto la N<sup>o</sup> 6, que es masiva y sólo mantiene vestigios de estratificación.



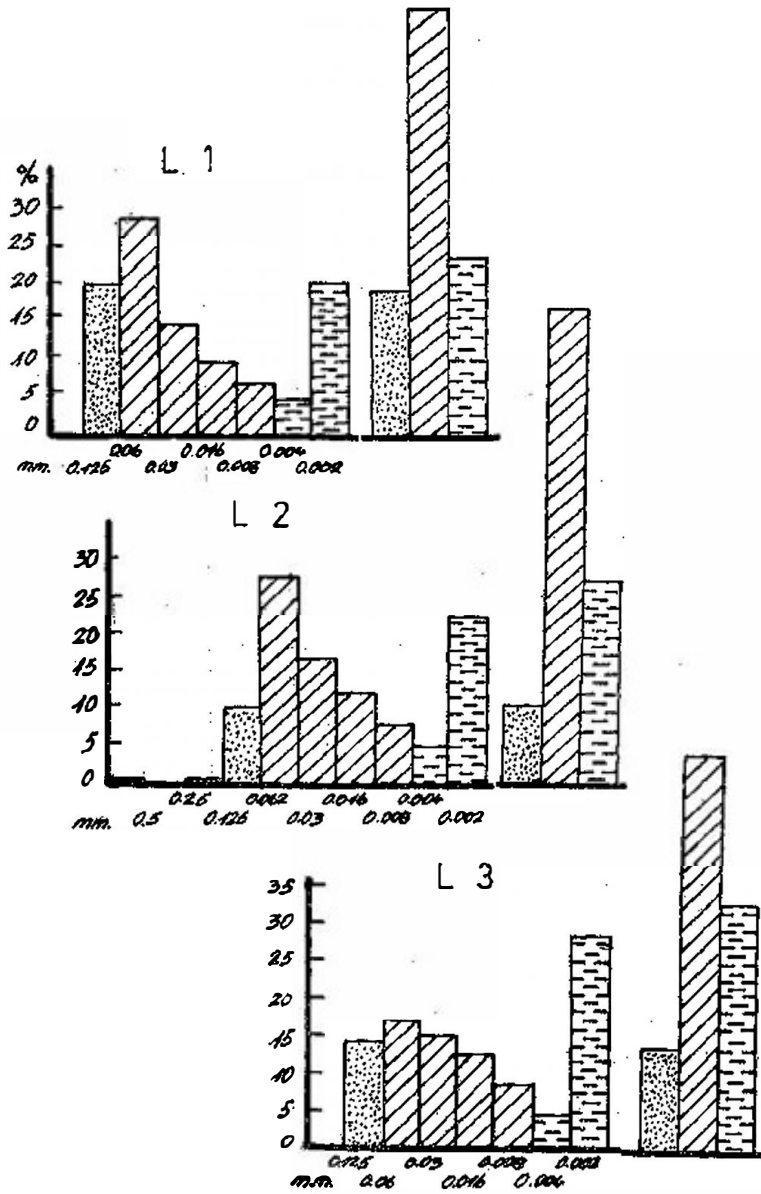
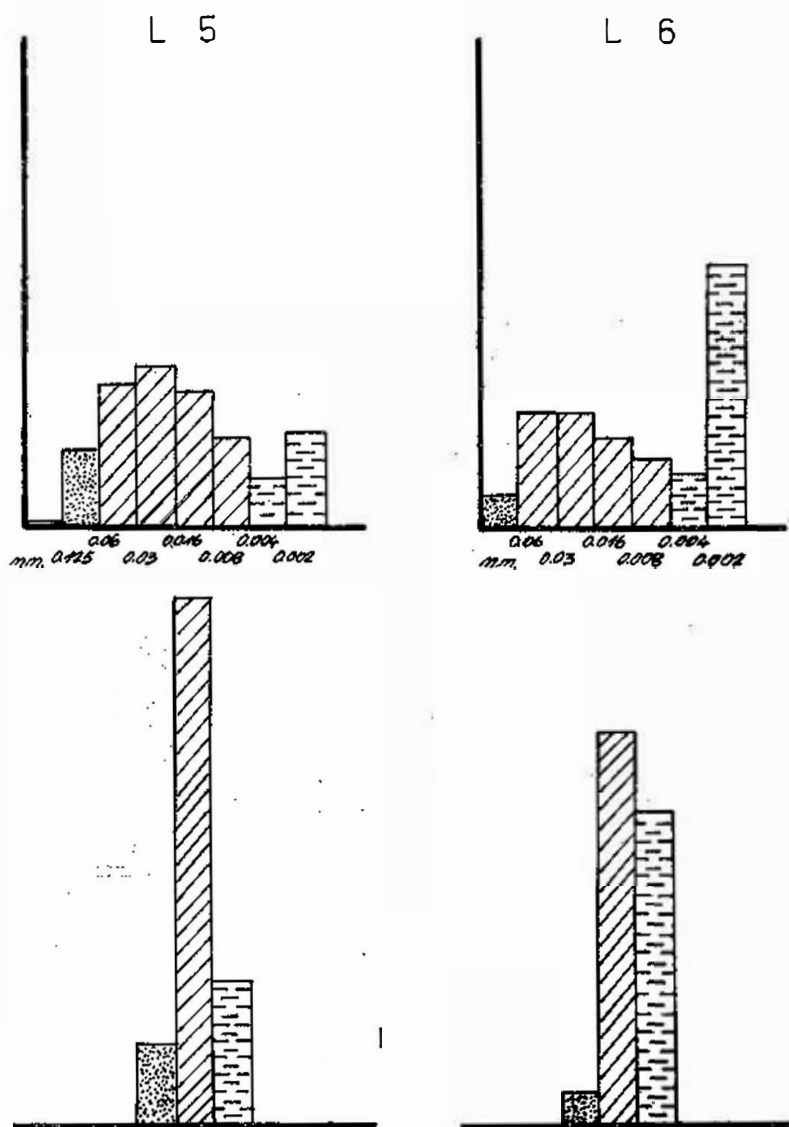
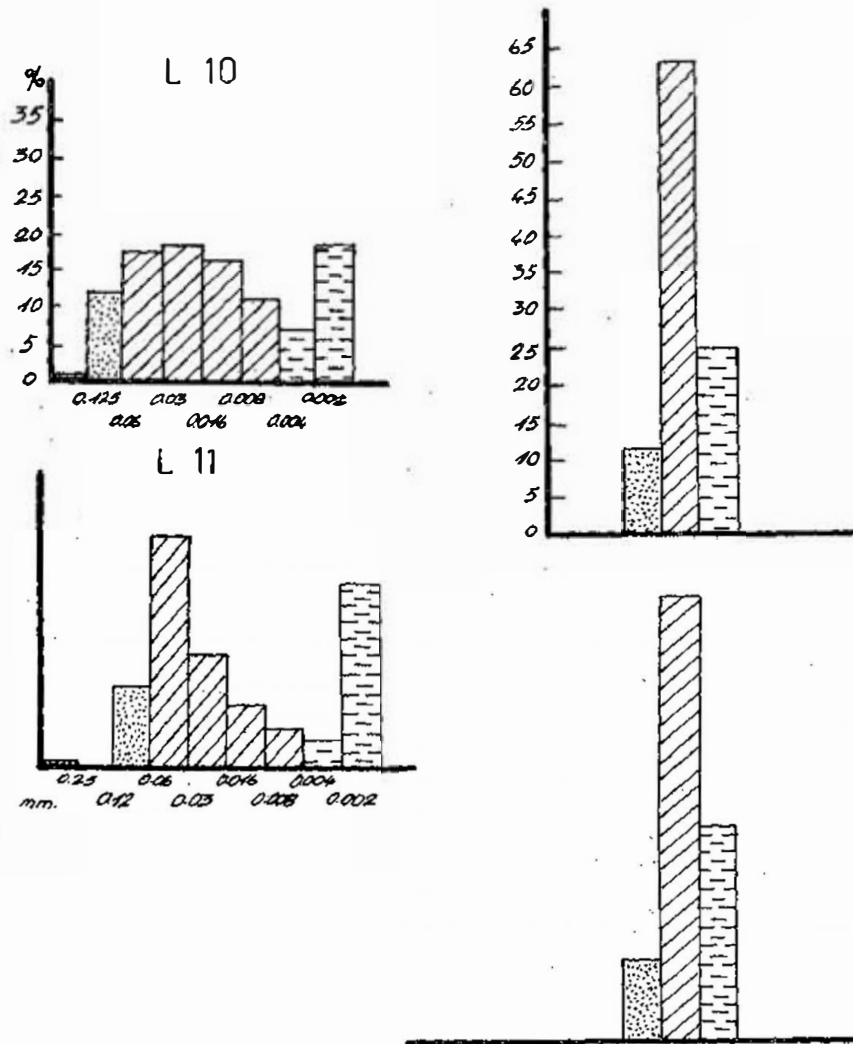


Fig. 9a.—Histogramas de las muestras L1, L2, L3.

Fig. 9b.—Histogramas de las muestras L<sub>5</sub>, L<sub>6</sub>.

FIG 9c.—Histogramas de las muestras L<sub>10</sub>, L<sub>11</sub>.

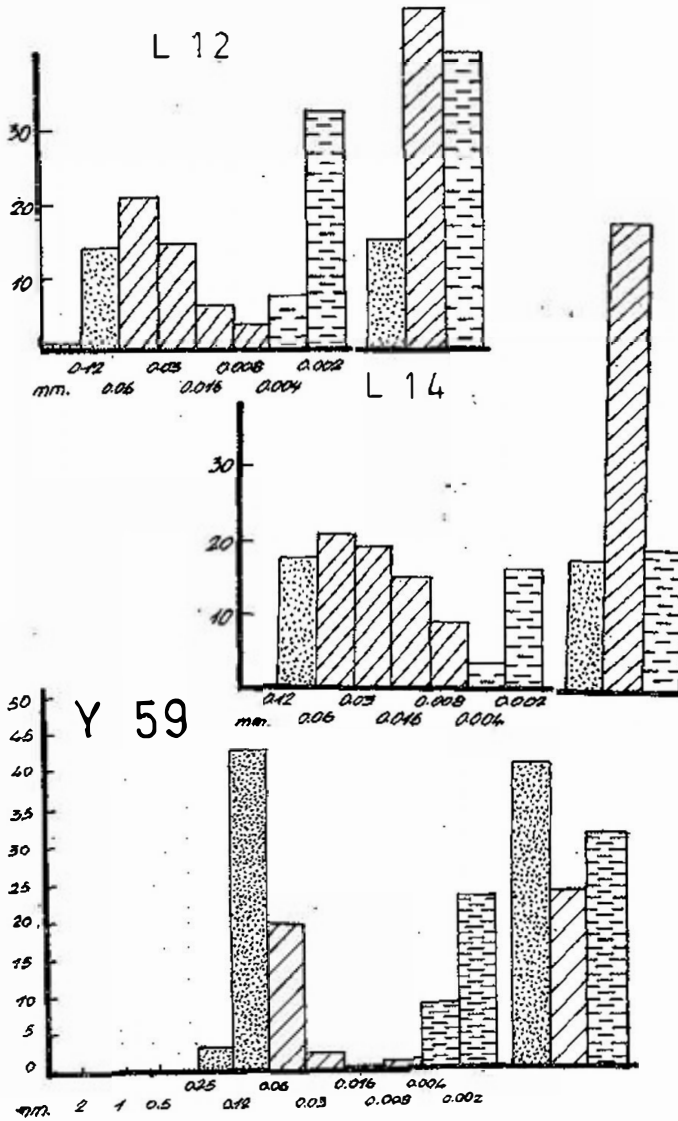
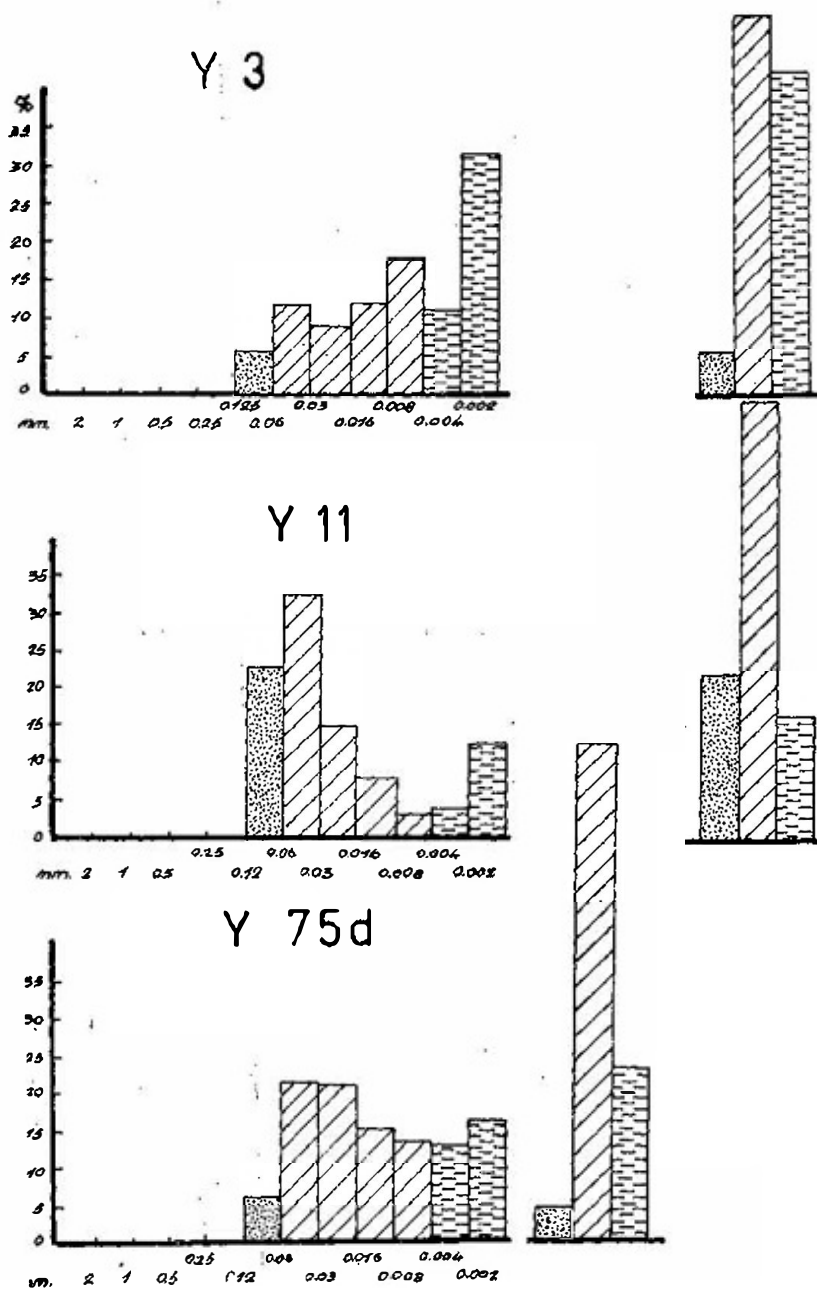


Fig. 9d.—Histogramas de las muestras L<sub>12</sub>, L<sub>14</sub>, Y<sub>59</sub>.

Fig. 9e.—Histogramas de las muestras Y<sub>3</sub>, Y<sub>11</sub>, Y<sub>75d</sub>.

La estructura de las restantes rocas se ha estudiado macroscópicamente y el resultado es el siguiente:

- Y 3 — Presenta microestratificación cruzada, marcada por granulometría, mineralogía y color.
- Y 11 — Es de microestratificación cruzada, visible fundamentalmente por color.
- Y 59 — Es una roca totalmente masiva sin esbozo de estratificación. Corresponde al manto de meteorización de areniscas de la formación *Yaguari*.
- Y 75d — Presenta estratificación cruzada muy marcada por granulometría y color, los estratos son a veces ondulados.
- FBMS — Todas las muestras identificadas de esta manera, que pertenecen a la formación *Fray Bentos*, son completamente masivas.
- A1 — Las muestras de la formación *Paso del Puerto*, identificadas por estas letras, fueron extraídas de niveles intercalados con areniscas y se trata de sedimentos y rocas sedimentarias totalmente masivos.
- SJ — Estas muestras pertenecen a la formación *Libertad* tomadas en el departamento de San José. Se trata de sedimentos y rocas sedimentarias totalmente masivos.
- M — Se trata de las muestras de la formación *Libertad* extraídas en el departamento de Montevideo, con excepción de la muestra M 13, que pertenece a la formación *Fray Bentos*. Todas son siempre masivas.

## RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS TEXTURALES

Se analizarán independientemente las muestras masivas de las estratificadas, comenzando por estas últimas.

### *Rocas limosas estratificadas.*

En la clasificación que se propone, estas rocas integran un grupo homogéneo. Prácticamente todas las rocas "L" e "Y" son estratificadas.

Los histogramas (ver Figs. 9a hasta 9c) tienen una marcada asimetría positiva para comprobar la cual, se han determinado los valores del índice de asimetría de TRASK, según

TABLA N° 4

Valores (Sk)	Limolitas estratificadas	Limolitas Masivas		
		Grupo "a"	Grupo "b"	Grupo "c"
0.0 a 0.33	3	4	2	3
0.33 a 0.66	3	4	6	2
0.66 a 0.99	2	1	1	3
Promedio	0,45	0,38	0,46	0,48

TABLA N° 5

		Rocas Estratificadas	Rocas Masivas		
			Grupo "a"	Grupo "b"	Grupo "c"
Md	máx.	0.036	0.062	0.033	0.058
	prom.	0.018	0.029	0.019	0.030
	mín.	0.005	0.008	0.009	0.005
So	máx.	4.84	7.01	5.30	6.60
	prom.	3.19	4.07	3.36	3.97
	mín.	2.17	1.82	2.17	3.23
% arena	máx.	23.0	49.8	31.5	47.5
	prom.	13.3	27.0	11.7	27.6
	mín.	6.2	8.5	2.9	4.7
% limo	máx.	70.5	55.5	74.3	48.6
	prom.	59.5	42.8	58.0	40.9
	mín.	45.7	26.5	30.5	23.3
% de arcilla	máx.	43.0	42.5	42.1	47.1
	prom.	27.2	29.9	30.4	29.8
	mín.	17.0	12.7	15.0	15.4

el procedimiento indicado por PETTIJOHN (1963; 39). Dichos valores y sus promedios para todas las muestras estudiadas, se expresan en la Tabla N° 4. Según Pettijohn (1963; 40), a una curva de frecuencias simétricas le corresponde un índice SK igual a 1. Los índices menores de 1, indican una asimetría positiva, mientras que los valores SK mayores a 1, indican asimetría negativa.

Los histogramas también demuestran claramente el predominio de las fracciones limo y arcilla, sobre la fracción arena, salvo en las muestras L 14 y L 1, en las que hay una proporción equilibrada de fracciones arcilla y arena. Un resumen de las principales características texturales se da en las Tablas Nos. 5 y 6.

Según la Tabla N° 5 se confirman las observaciones ya señaladas y queda perfectamente destacado el predominio de la fracción limo sobre las demás fracciones. También puede observarse que estas rocas sedimentarias se caracterizan por presentar una selección normal, con extremos de selección buena a regular. La ubicación de las muestras "L" e "Y" en el triángulo textural se presenta en la figura N° 15.

Otra característica que reviste importancia para la tipificación de estas rocas limosas, es el contenido de las diferentes fracciones de arena. Dicho contenido se presenta en la Tabla N° 3 y los datos se reúnen en la Tabla N° 6.

También son expresivas las curvas de % acumulativos de la fracción arena que se presenta en la figura N° 16. En la figura N° 17 se presenta un triángulo textural con el área de dispersión de la fracción arena de estas rocas.

En las figuras 3 y 4 que representan las curvas de % acumulativos, se pueden reconocer la mayor parte de las propiedades señaladas anteriormente, quedando en ambas figuras claramente expresadas la homogeneidad de este conjunto de sedimentos.

TABLA N° 6

		Rocas Estratificadas	Rocas Masivas		
			Grupo "a"	Grupo "b"	Grupo "c"
% de arena fina	máx.	100.0	93.5	100.0	100.0
	prom.	99.8	73.0	90.5	91.8
	mín.	98.3	30.0	60.2	79.8
% de arena media	máx.	1.76	25.4	27.7	15.3
	prom.	0.2	9.2	3.3	5.9
	mín.	0.0	0.6	0.0	0.0
% de arena gruesa	máx.	1.0	54.1	24.0	6.1
	prom.	0.1	15.2	5.3	2.3
	mín.	0.0	2.2	0.0	0.0
So	máx.	1.11	2.75	1.84	1.37
	prom.	1.07	1.68	1.17	1.16
	mín.	1.03	1.07	1.03	1.03
Md	máx.	0.10	0.54	0.10	0.12
	prom.	0.09	0.15	0.09	0.10
	mín.	0.08	0.08	0.08	0.08



Del análisis textural de las sedimentitas limosas estratificadas se extraen las siguientes conclusiones:

1) Presentan el promedio de Md más pequeño de todas las rocas limosas estudiadas. Los valores extremos del diámetro mediano, se apartan poco de ese promedio.

2) Son las rocas promedialmente mejor seleccionadas del grupo y con la más escasa variación del promedio.

3) Presentan una escasa cantidad de arena, la que es en general muy bien seleccionada y muy fina.

4) Tienen una elevada proporción de fracción limo, algo más alta que las rocas limosas masivas del grupo "b" (Ver capítulo "Bases de la clasificación").

### *Rocas limosas masivas*

Constituyen la mayor parte de las muestras que se han estudiado en este trabajo. Tienen este tipo de estructura, una de las muestras L, una de las Y y todas las muestras FBMS, AL, SJ y M.

A pesar de la homogeneidad estructural, estas rocas presentan algunos aspectos texturales distintivos, que permiten su subdivisión en grupos más pequeños y característicos. Esencialmente esos aspectos son el % de fracción limo y el contenido de fracción arena gruesa y gravilla. Todas ellas son características de fácil estimación macroscópica.

De acuerdo a estos criterios, es posible distinguir las rocas limosas que tienen un porcentaje elevado de arena gruesa y gravilla, de aquellas que tienen una proporción de esta fracción muy pequeña o nula. El empleo de este criterio durante cuatro años de trabajo de campo, permite establecer que el límite más adecuado para esta separación es el 1 % de arena gruesa y gravilla. Las rocas que contienen partículas superiores a 0.5 mm. en una cantidad mayor al 1 % constituyen un grupo perfectamente identificable en muestra de mano.

La experiencia mencionada permite indicar que cuando ese porcentaje se encuentra superado, trozos de las rocas de unos 3 o 4 cm. de diámetro, tienen algunos granos de arena gruesa visibles en su superficie o cuando se fracturan.

Este criterio resulta un índice práctico para ser usado en el campo. El resto de las rocas masivas con baja proporción de arena gruesa, son a su vez subdivisibles en aquellas que contiene una elevada proporción de limo y las que tienen un bajo contenido de esta fracción.

La experiencia de campo, también en este caso, permite determinar que el límite más consistente entre estas clases texturales se debe fijar en el 50 % de la fracción limo. Existe un conjunto de rocas limosas que contienen más del 50 % de fracción limo que es perfectamente identificable en el campo, al tacto.

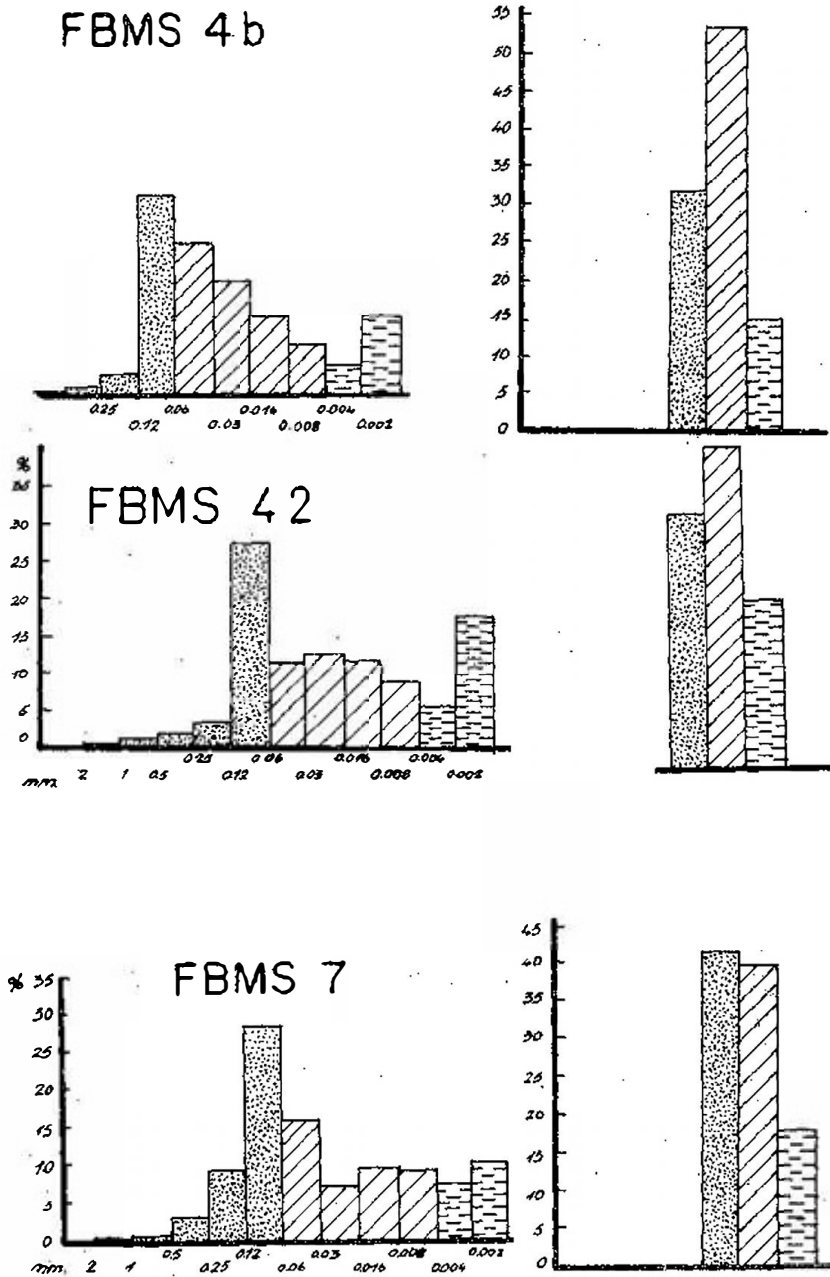


FIG. 10a.—Histogramas de las muestras FBMS 4 b, FBMS<sub>42</sub>, FBMS<sub>7</sub>.

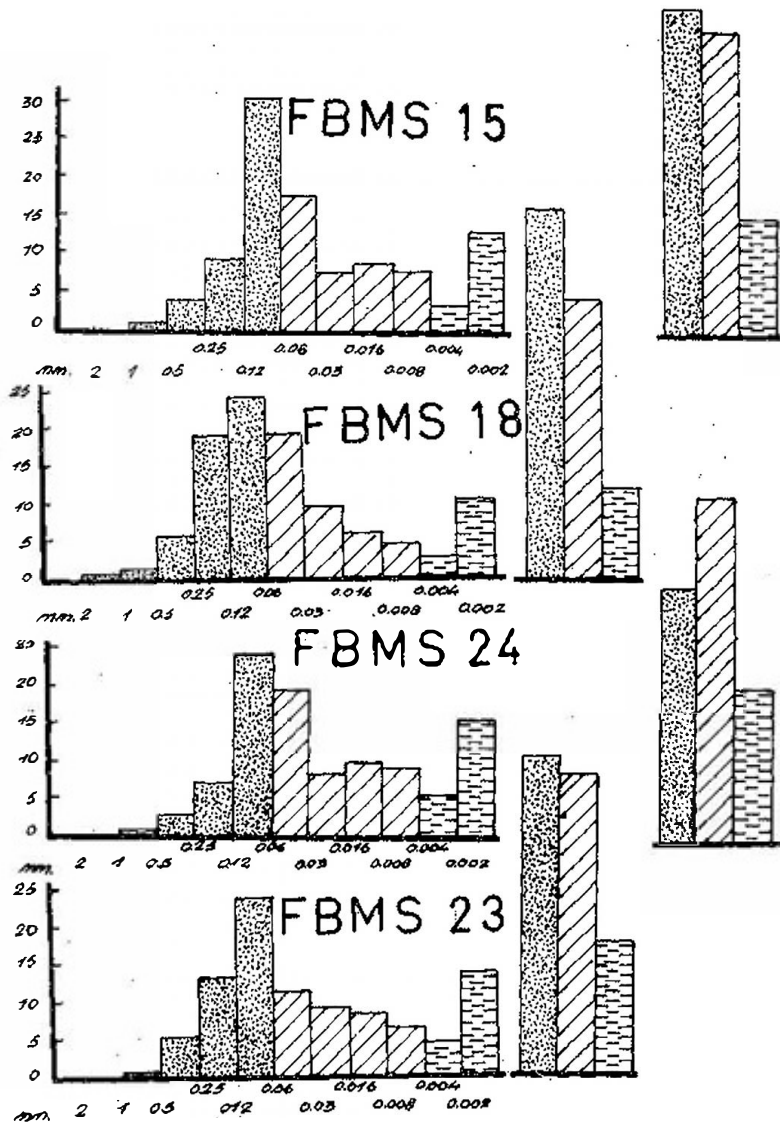


Fig. 10b.—Histogramas de las muestras FBMS<sub>15</sub>, FBMS<sub>18</sub>, FBMS<sub>24</sub>, FBMS<sub>23</sub>.

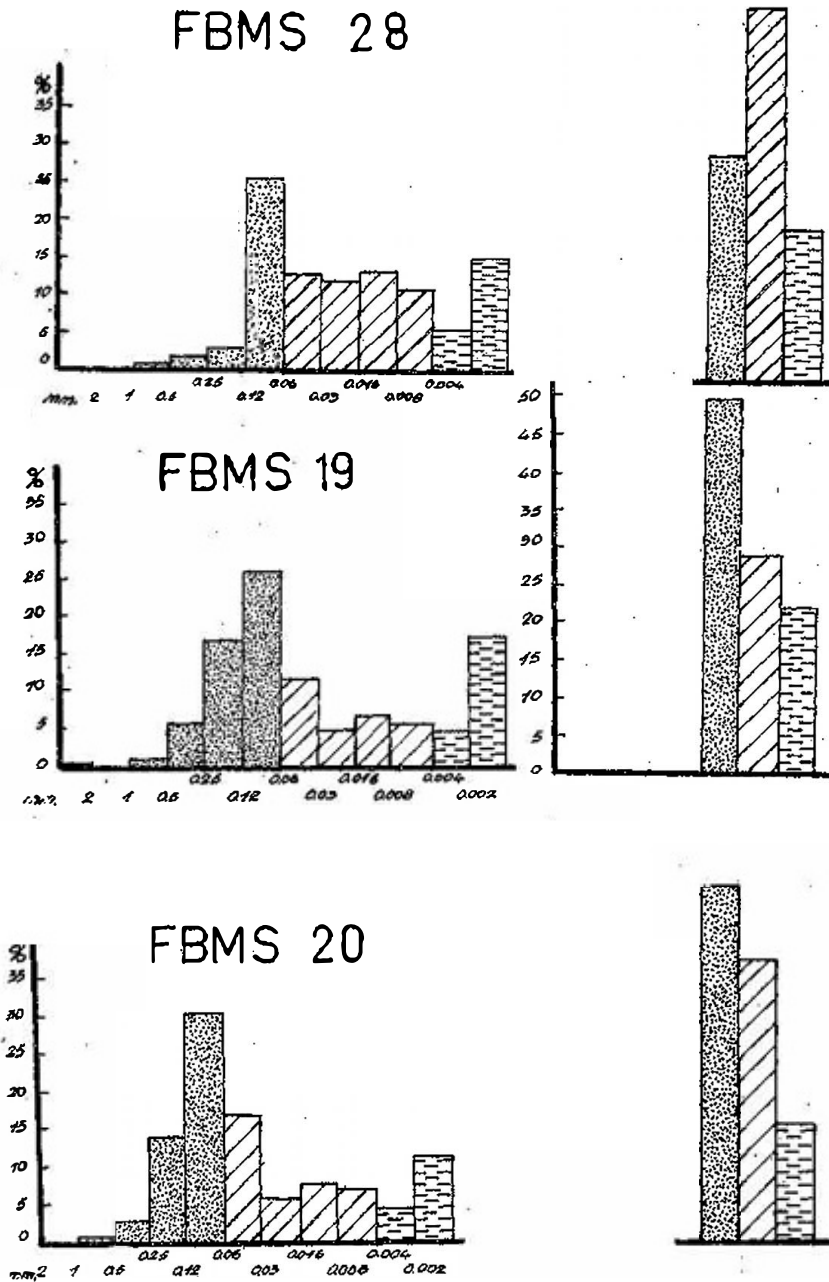


Fig. 10c.—Histogramas de las muestras FBMS<sub>28</sub>, FBMS<sub>19</sub>, FBMS<sub>20</sub>.

El otro conjunto contiene una baja proporción de arena gruesa y menos del 50 % de fracción limo.

Resumiendo, las rocas limosas masivas se dividen en tres grupos:

- a) el primero, reúne aquellas rocas con más del 1 % de arena gruesa. *Ladolitas*
- b) el segundo, reúne a las rocas que contienen menos del 1 % de arena gruesa y más del 50 % de fracción limo. *Loess*
- c) el tercero, está constituido por rocas con menos del 1 % de arena gruesa y menos del 50 % de fracción limo. *Langetitas*

En las tablas que siguen a continuación, se dan algunas de las características texturales de cada grupo.

*Análisis de las características texturales del grupo "a".*— De la Tabla N° 5 se extraen las siguientes conclusiones:

1) Las rocas consideradas dentro del grupo "a" presentan una amplia variación del diámetro medio (*Md*), alcanzando valores prácticamente extremos dentro de la fracción limo. Existe una tendencia en este grupo a reunir las rocas limosas de mayor diámetro.

El 30 % de las muestras estudiadas pertenecientes a este grupo exceden los límites extremos, mínimo y máximo del diámetro medio que CHARLESWORTH (1957), RUSSELL (1944) y LEPLAT (1968) indican para los loess típicos.<sup>1</sup>

TABLA N° 7

Muestra	Grupo "a"	% de Arena gruesa
FBMS 7		1.1
FBMS 18		2.0
FBMS 19		1.1
AL at 28		15.3
AL jb 33 <sup>b</sup>		9.3
AL at 34 <sup>b</sup>		2.7
AL jb 33 <sup>a</sup>		6.4
AL jb 26		2.8
AL jb 25		5.7
SJ 41		1.2
SJ 49		1.3
SJ 43		1.5
M 1		1.8
M 3		1.9
M 4		1.6
M 6		2.7
M 8		6.9
M 12		1.7
M 13		1.1
M 18		2.6
M 16		1.1

Promedio del Grupo 3.4

1. Los datos de los dos primeros autores fueron tomados de PITTY, A.F., 1968.

Muestra	Grupo "b"	% de Arena gruesa
FBMS 4 <sup>b</sup>		0.6
SJ 1		0.6
SJ 4		0.2
SJ 9		0.0
SJ 12		1.0
SJ 45		0.5
SJ 47		0.6
SJ 51 inf.		0.4
SJ 52		0.1
SJ 55		0.3
SJ 57		1.0
SJ 58		0.4
SJ 59		0.0
SJ 60		0.5
SJ 64		0.0
SJ 18		0.8
SJ 38		0.0
M 7		0.8
M 9		0.9
M 10		0.6
M 15		0.3
M 19		0.8
M 21		0.1
M 22		0.8
M 5		1.0
L 6		0.0
Promedio del Grupo		0.47

Muestra	Grupo "c"	% de Arena gruesa
Y 59		0.0
FBMS 24		0.6
FBMS 15		0.5
FBMS 23		0.7
FBMS 42		1.0
FBMS 28		0.7
FBMS 20		0.2
SJ 17		0.4
SJ 25		0.0
SJ 48		0.0
M 14		0.8
M 20		0.8
Promedio del Grupo		0.48

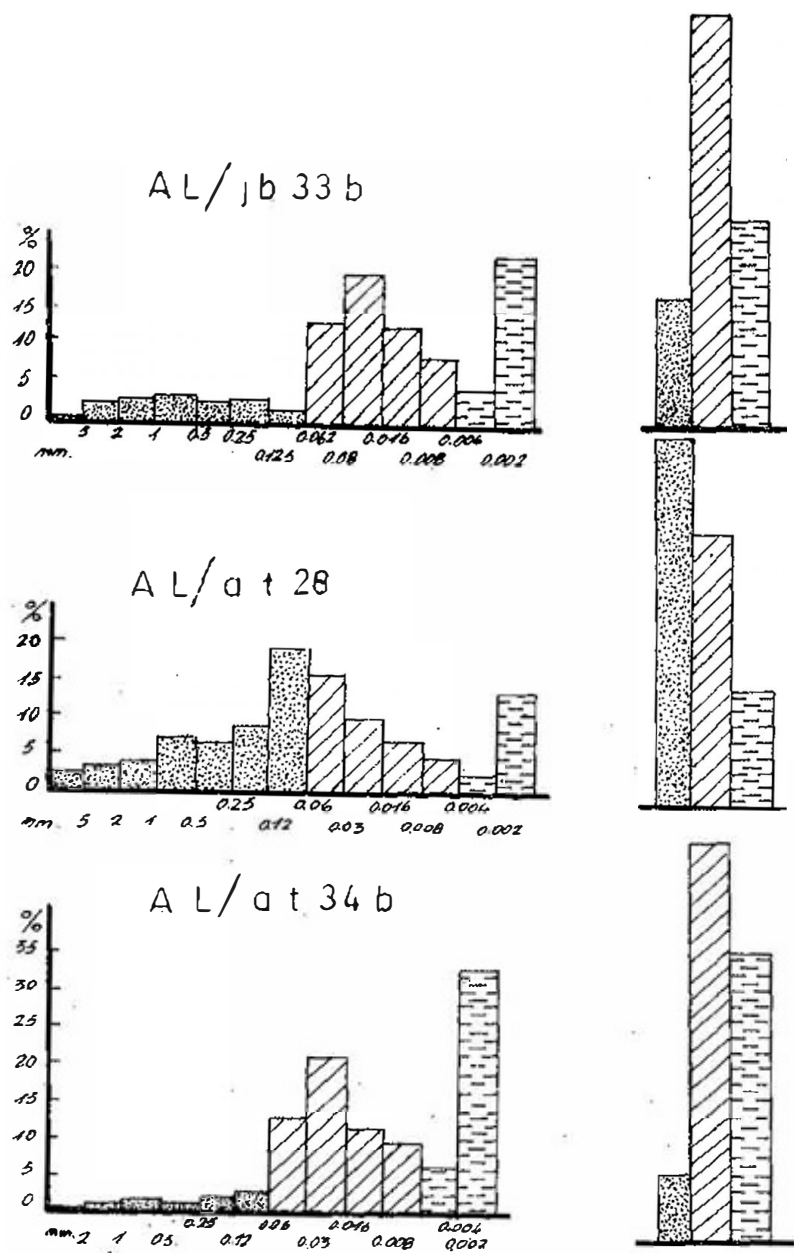


FIG. 11a.—Histogramas de las muestras AL/jb 33b, AL/at 28, AL/at 34b.

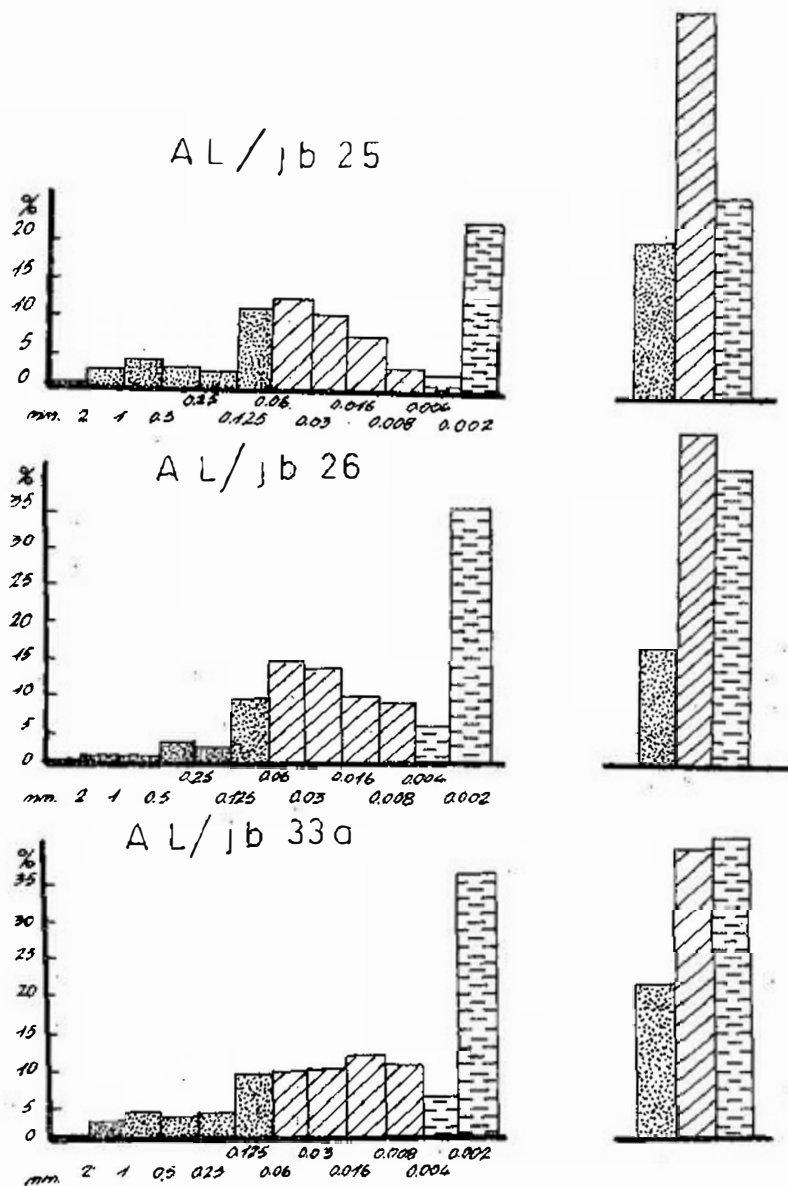


Fig. 11b.—Histogramas de las muestras AL/jb 25, AL/jb 26, AL/jb 33a.



2) Este grupo reúne también a las rocas limosas de peor selección, aunque al igual que en el caso del diámetro medio existe una amplia dispersión encontrándose entre estas rocas los índices de selección mayor y menor de todas las muestras estudiadas.

3) Presentan un contenido en general elevado de arena, alcanzando el máximo posible dentro de las rocas limosas. Las rocas de este grupo que presentan la mínima cantidad contienen aún más arena que los términos pobremente arenosos de los otros grupos.

4) Dentro de este grupo, se encuentran rocas que en general tienen una baja proporción de fracción limo, aunque el entorno de variabilidad es amplio. Pueden encontrarse rocas de este tipo en las que la fracción limo no es la predominante y rocas que tienen más del 50 % de esta fracción. Debe destacarse que en sólo el 5 % de las muestras estudiadas la clase modal está ubicada dentro de la fracción limo.

Según SMALLEY (1966) los loess típicos poseen entre el 70 y 95 % de su masa constituida por partículas inferiores a 60 micras; sólo el 30 % de estas rocas se encuentra en esas condiciones, en el 70 % restante la suma de limo más arcilla se encuentra por debajo de esos valores.

5) De la observación de la Tabla 5 se puede comprobar que en general las rocas limosas tienen la tercera parte de su masa dentro de la fracción arcilla y que en ese aspecto todas las rocas limosas difieren en muy escaso grado.

En el triángulo textural de la Fig. Nº 22 se presenta la relación entre los contenidos de arena, limo y arcilla de las muestras de este grupo.

En la Tabla Nº 6, se expresa la composición porcentual de la fracción arena. Los porcentajes están referidos al contenido total de arena.

Como era de esperar, las rocas del grupo "a", son las que contiene mayor proporción de arena gruesa, en detrimento de los % de arena media y fina. Mientras los otros grupos pueden llegar a no contener arena gruesa, las rocas del grupo "a" tienen siempre más del 2.2 % de la arena dentro de esta fracción y en algunos casos llegan a tener hasta más del 50 % de su arena constituida por arena gruesa y gravilla.

Por su contenido en arena gruesa la mayoría de estas rocas quedarían excluidas de las que SMALLEY (1966) considera como loess típicos.

Las rocas de los otros grupos, contienen, por lo menos más del 60 % de la arena dentro de la fracción fina, mientras que las de este grupo, pueden llegar a tener una cantidad tan pequeña como el 30 %.

Las relaciones porcentuales entre la arena fina, media y gruesa, de este grupo de rocas limosas, se dan en la Figura N° 18.

Con los datos granulométricos de la fracción arenosa, se construyeron las curvas de % acumulativo que se presentan en las Figuras 16, 19, 20 y 21. Las rocas que se están considerando están involucradas en las tres últimas figuras citadas, identificadas por las letras FBMS, AL y M. En la Tabla N° 7, se observa el número de muestras que cada una de esas formaciones tiene en el grupo "a".

En la Tabla mencionada se indica que existen cuatro muestras de la formación Fray Bentos (3 FBMS y la M 13), dentro de este grupo. En la Figura N° 19 esas cuatro muestras son perfectamente individualizables, porque la parte de las curvas que corresponde a las fracciones mayores a 1 mm., se apartan considerablemente del otro conjunto y constituyen un núcleo independiente. Lo mismo puede decirse en la Fig. 20 de la muestra M. En esta figura, también son separables, dos grupos a partir de 1 mm. hacia el extremo más grueso. El conjunto de curvas que reúne a las muestras con mayor contenido de fracciones gruesas, está constituido casi exclusivamente por rocas del grupo "a". Como está expresado en la Tabla N° 7, la mitad de las muestras "M", pertenecen al grupo "a" lo cual confirma el hecho de que ambos conjuntos de curvas sean numéricamente equivalentes. Todas las muestras identificadas como AL, pertenecen al grupo "a" y en la Figura N° 21 las curvas se agrupan en un conjunto aparentemente uniforme.

Las rocas del grupo "a", se caracterizan por el elevado número de clases texturales, que oscilan entre 7 y 13, con una moda en 10.

En la Tabla N° 4, se observa que estas rocas presentan la más fuerte asimetría positiva de todo el conjunto de rocas estudiadas.

*Análisis de las características texturales del grupo "b".*— Ya han sido definidas anteriormente las características que permiten separar este grupo del resto de las rocas limosas. Al igual que para el grupo "a", se pueden extraer conclusiones de las tablas de datos analíticos presentadas con anterioridad. Estas conclusiones se enumeran a continuación:

1) Son rocas limosas que en general presentan un tamaño de grano relativamente fino, comparándolas con las del grupo "a" y "c". La dispersión de los  $Md$  es menor que la de los demás tipos de rocas limosas.

El diámetro medio del 90 % de las muestras de este grupo, se encuentra dentro de los rangos indicados como normales para loess típicos por CHARLESWORTH (1957), RUSSELL (1944) y LEPLAT (1968).

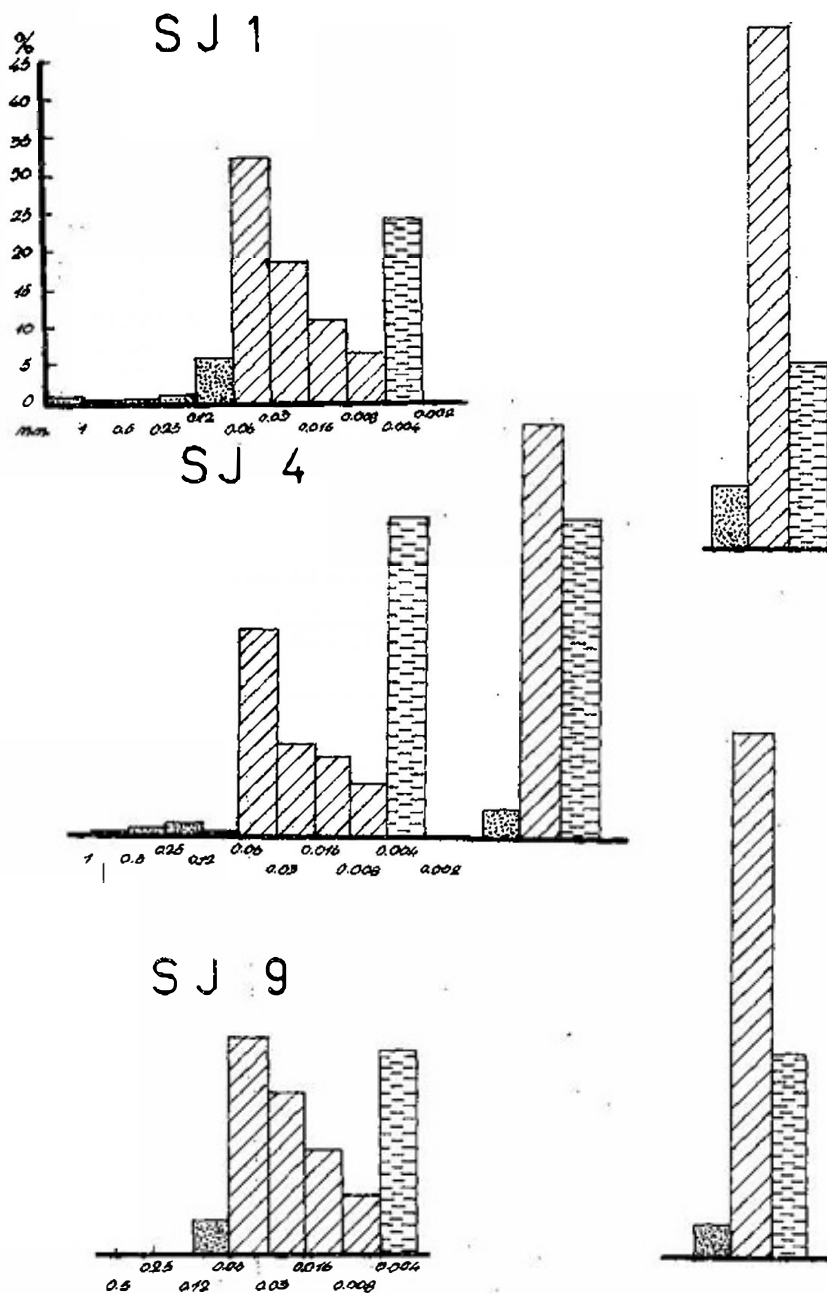


Fig. 12a.—Histogramas de las muestras SJ<sub>1</sub>, SJ<sub>4</sub>, SJ<sub>9</sub>.

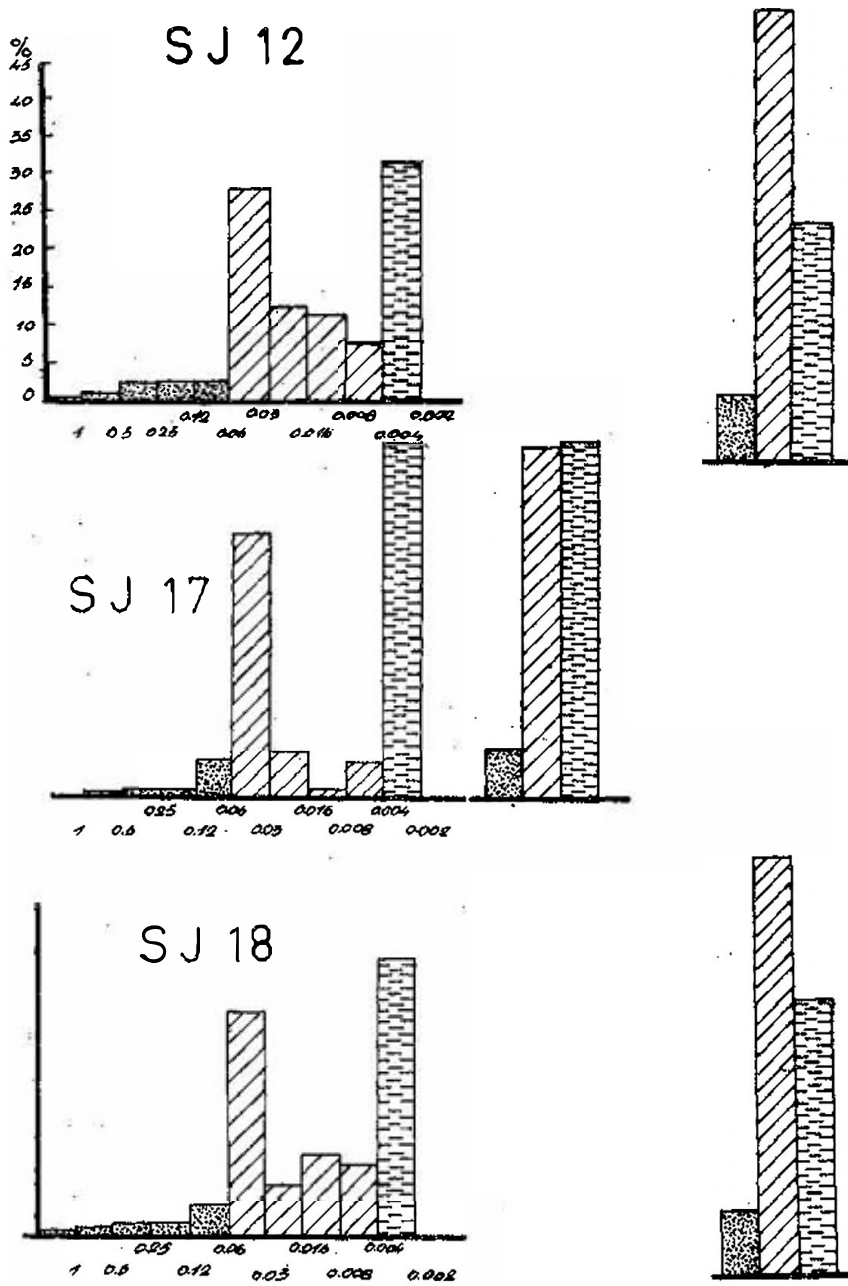


Fig. 12b.—Histogramas de las muestras SJ<sub>12</sub>, SJ<sub>17</sub>, SJ<sub>18</sub>.

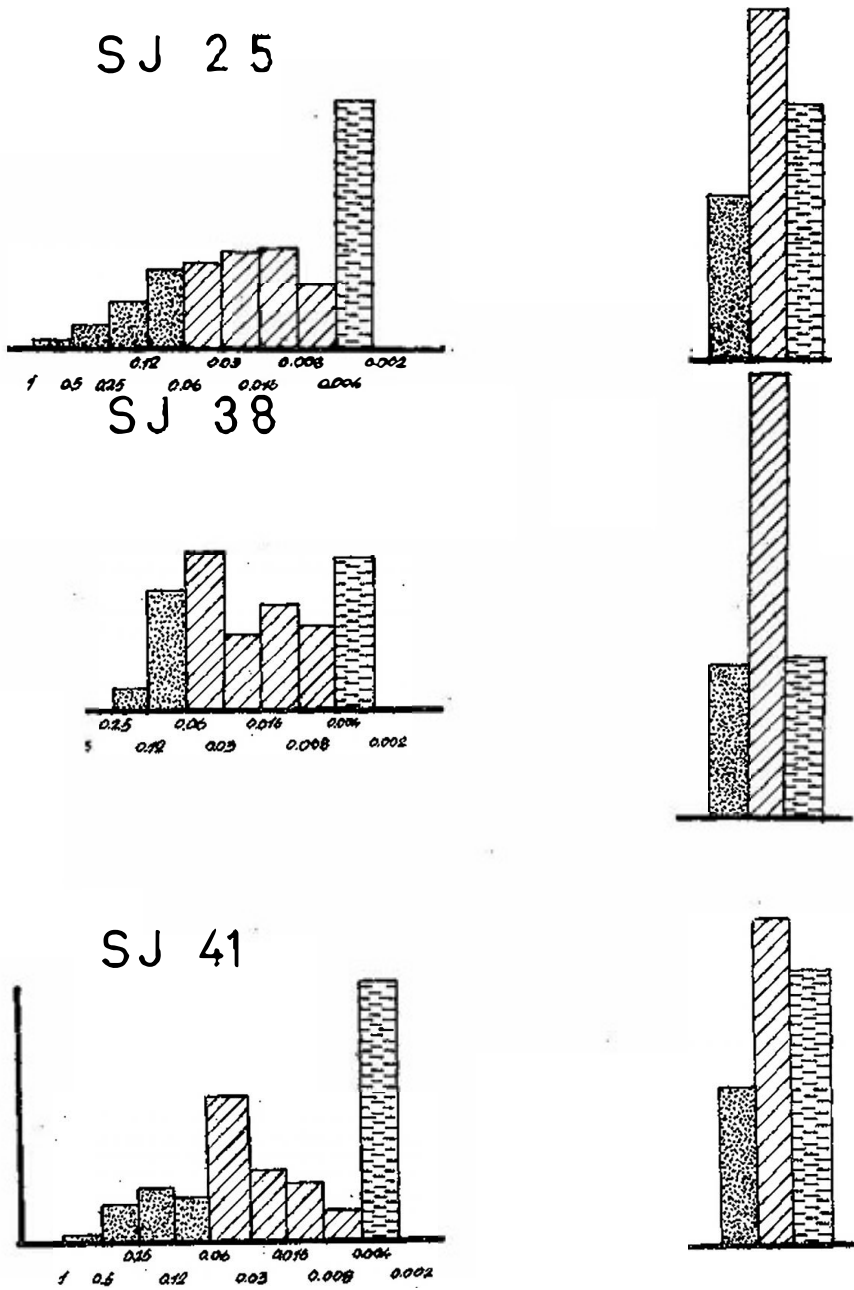


FIG. 12c.—Histogramas de las muestras SJ<sub>25</sub>, SJ<sub>38</sub>, SJ<sub>41</sub>.

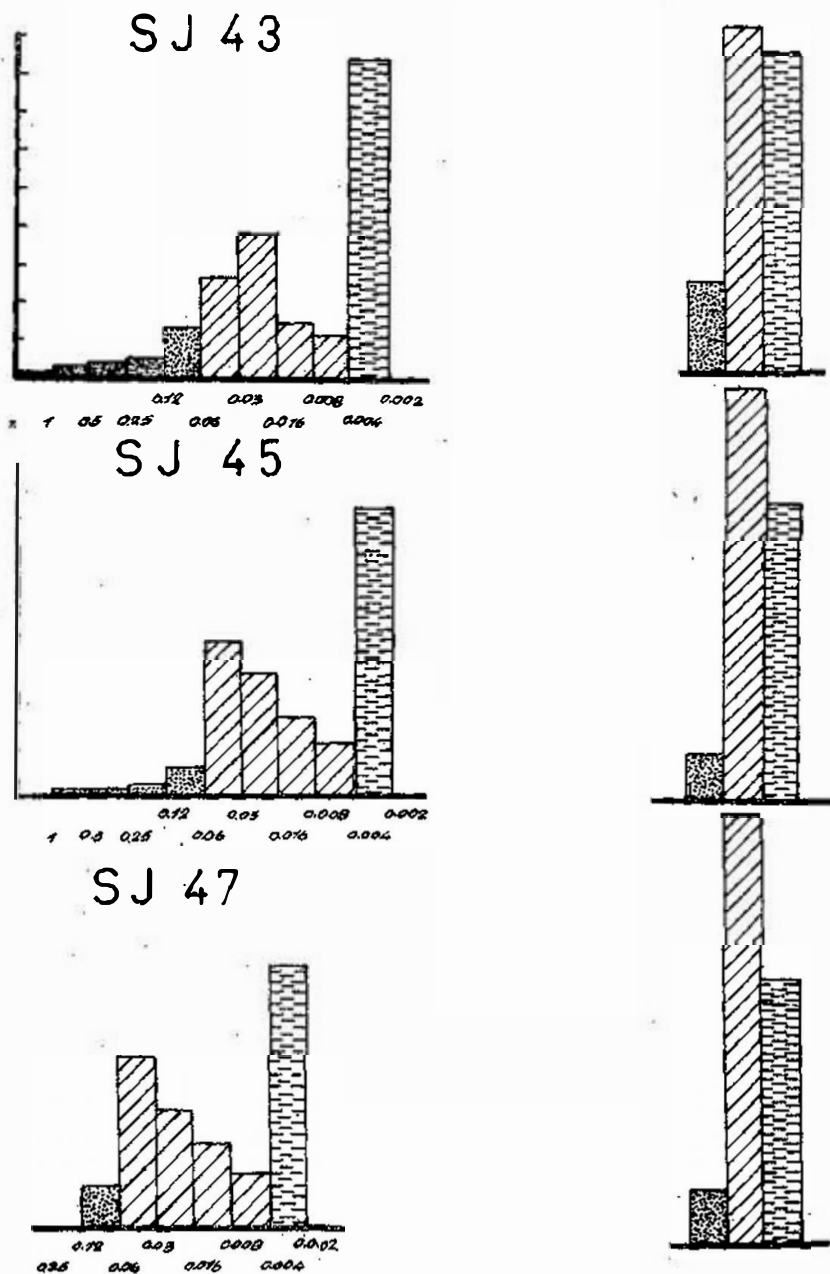
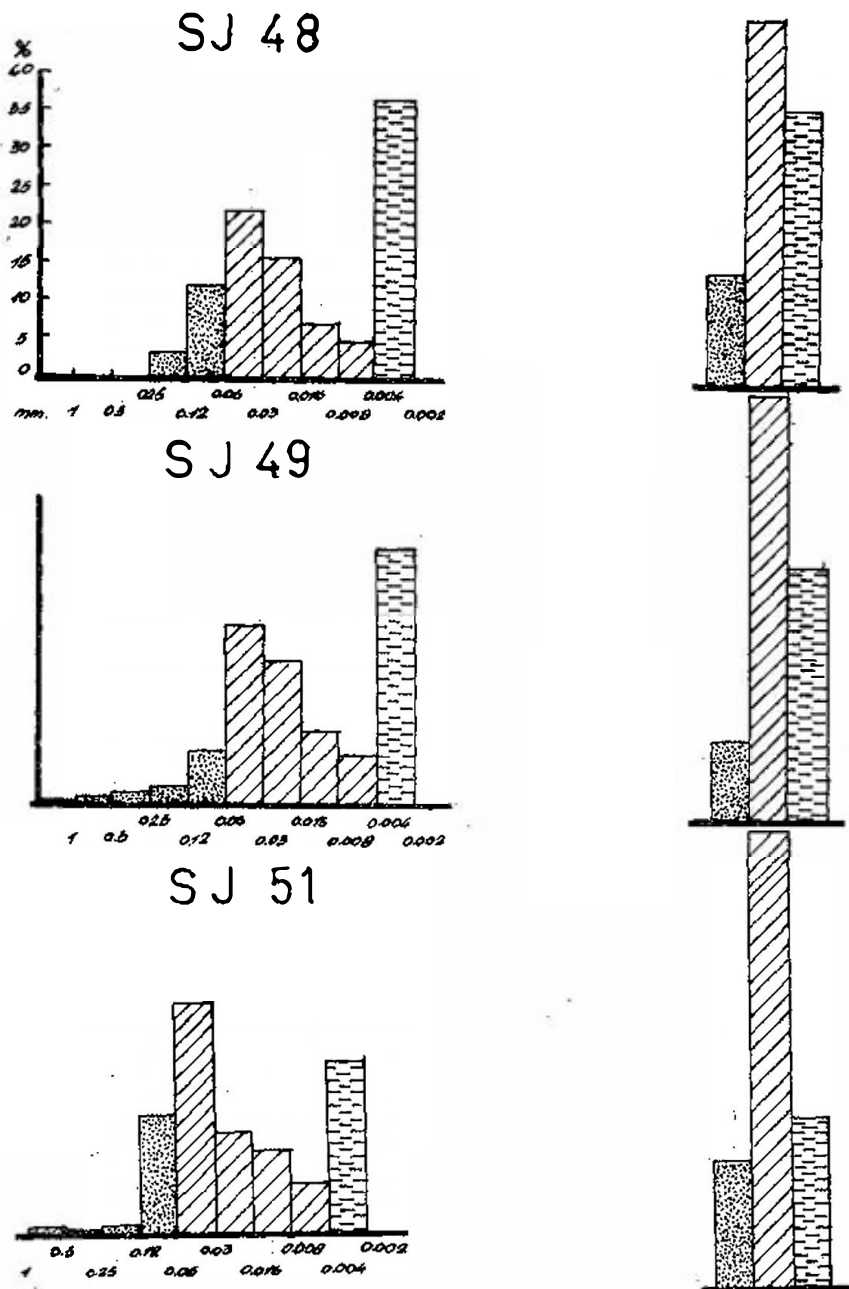


FIG. 12d.—Histogramas de las muestras SJ<sub>43</sub>, SJ<sub>45</sub>, SJ<sub>47</sub>.

Fig 12e.—Histogramas de las muestras SJ<sub>48</sub>, SJ<sub>49</sub>, SJ<sub>51</sub>.

2) Estas rocas son, conjuntamente con las rocas estratificadas, las que presentan a mejor selección. También es característico que esta propiedad varíe poco alrededor del promedio.

3) Las rocas de este grupo son las que presentan, en promedio, la menor cantidad de fracción arena, hallándose en ellas el mínimo absoluto. En este sentido también se observa que el contenido máximo de arena, es francamente menor al máximo de las rocas de los grupos "a" y "c" y comparable a las rocas estratificadas.

4) Por definición, estas son las rocas limosas masivas con la mayor proporción de fracción limo. Sin embargo, existen algunas rocas del grupo "a" que pueden presentar un porcentaje de limo mayor que éstas. El 50 % presenta la clase modal en la fracción limo y el otro 50 % en la fracción arcilla. Son excepcionales las muestras de este grupo que presentan la clase modal en la fracción arena.

Casi el 80 % de las muestras tienen un contenido de limo más arcilla comprendido entre el 70 y el 95 %, el resto de las muestras tienen un contenido más elevado aún. Esa característica las hace similares a los loess típicos definidos por SMALLEY (1966). En la figura N° 22 se muestran las proporciones de arcilla, limo y arena en un triángulo textural.

5) Estas rocas tienen una proporción elevada de fracción arena fina, pudiendo llegar a ser toda fina, pero es corriente que presenten arena media y gruesa en cantidad moderada. En casos excepcionales, pueden llegar a tener la cuarta parte de la fracción arena constituida por arena gruesa.

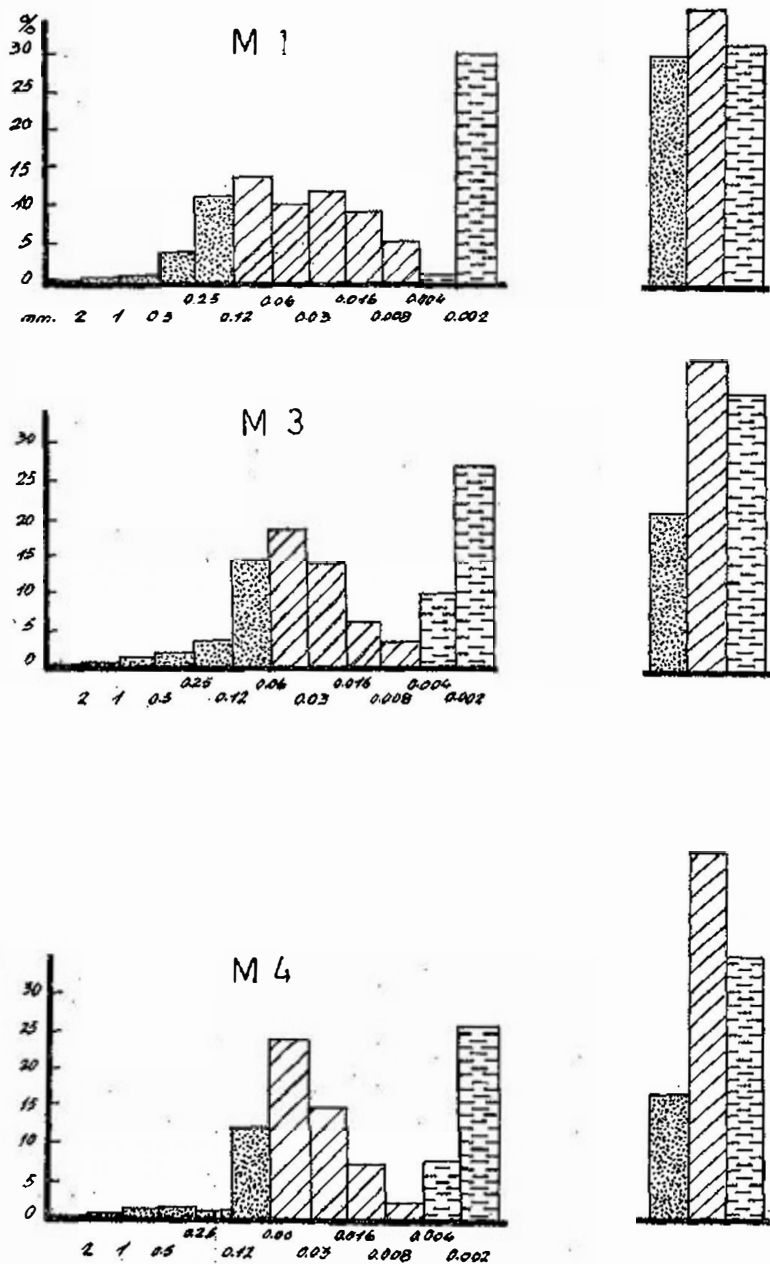
6) La fracción arena presenta una selección intermedia entre la de las rocas estratificadas, que es excelente y de las rocas del grupo "a", que es relativamente mala. En general, es comparable a la selección de la fracción arena de las rocas del grupo "c".

7) El diámetro medio de la fracción arena de las rocas de este grupo, es francamente inferior al de las rocas del grupo "a" y comparable al diámetro del resto de las rocas limosas. La dispersión que presente el  $Md$  es muy pequeña.

Algunas de las rocas de este grupo presentan numerosas clases texturales, pero en general, el número de clases es menor al del grupo "a". La mayor parte de las muestras presentan 7 clases texturales.

La mayor parte de las rocas de este grupo que han sido estudiadas, pertenecen a la formación *Libertad*, extraídas en el Depto. de *San José*. Muchas de las características ya indicadas pueden reconocerse en las curvas de porcentajes acumulativos presentadas en la figura N° 7. El resto de las rocas de este grupo



FIG. 13a.—Histogramas de las muestras M<sub>1</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>.

pertenece también a la formación *Libertad*, pero se trata de muestras extraídas en el Depto. de Montevideo (muestras *M*) y sus características pueden reconocerse en la figura N° 8. En ésta, se observa que existen dos tipos de rocas dentro de la *Formación* y que ambos grupos son identificables porque las partes de las curvas que corresponden a las fracciones gruesas se separan.

Los histogramas de las muestras de este grupo, presentan, en todos los casos, asimetría positiva y sólo algunas muestras presentan histogramas casi simétricos. En la tabla N° 4, se ven los valores *SK* que presentan estas muestras, notándose que la mayor frecuencia está en los términos medianos.

*Análisis de las características texturales del grupo "c".—Fangolitas*

1) Por definición, este grupo reúne las rocas limosas con menor proporción de fracción limo y sin arena gruesa. Eso se refleja en el *Md*, que es promedialmente el mayor, porque la fracción limo que falta, es reemplazada por una alta proporción de arena fina. En ciertas muestras, la deficiencia de fracción limo es compensada por una mayor proporción de arcilla. En consecuencia, el *Md* de estas rocas presenta una gran dispersión.

2) La selección de las rocas de este grupo es mala, apreciándose un entorno de variación del *So*, relativamente reducido, por lo que no existen rocas de este tipo que sean bien seleccionadas.

3) Conjuntamente con las del grupo "a", son las rocas limosas que presentan mayor porcentaje de arena, ello se refleja en el contenido de limo más arcilla que en la mitad de las muestras no alcanza al 70 %. Con todo, el rango e variabilidad del contenido de arena es el más amplio.

4) Como se han indicado en el punto 1, son las rocas limosas que contienen menor porcentaje de limo. Sus valores promedio, máximo y mínimo, son menores que los respectivos valores de los otros tipos de rocas limosas. De las muestras estudiadas, no existe un solo caso en el que la clase modal esté dentro de la fracción limo. Las relaciones entre las fracciones arena y arcilla.

Como se ha mencionado que el contenido promedio de arcilla de las rocas limosas es similar para todas, pero son las rocas de este grupo, las que llegan a contener el máximo absoluto. Las proporciones de estas tres fracciones se muestran gráficamente en la figura N° 22.

6) Presentan una proporción de arena fina bastante elevada, siendo superadas únicamente por las rocas limosas estratificadas. Pueden llegar a contener el 100 % de arena fina y su mínimo contenido es francamente más alto que el mínimo de las rocas de los grupos "a" y "b". Tienen una proporción bastante baja de arena media y muy pequeña de arena gruesa.

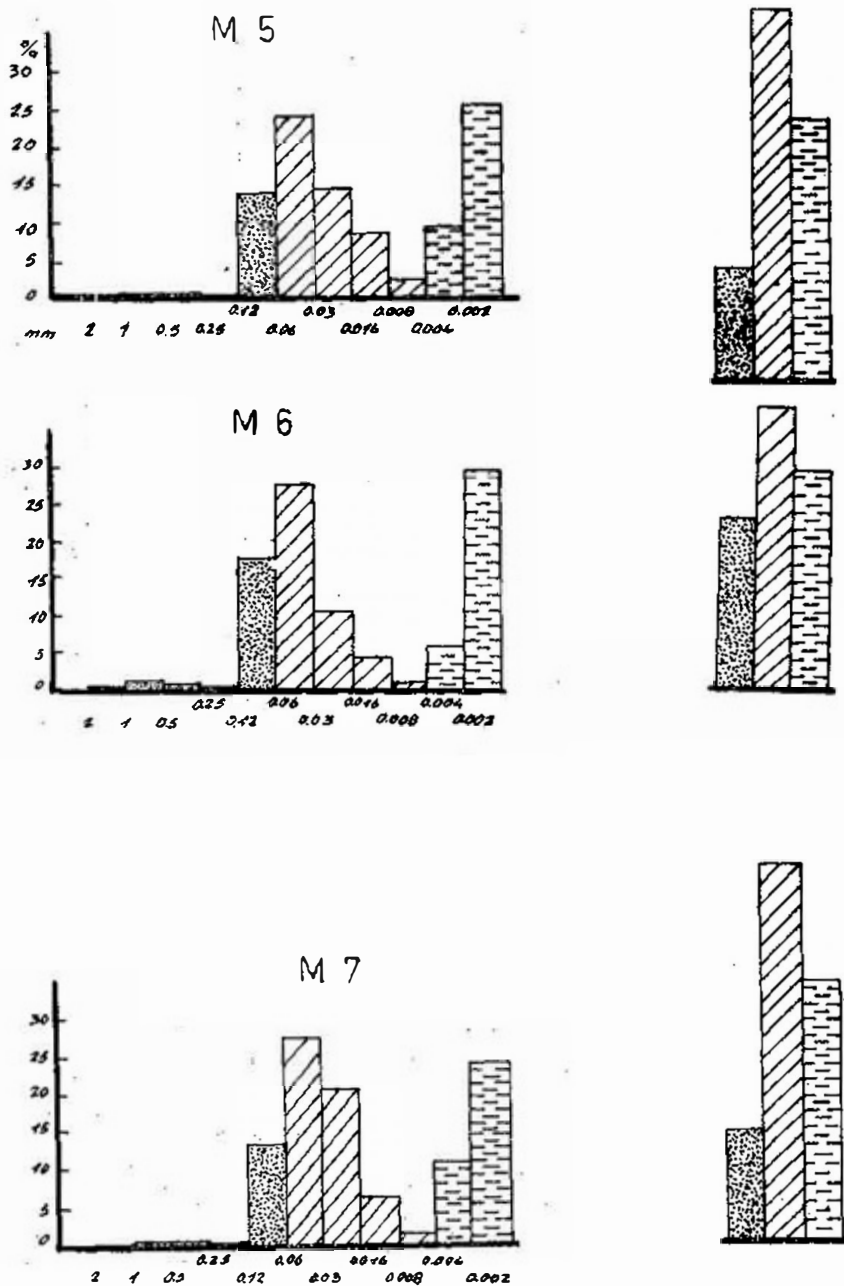


FIG. 13b.—Histogramas de las muestras M<sub>5</sub>, M<sub>6</sub>, M<sub>7</sub>.

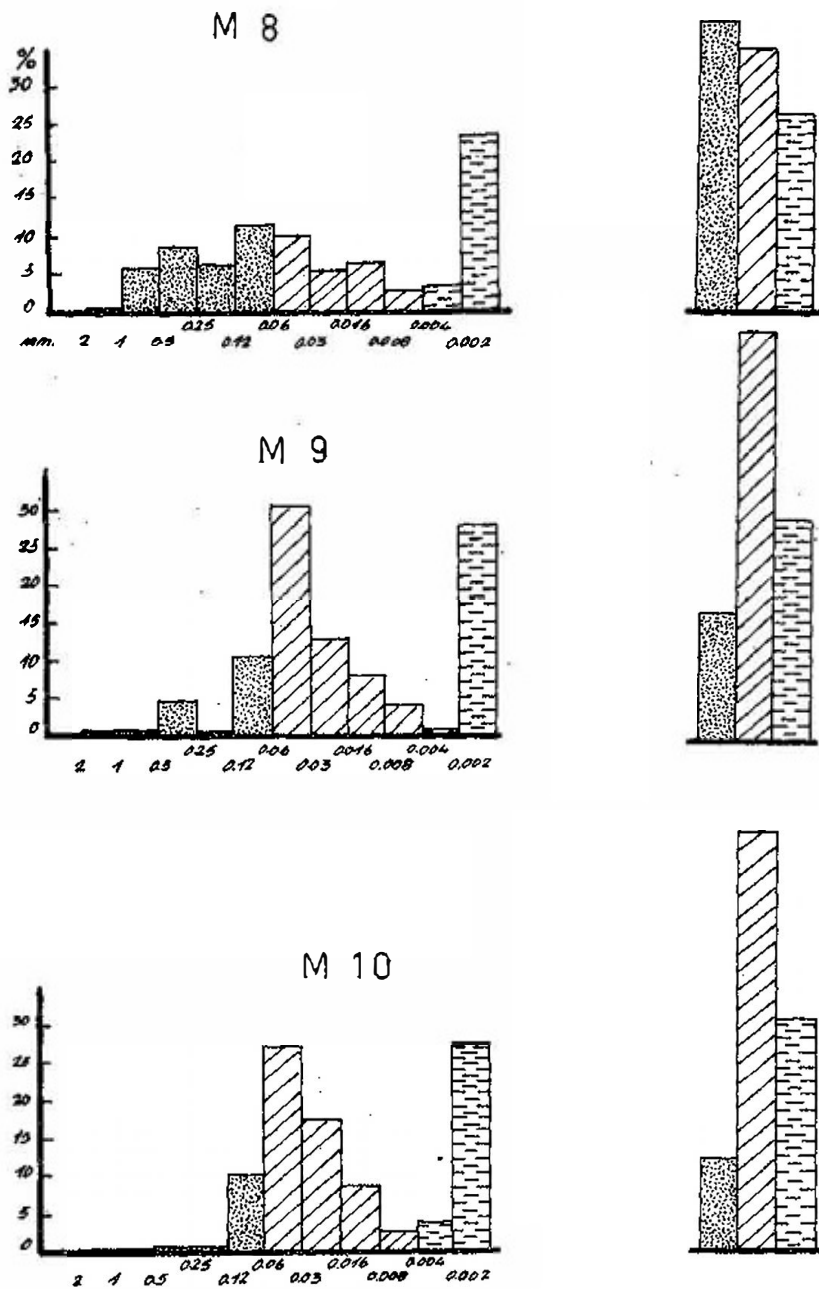
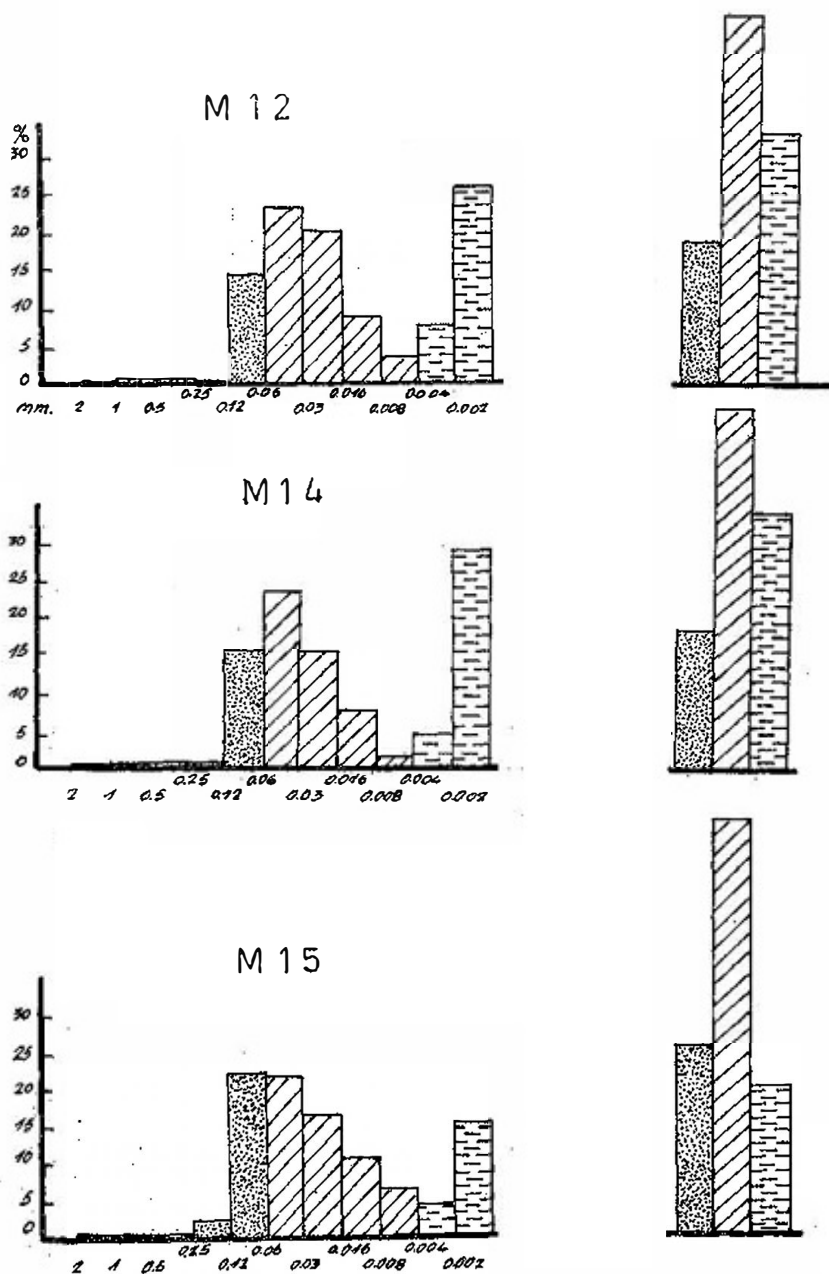


FIG. 13c.—Histogramas de las muestras Ms, Mo, Mo.

FIG. 13d.—Histogramas de las muestras M<sub>12</sub>, M<sub>14</sub>, M<sub>15</sub>.

7) La selección de la fracción arena, es bastante buena, mejor que el resto de las rocas masivas.

8) El tamaño medio es comparable al de las rocas estratificadas y al del grupo "b" de las rocas masivas.

9) El número de clases texturales es bastante bajo, variando entre 7 y 10, siendo 8 y 9 los números frecuentes.

Las rocas de este grupo, pertenecen a diferentes Formaciones, como puede observarse en la tabla N° 7. Las curvas de porcentajes acumulativos, tanto de la roca total, como de la fracción arena, se presentan en las figuras 4, 5, 7, 8, 19, 20. En dichas curvas las rocas de este grupo se hallan integradas al núcleo general sin que se puedan distinguir por ningún carácter especial.

Las curvas de frecuencias de estos sedimentos presentan asimetría positiva; los valores SK se dan en la tabla N° 4.

#### DISCUSION DE ALGUNOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA CLASIFICACION PROPUESTA

La nueva clasificación propone un criterio estricto respecto al conjunto de rocas que deben considerarse limosas. En este trabajo se denominan *rocas limosas* aquellas que presentan el diámetro mediano (*Md*) dentro del intervalo "limo" de la escala de WENTWORTH es decir entre 0.062 mm. y 0.004 mm. Si bien este criterio no es original, debe quedar perfectamente especificado su empleo, porque según el mismo, existen rocas limosas en las que la fracción limo no predomina.

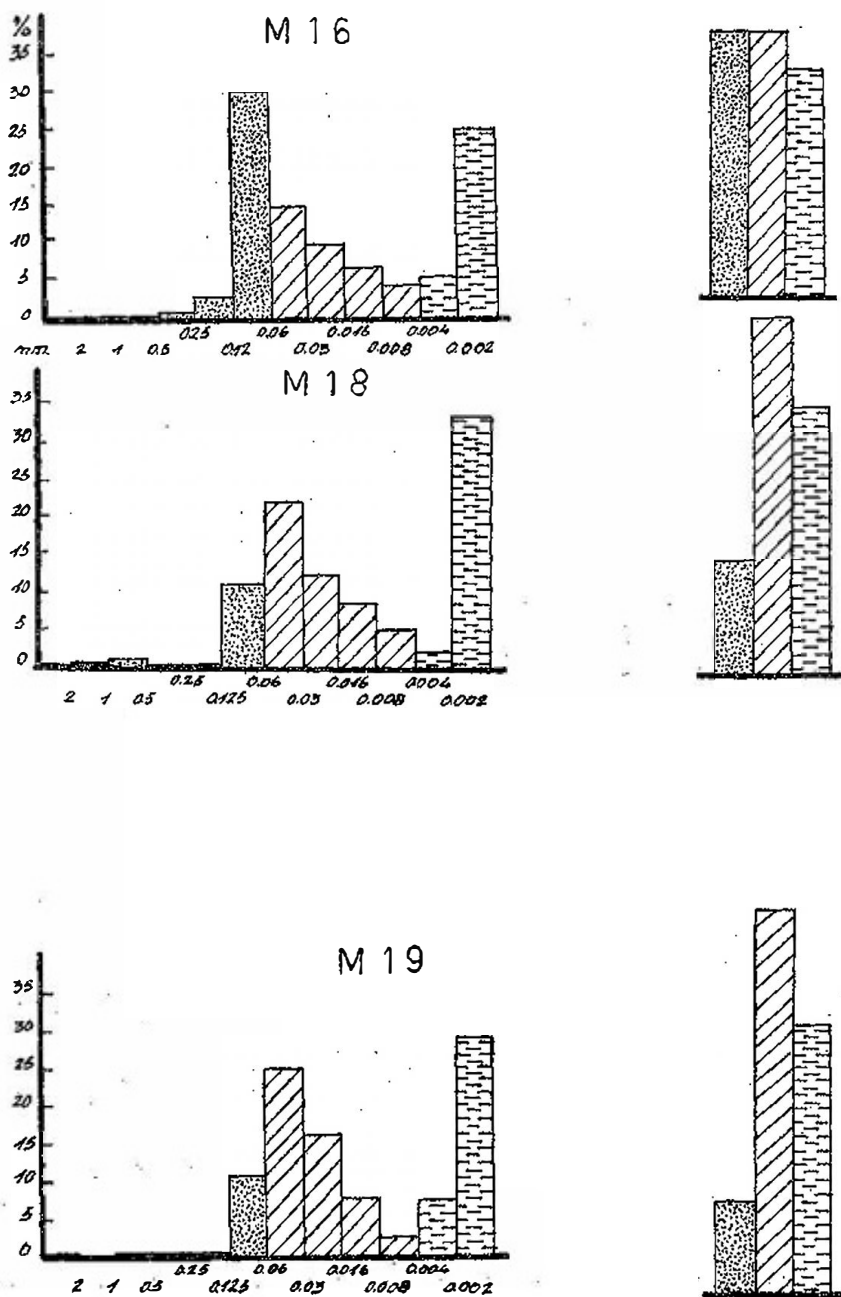
Este criterio implica además, que las arcillas se reconocerán como tales cuando su diámetro mediano quede comprendido dentro de la fracción arena, lo que no necesariamente significa que estén en forma de esa fracción.

Si bien en principio, puede considerarse un defecto del criterio propuesto, en la práctica se da sólo en casos excepcionales. Por ej., ello ocurriría, en las sedimentitas que conteniendo un porcentaje débilmente inferior al 50 % de arena, tienen simultáneamente gravilla y grava.

Ese problema no se resenta con las rocas arcillosas, pues para que el *Md* sea inferior a . mm. debería contener más del % de fracción arcilla.

Respecto a la acepción usada en este trabajo, se aplica el criterio sustentado para la clasificación de rocas sedimentarias empleado por BOSSI, FERNANDEZ y ELIZALDE (1967).

La clasificación textural-estructural propuesta, ofrece la ventaja de ser fácilmente aplicable al trabajo de campo; brinda un menor número de clases que la clasificación puramente textural,



F7. 14a.—Histogramas de las muestras M16, M18, M19.

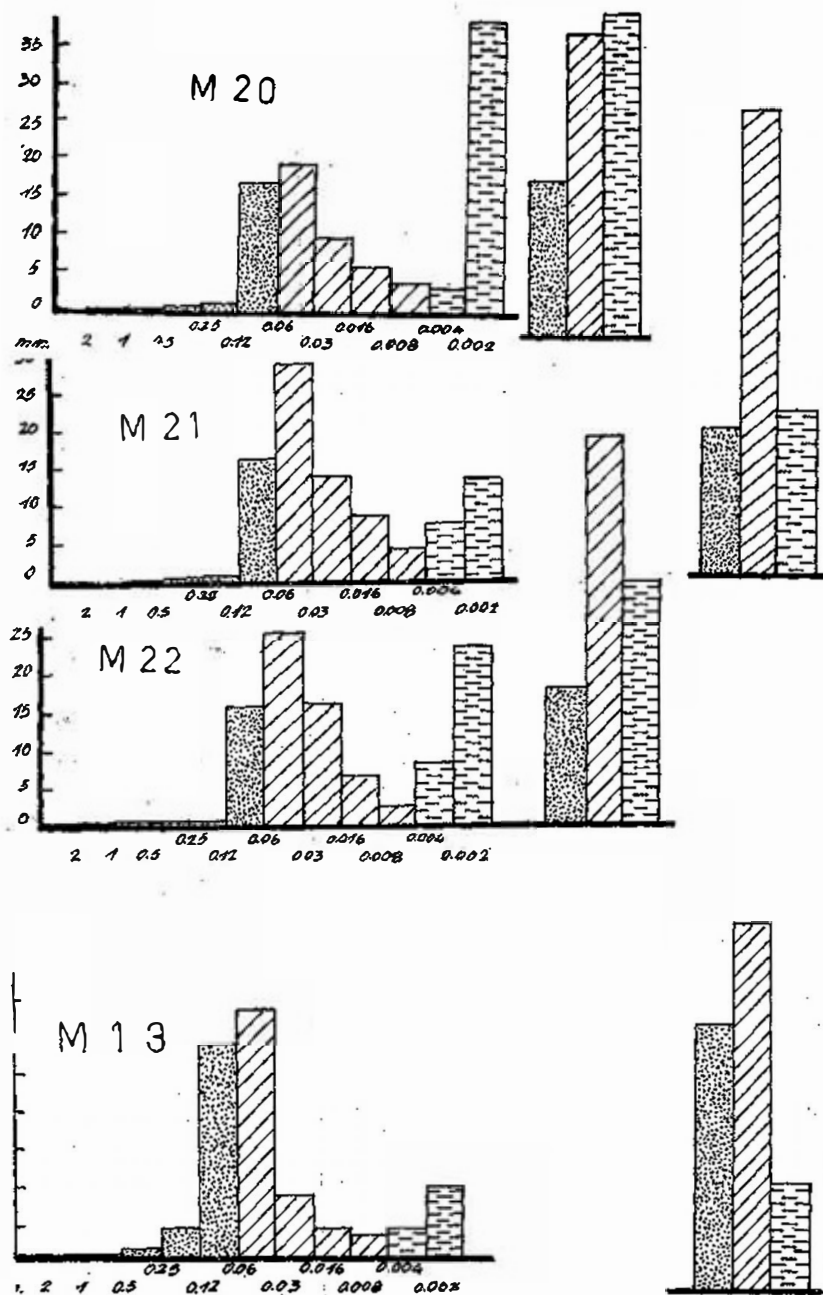


FIG. 14b.—Histogramas de las muestras M20, M21, M22, M13.



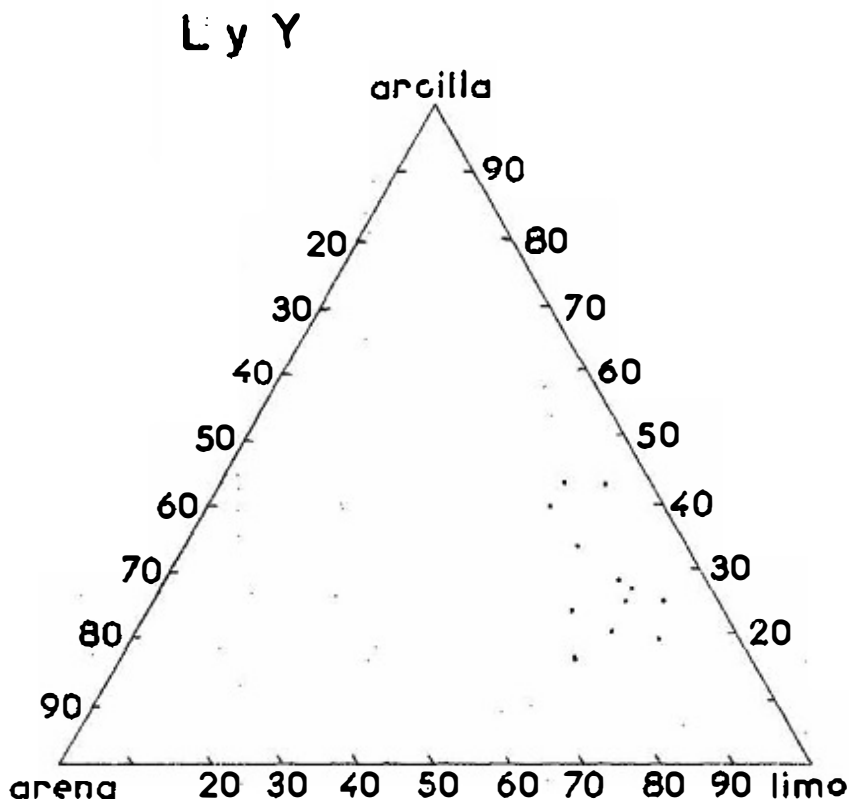


FIG. 15.—Relación entre las fracciones arcilla, limo y arena de las rocas limosas estratificadas expresadas en triángulo textural.

basada en triángulos (PETTIJOHN, 1963). Esta última necesita de un respaldo muy amplio de análisis de laboratorio para tener confiabilidad. La presencia de arena media, gruesa y gravilla, dificulta la determinación macroscópica del contenido de las fracciones más finas, a la vez que su presencia no es representable en un triángulo textural. En este sentido las rocas que integran los grupos "a" y "c" propuestos en este trabajo, están agrupados dentro de las mismas áreas del triángulo citado, por lo que una nomenclatura macroscópica para el trabajo de campo, basado en diferentes clases de un triángulo textural, no sería de utilidad. Con la clasificación propuesta son fácilmente identificables.

Otro aspecto a considerar, es que la clasificación, si bien está basada en caracteres puramente petrográficos tiene significación al considerar aspectos genéticos.

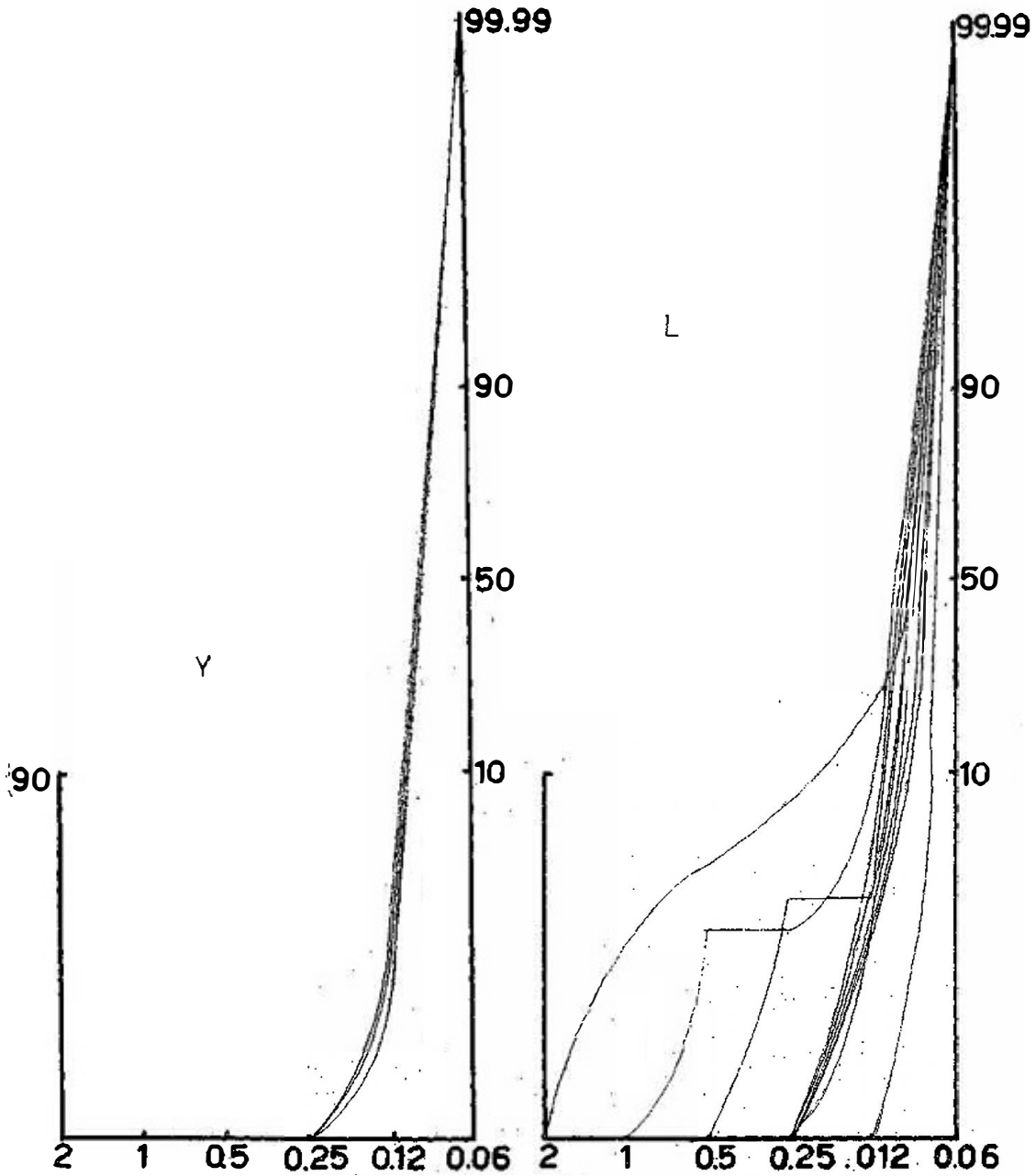


FIG. 16.—Curvas de porcentajes acumulativos de la fracción arena de las muestras L e Y.

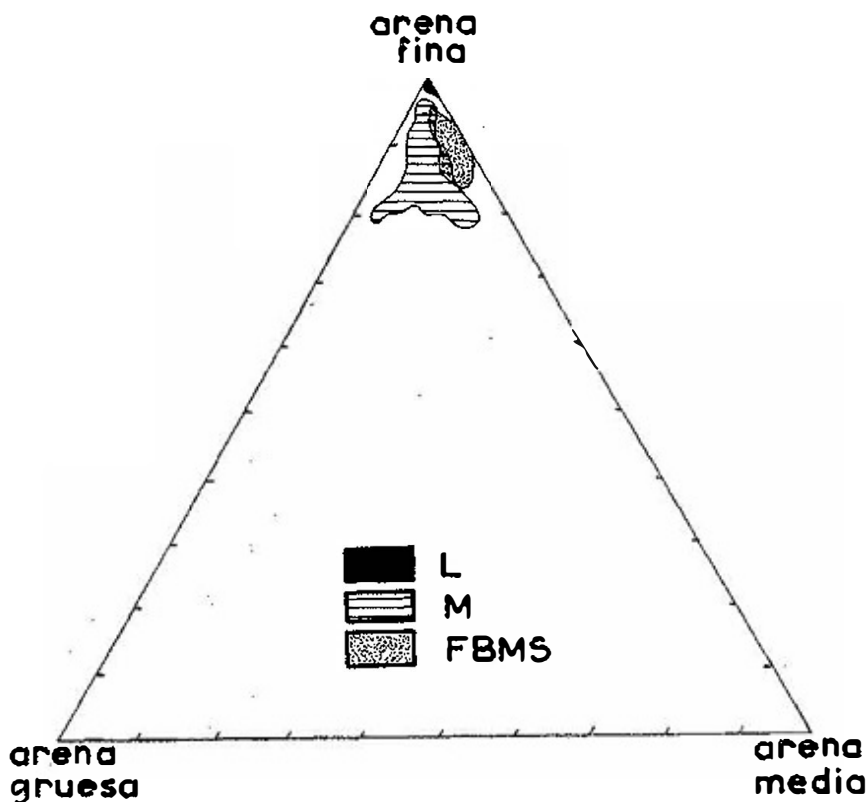


FIG. 17.—Relación entre la arena fina, media y gruesa de las muestras L, M y FBMS, en triángulo textural para la fracción arena.

Con ese criterio, es que se han agrupado todos los datos analíticos de acuerdo a las Formaciones a que pertenece cada una de las muestras.

Por ejemplo en las figuras Nos. 3 y 4, se representan las curvas de porcentajes acumulativos de las muestras L e Y. Estas pertenecen excepto dos casos, al grupo de rocas limosas estratificadas. A su vez, esas muestras pertenecen a estratos que se han sedimentado en ambientes subacuáticos muy similares. Es precisamente el ambiente de sedimentación quien le ha impreso a cada muestra las características texturales y estructurales que se han empleado para su clasificación.

Las muestras Y, pertenecen a otra Formación que las rocas L, pero como ya se dijo, las condiciones de sedimentación de ambas eran similares y ambos tipos de muestras reciben por la clasificación propuesta, la misma denominación.

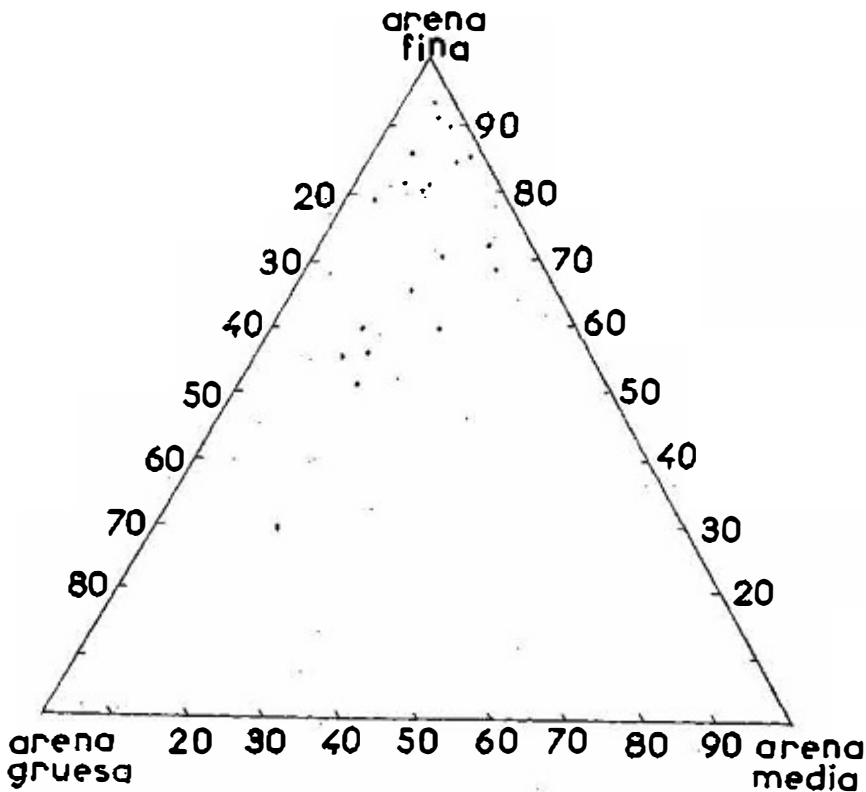


FIG. 18.—Relación entre la arena fina, media y gruesa de las lodolitas, expresada en un triángulo textural para la fracción arena

Iguals consideraciones pueden realizarse respecto a las muestras *FBMS*, de la formación *Fray Bentos*. En la figura N° 5 se representan las curvas acumulativas de todas las muestras estudiadas en la hoja Fray Bentos-Mercedes. Todas esas muestras, se han sedimentado en condiciones sumamente similares, pero la mitad de ellas, aproximadamente, tienen el Md en la fracción limo y las otras en la fracción arena. Las primeras son rocas limosas y las segundas areniscas. Prácticamente todas las rocas limosas de la formación *Fray Bentos*, que tienen en general muy similares características, pertenecen al grupo "c".

El hecho de que ninguna roca del grupo "c" tenga la clase modal en la fracción limo, debe estar indudablemente ligado a la asociación de estas rocas con las areniscas, tal como se ha observado en la formación *Fray Bentos*. Es más, en la mayor parte de las muestras estudiadas, la clase modal se encuentra en la arena fina.

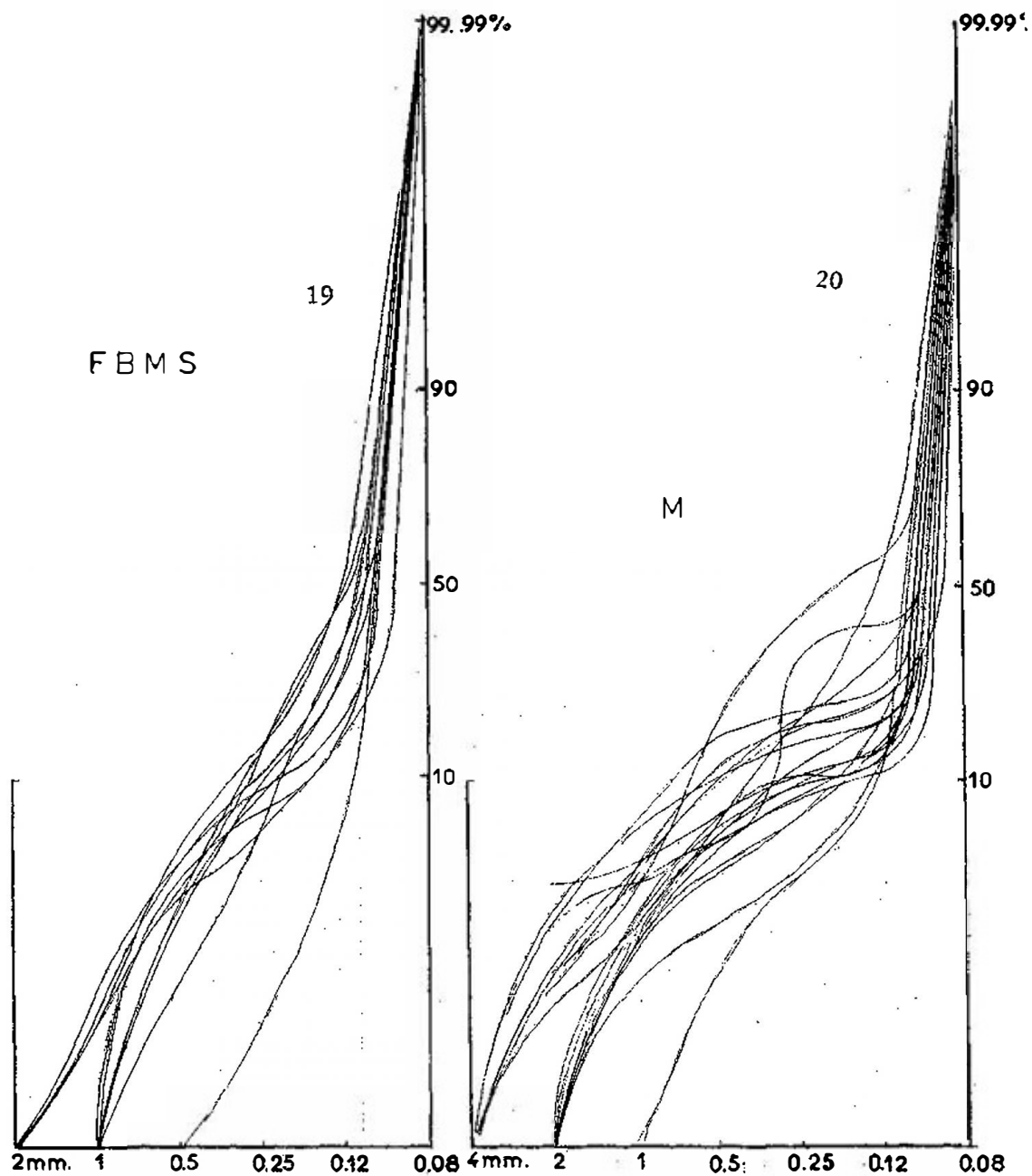


FIG. 19.—Curvas de porcentaje acumulativos de la fracción arena de las muestras FBMS.

FIG. 20.—Curvas de porcentaje acumulativos de la fracción arena de las muestras M.

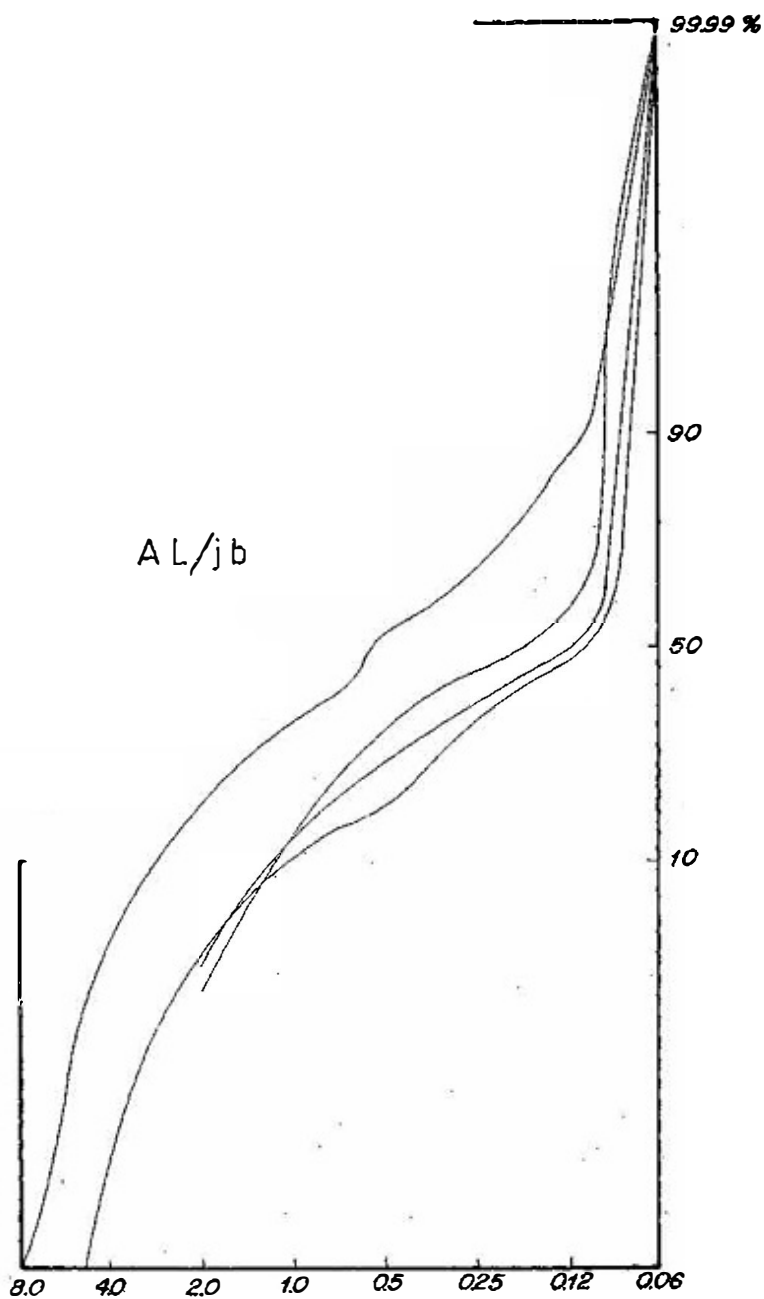


FIG. 21a.—Curvas de porcentaje acumulativos de la fracción arena de las muestras AL/jb.

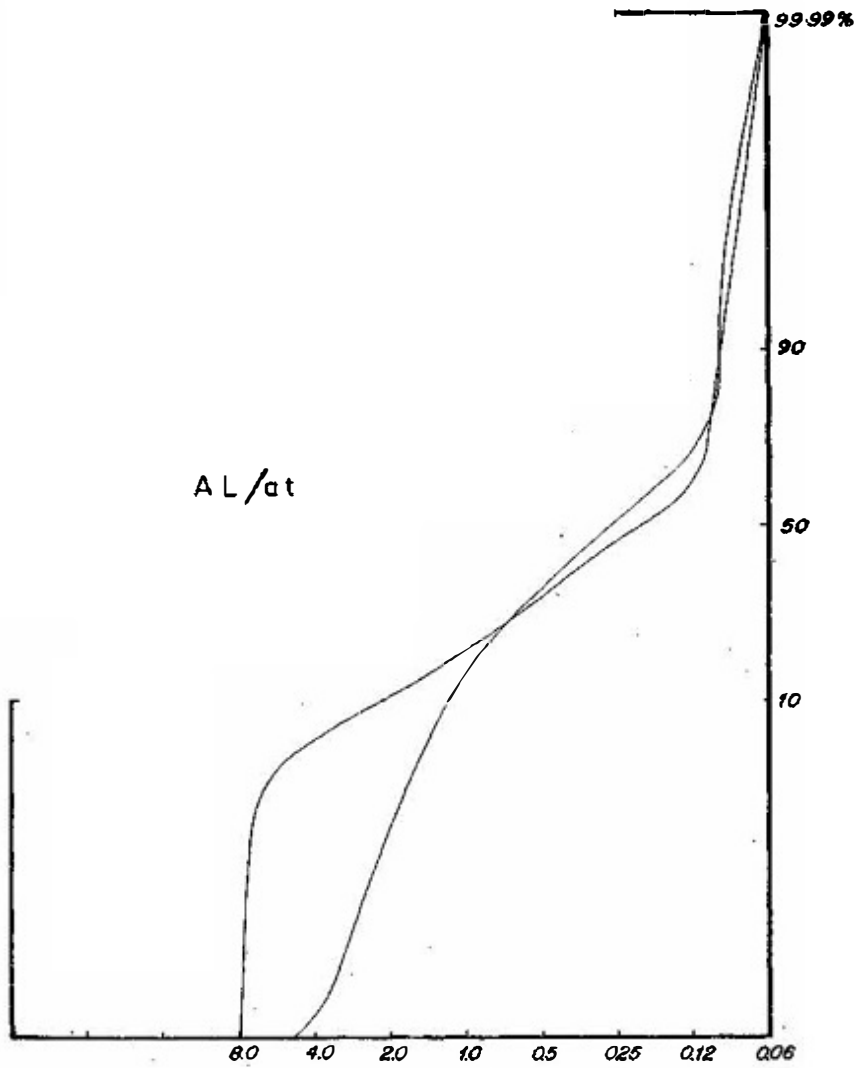


FIG. 21b.—Curvas de porcentajes acumulativos de la fracción arena (muestras AL/at).

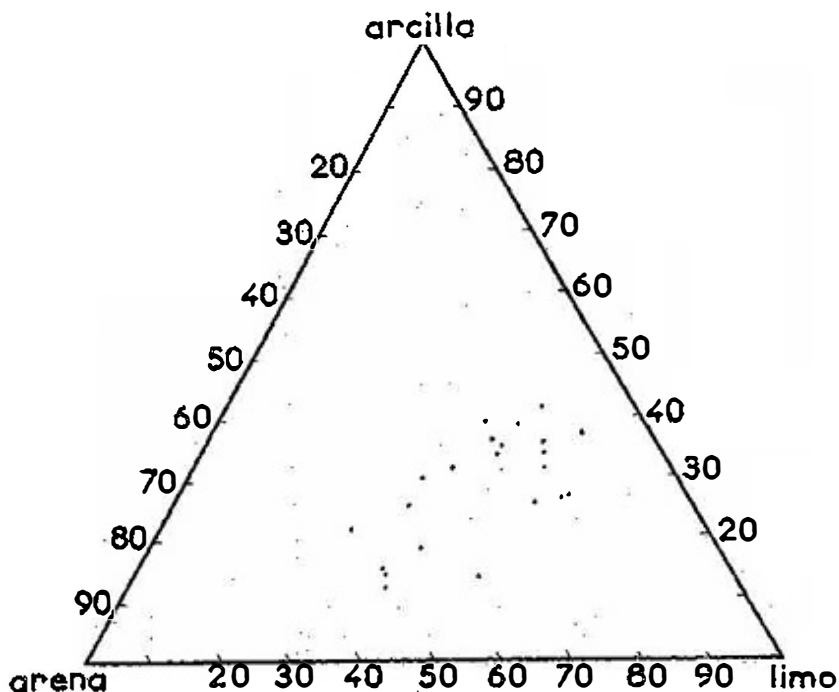


Fig. 22.—Relación entre las fracciones arena, limo y arcilla de las muestras de las rocas limosas masivas representada en un triángulo ternario.

Existe dentro de las muestras estudiadas, otro ejemplo de la validez genética de la clasificación propuesta: se trata de las rocas de la formación *Libertad*. Esta Formación fue muestreada en el departamento de San José (muestras *SJ*) y en el departamento de Montevideo (muestras *M*). Como se puede observar en la tabla N° 7 dentro de esta Formación se encuentran representados los tres grupos de rocas limosas masivas.

Según GOSO-BOSSI (1966) la formación *Libertad* se ha originado como depósitos de loess periglaciales, en ambiente estepario, los que en parte han sido removilizados posteriormente en climas más húmedos en forma de flujos de barro.

Los depósitos de origen loésico son con frecuencia francamente limosos, bien seleccionados y masivos con muy bajo contenido de partículas de arena media y gruesa. Estas características corresponden en nuestra clasificación a las rocas limosas masivas del grupo "b".

Las muestras *SJ*, que hemos estudiado, en su mayoría pertenecen a este grupo y serían representantes de los loess mencionados por los autores citados.



Cuando los loess han sido removilizados en flujos de barro incorporan detritos groseros de arena gruesa, gravilla y aún, grava, según lo expresado por GOSO-BOSSI. El resultado es un sedimento constituido por una proporción menor de fracción limo que el loess original y con una cantidad apreciable de arena gruesa. Las rocas masivas del grupo "a" incluyen a este tipo de sedimentos.

Estos autores citan también que, en algunos casos, la discordancia existente entre la formación *Libertad* y la formación *Raigón* está expresada por la removilización de los sedimentos arenosos de esta última y su incorporación a los barros limosos de la formación *Libertad*, que fluyen por encima. Si la arena incorporada pertenece a la fracción fina, el resultado es un sedimento que reúne las características indicadas para las rocas del grupo "c".

Lo expresado anteriormente, es una prueba de que los tres tipos litológicos identificables dentro de la formación *Libertad*, según la clasificación propuesta, tienen sus fundamentos en tres procesos sedimentarios diferentes.

Las muestras de la formación *Paso del Puerto (AL)* estudiadas en este trabajo, son sedimentitas masivas pertenecientes al grupo "a". Según esto deberían tener alguna similitud genética con las rocas de la formación *Libertad*.

El origen de la citada Formación no ha sido aún estudiado pues se trata de un conjunto de sedimentos y rocas sedimentarias recientemente descritas por TECHEIRA (1967). En el momento actual, se dispone de descripciones detalladas de campo y escasos datos de laboratorio.

De acuerdo a esa escasa información, se concluye que esta formación presenta caracteres similares a las formaciones brasileñas *Pariquera-Açu* y *Guabirotuba*. Esas similitudes involucran caracteres petrográficos y estructurales. Las similitudes petrográficas se refieren a:

- 1) diámetro mediano
- 2) número de clases texturales y sus frecuencias
- 3) frecuencia de la clase modal en arena, limo y arcilla
- 4) índice de selección
- 5) grado de redondeamiento de la fracción arena
- 6) forma y distribución de las curvas de porcentajes acumulativos
- 7) contenido en feldespatos de la fracción arena.

Se destaca que las características mencionadas son justamente aquellas sobre las que el agente de transporte influye de manera más marcada.

Respecto a la formación *Pariquera-Açu*, BIGARELLA, MOUSINHO (1965, 32), sostiene el siguiente mecanismo de transporte:

“Os caracteres estruturais e texturais da formação *Pariquera-Açu* relevam, para a deposição dos sedimentos, processos característicos de clima semi-árido. Entre estes, os transportes em massa desempenham papel preponderante (corridas de lama e corridas em lençol, “mud flow e sheet flow”).”

Refiriéndose a la formación *Guabirota*, BIGARELLA y SALAMUNI (1962, 147) expresan:

“A concentração das chuvas em certas épocas, conferia as mesmas un carácter torrencial. Caindo sobre o solo desprotegido corriam as águas sob a forma de enxurradas em longos, arrastando os sedimentos vertentes abaixo em direção aos vales e canais de drenagem. Estas enxurradas comportavam-se como verdadeiros rios de lama de densidades elevadas, incapazes de seleccionar os sedimentos de acordo como o tamanho dos grãos e sem capacidade de un transporte longo de sua carga, a qual era, em sua maior parte, depositada na primeira quebra de gradiente do curso d'água intermitente”.

Posteriormente, BIGARELLA, MOUSINHO y DA SILVA (1965), ratificaron dicho proceso de sedimentación.

Estos autores indican entonces, que durante los procesos de sedimentación de formaciones similares a *Paso del Puerto*, los transportes en masa han tenido un papel preponderante. En base a esas consideraciones se puede suponer que fueron procesos de flujos de barro los que dieron origen a los sedimentos de la Formación uruguaya y que en este trabajo se clasifican como rocas limosas masivas del grupo “ $\alpha$ ”.

Es decir, que se puede presumir con cierto fundamento, que la similitud petrográfica entre algunas de las rocas de las formaciones *Paso del Puerto* y *Libertad*, (lodolitas), se debe a que en ambas formaciones han ocurrido procesos sedimentarios similares.

## NOMENCLATURA

Este es uno de los aspectos que se ha considerado con mayor preocupación, evitando en lo posible la introducción de nuevos términos. Se estudiaron los nombres a aplicar a la fracción granulométrica, a los sedimentos comprendidos dentro de esa fracción y a cada uno de los tipos petrográficos propuestos.

La nomenclatura actual referente a los sedimentos y sedimentitas similares a las estudiadas en este trabajo, está compuesta por los siguientes nombres: limo, limolita, lutita, fango-

lita, lodolita y loess; también se emplean aleurita y aleurolita, que son términos de introducción más moderna, mencionados en la literatura de origen ruso.

Etimológicamente, *limo*, *limolita*, *lutita* y *lodolita*, provienen del latín, de las palabras *limus* y *lutus*, que significa fango, barro o lodo, en castellano. *Fangolita* (fango) proviene del gótico, con igual significado que las anteriores. *Loess* proviene, según HOLMES (1962, 260) del nombre de una ciudad de Alsacia así denominada. LEPLAT (1968) indica que ese término "ha sido dado por los habitantes del valle del Rhin a un limo amarillo pálido, calcáreo, suave al tacto, pulverulento y sin embargo tan coherente como para mantenerse en paredes verticales". También aclara que: "Este término, proveniente del alemán *lose*, explica el carácter friable de este depósito". PLAISANCE y CAILLEUX (1958) en la parte etimológica consideran a dicha palabra proveniente de la raíz indoeuropea *lu* que significa "desprendido" y del viejo alto alemán *los* (suelto, incoherente) y *lösen* (flojo, suelto).

Los nombres *aleurita* y *aleurolita* han sido propuestos en fecha relativamente reciente por ZABARITSKY, A. N., según RUKHIN (1961, 122). Proviene de la palabra griega *aleuron* que significa "harina".

Desde el punto de vista sedimentológico cada uno de esos términos ha sido empleado con diferentes significados, como se considera a continuación.

La palabra *limo*, se aplica, prácticamente en forma universal, para denominar la fracción comprendida entre la arcilla y la arena. También se usa con bastante frecuencia, como nombre genérico para los sedimentos constituidos esencialmente por esa fracción. En algunas ocasiones, se le ha dado un sentido genético y ha sido aplicado a los sedimentos constituidos por fracción limo, pero de origen fluvial (CAIYEUX, 1929).

*Limolita* es el término aplicado a la sedimentita que proviene de la consolidación de un limo. A consecuencia del variable significado de este término, la palabra *limolita* se usa tanto en sentido genérico (aplicada a todas las rocas provenientes de sedimentos limosos), como específico. PETTIJOHN (1963; 378) especifica que las limolitas deben contener más del 75 % de fracción limo y corrientemente presentan estratificación. BONORINO y TERUGGI (1961), por el contrario, consideran que son rocas carentes de fisilidad.

Los términos *lodolita* y *fangolita*, se han empleado con un sentido genérico y se aplican a las rocas resultantes de la consolidación de un lodo, barro o fango. En algunos casos, no se especifican las características petrográficas de estas rocas, en

lo que respecta a su estructura o textura. En otros, se aplican estos nombres cuando la textura es limo-arcillosa y no presentan fisilidad.

Sedimentológicamente, la palabra *loess*, tiene un significado petrográfico bastante concreto y aceptado en forma universal. Las mayores controversias se plantean respecto a su origen, aunque actualmente, sus facies eólico, con deposición en ambiente estepario, periglacial o peridesértico, es muy aceptado.

*Aleurita* ha sido introducido para denominar a los sedimentos inconsolidados de la fracción limo. No se ha encontrado en la literatura sedimentológica otra acepción para esta palabra. De la misma manera, *aleurolita* se ha empleado únicamente para denominar rocas limosas o a las sedimentitas consolidadas, provenientes de las *aleuritas*. Siempre se le ha dado un carácter genérico.

*Lutita*, es el término petrográfico que se emplea para denominar a las pelitas más finas, generalmente cuando desarrollan estratificación o fisilidad. Si bien es frecuente que las *lutitas* posean su diámetro mediano dentro de la fracción limo, normalmente se consideran como rocas que provienen de la consolidación de una arcilla.

Los nombres empleados en la nomenclatura propuesta son *limo*, *aleurita*, *aleurolita*, *limolita*, *lodolita*, *loess* y *fangolita*, aplicados según las siguientes definiciones:

Para la denominación de la fracción granulométrica comprendida entre 0.062 y 0.004 mm. se propone mantener el nombre de *fracción limo*, universalmente aceptado.

Para denominar a los sedimentos inconsolidados, cuyo *Md* queda comprendido dentro de la fracción limo, se propone el término *aleurita*, evitando el empleo del sustantivo limo con una acepción diferente a la ya adoptada. Se elimina así la posibilidad de confusión, que ocurre cuando dentro de un mismo tema, se emplea un término con dos significados diferentes. Paralelamente, se evita la posibilidad de considerar a estos sedimentos compuestos siempre predominantemente por fracción limo.

Etimológicamente, *aleurita* encuentra tanto fundamento como limo. Este último hace referencia a la propiedad común a todos estos sedimentos, que forman barro cuando se mezclan con agua. De la misma manera, *aleurita* hace referencia a otra propiedad común: por su tamaño de grano, todos estos sedimentos son una verdadera "harina" de minerales.

Al adoptar el término *aleurita* para los sedimentos cuyo *Md* está comprendido entre 0.062 y 0.004 mm., es bastante lógico designar *aleurolitas* a las sedimentitas correspondientes, en forma genérica. De esa manera se evita emplear el sustantivo *limolita* que, como se indicó, tiene un sentido genérico bastante

discutible, reservándolo para denominar al tipo litológico constituido esencialmente por fracción limo y con estratificación. Se propone entonces, denominar *limolitas* a las rocas limosas estratificadas, estudiadas previamente.

Las rocas limosas masivas del grupo "a" de este trabajo, constituyen un tipo totalmente nuevo en la petrografía de las sedimentitas, que, como se ha considerado, han sedimentado corrientemente a través de procesos de movimientos en masa o flujos de barro. Por ese motivo se propone para las mismas la denominación de *lodolitas*.

Las rocas masivas del grupo "b" han sido caracterizadas por los parámetros analíticos de las rocas uruguayas sedimentadas en facies loésicas y reúnen, como ya se ha visto, las características de los loess, aunque se acepta que sedimentos depositados en ambientes diferentes, pueden presentar también esas características. Para este grupo de rocas limosas se propone la denominación de *loess*.

Preliminarmente el empleo de este término puede dar lugar a controversias, pues normalmente se considera que el mismo tiene esencialmente carácter genético. Sin embargo, se hace notar que cualquier geólogo es capaz de reconocer un loess en el campo, por medio de sus propiedades petrográficas, aún antes de poder reconocer en forma inequívoca el proceso sedimentario que le dio origen. A título de ejemplo, se recuerda que las controversias ocurridas sobre los loess pampeanos y los misisipianos se referían exclusivamente a su origen y no a sus características. En este trabajo se coincide totalmente con PLAISANCE y CAILLEUX (1958) cuando expresan que la restricción de la acepción del término loess al contenido de cierto porcentaje de  $\text{CaCO}_2$  o a un origen eólico es contrario al sentido etimológico y popular y además excluye de los loess los materiales con sus mismas propiedades.

Para las sedimentitas limosas masivas del grupo "c" se propone la denominación de *fangolitas*. Este grupo se caracteriza por las proporciones equilibradas de arcilla, limo y arena, lo cual coincide con la definición que tanto PETTIJOHN (1963) como BONORINO y TERUGGI (1961) dan a sus "fangolitas".

### ERROR DE MUESTREO

Los datos de laboratorio han sido procesados de manera de proporcionar los resultados con el máximo significado estadístico. Sin embargo, no es posible considerar que sus resultados son extensibles a la mayor parte de las rocas limosas del Uruguay sin haber estudiado la incidencia del error de muestreo. Este capítulo está destinado a presentar el resultado de ese estudio.

De todos los parámetros que se han querido estimar, sólo se analizó el error de muestreo en aquellos de fundamental importancia para las subdivisiones que se proponen. Así, sólo se han considerado el % de arena gruesa, el % de limo, el índice de selección y el número de clases texturales.

La incidencia del error de muestreo se determinó por medio de la fórmula:  $V\bar{x} = \frac{s}{\bar{x} \sqrt{n}}$  en la que  $V\bar{x}$  es el error de muestreo relativo,  $s$  es la desviación típica de la estimación del parámetro considerado;  $\bar{x}$  es el valor promedio de dicha estimación y  $n$  representa el número de muestras estudiadas.

La desviación típica se determinó por la fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

Los resultados obtenidos para la arena gruesa son los que aparecen a continuación en la tabla N° 8.

TABLA N° 8

*Porcentaje de arena gruesa*

Roca	n	$\bar{x}$	s	$V\bar{x}$	$S\bar{x}$	t $S\bar{x}$	límites de conf.	
							inf.	sup.
limolitas	11	0.09	0.03	0.10	0.009	0.02	0.07	0.11
lodolitas	21	3.42	3.54	0.23	0.772	1.61	1.81	5.03
loess	26	0.47	0.35	0.15	0.069	0.14	0.33	0.61
fangolita	12	0.48	0.36	0.22	0.104	0.23	0.25	0.71

De la tabla anterior se desprende que el número de muestras de limolitas estudiado es suficiente para estimar el porcentaje de arena gruesa promedio de esas rocas, no ocurriendo lo mismo para las lodolitas ni para las fangolitas.

Puede considerarse que para los loess la muestra resultó ligeramente insuficiente.

Desde el punto de vista de la clasificación, dentro de las rocas masivas, las fangolitas y los loess forman conjuntamente un grupo excluyente respecto a las lodolitas: las primeras se caracterizan por su bajo contenido en arena gruesa (menor al 1 %) mientras que las lodolitas se distinguen por contener una cantidad apreciable de este tipo de arena y aún gravilla. Hecha esa consideración se pueden estudiar los loess y fangolitas conjuntamente, como muestras del grupo de rocas limosas masivas, con bajo contenido de arena gruesa. De esa manera el número de muestras estudiadas asciende a 38, el promedio de arena

gruesa se mantiene en 0.48 % y el error de muestreo se reduce a 0.13, lo que implica que la muestra es bastante satisfactoria.

En este caso se determinó también la desviación típica del promedio, el valor  $t$  en cada caso y los límites de confianza para los promedios. Todos esos valores aparecen también en la tabla Nº 8.

Respecto al % de limo los resultados se presentan en la tabla Nº 9.

TABLA Nº 9

*Porcentaje de fracción limo*

Roca	n	$\bar{x}$	s	$V\bar{x}$
limolitas	11	59.5	7.42	0.04
lodolitas	21	43.7	7.48	0.04
loess	26	57.5	14.83	0.05
fangolitas	12	42.3	7.26	0.05

Los datos de la tabla anterior son suficientemente claros como para no merecer mayor comentario, siendo evidente que el número de muestras ha sido suficiente para la determinación del contenido promedio de fracción limo de cada una de las aleurolitas.

Comentario similar puede hacerse del estudio efectuado respecto a los promedios de los índices de selección y del número de clases texturales, cuyo resultado aparece en las tablas siguientes. En el momento de concluirse este trabajo, se dispuso de los datos analíticos correspondientes a 13 nuevas limolitas. Sus valores, en general, no se apartan de los ya señalados, confirmando por lo tanto las cifras indicadas y las conclusiones de este capítulo.

TABLA Nº 10

*Índice de selección*

Roca	n	$\bar{x}$	s	$V\bar{x}$
limolitas	8	3.19	3.0	0.09
lodolitas	9	4.07	1.5	0.12
loess	10	3.36	0.9	0.08
fangolitas	7	3.88	1.2	0.12

TABLA N° 11  
Número de clases texturales

Roca	n	$\bar{x}$	s	$\sqrt{\bar{x}}$
limolitas	11	7 *		
lodolitas	21	10.0	1.28	0.03
loess	26	7.6	0.80	0.02
fangolitas	12	8.6	0.82	0.03

\* Todas las muestras tienen clases texturales.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores consideran imprescindible hacer llegar su reconocimiento a todas las personas que han prestado su apoyo para la culminación de este trabajo.

En primer término deben mencionarse todos los integrantes de la Cátedra de Geología de la Facultad de Agronomía, por su apoyo a la idea original, por su gran colaboración durante la etapa de ensayo empírico de la clasificación y también por haber cedido parte de los datos de laboratorio empleados. En este sentido, nuestro especial reconocimiento a Ricardo Cardellino y Lorenzo Ferrando por los datos sobre la formación *Libertad* de Montevideo, (Cardellino y Ferrando, 1969).

Tampoco es posible olvidar la gentileza del Qco. Héctor Goso y del Ing. Agr. César Armellini (ambos del Instituto Geológico del Uruguay) por haber cedido los datos de la formación *Libertad* en el departamento de San José.

Por último debe destacarse la colaboración del Programa de Estudio y Levantamiento de Suelos que colaboró con los trabajos realizados financiando la contratación de un becario, Bach. Ricardo Cayssials, que efectuó la mayor parte de los análisis de las muestras *FBMS* y *AL*.

### INDICE DE TABLAS CONTENIDAS EN EL TEXTO

- TABLA N° 1. Características texturales de las muestras estudiadas.  
 TABLA N° 2. Composición granulométrica completa de todas las muestras estudiadas.  
 TABLA N° 3. Características texturales de la arena de todas las muestras estudiadas.

NOTA: Los histogramas de todas las figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 están dibujados a la misma escala.



- TABLA N° 4. Frecuencias y promedios del valor SK, en los diferentes tipos de aleurolitas.
- TABLA N° 5. Resumen de las características texturales de las muestras estudiadas.
- TABLA N° 6. Resumen de las características texturales de la fracción arena de todas las muestras.
- TABLA N° 7. % de arena gruesa de las aleurolitas masivas.
- TABLA N° 8. Error de muestreo para el promedio de arena gruesa.
- TABLA N° 9. Error de muestreo para el promedio de fracción limo.
- TABLA N° 10. Error de muestreo para el promedio de índice de selección.
- TABLA N° 11. Error de muestreo para el promedio del N° de clases texturales.

### BIBLIOGRAFIA

- BIGARELLA, J. J. y MOUSINHO, M. (1965).—Contribuição ao estudo da formação Paríquera Açú (Est. de São Paulo). *Bol. Paranaense de Geogr.*, Nos. 16 y 17, págs. 17 a 42. (Curitiba - Brasil).
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO M. y DA SILVA, J. X. (1965).—Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. *Bol. Paranaense de Geogr.*, Nos. 16 y 17, págs. 177 a 152.
- BIGARELLA, J. J. y SALUMANI, R. (1962).—Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba. *Bol. de Univ. de Paraná, Geología N° 7*, Curitiba, Brasil.
- BONORINO, F. G. y TERUGGI, M. E. (1961).—Léxico Sedimentológico. *Centro de Est. de Cienc. Natur. Fac. Cienc. Exactas y Nat. Univ. Bs. As., Serie Geología N° 2*, Buenos Aires.
- BOSSI, J. (1966).—Geología del Uruguay. *Depart. de Publicaciones de la Univ. de la República*, Montevideo, Uruguay.
- BOSSI, J.; FERNANDEZ, A. y ELIZALDE, G. (1967).—Un curso de Geología. Cuaderno N° 4. Editado por la Asoc. de Estudiantes de Agronomía a Mimeógrafo. Montevideo.
- BULLETIN SIGNALETIQUE (1956-68).
- CAORSI, J. H. y GOÑI, J. (1958).—Geología Uruguaya. *Instituto Geológico del Uruguay*, Bol. N° 37, Montevideo.
- CAILLEUX, A. et TRICART, J. (1963).—Initiation a l'étude des Sables et des Galets. *C. de D. U.*, Paris.
- CARDELLINO, R. y FERRANDO, L. (1969).—Carta Geológica del Uruguay a escala 1:100.000, N° 2; Segmento Montevideo; Sector XCVII. *Depto. Public. Universidad de la República*, Montevideo.
- CAYEUX, L. (1929).—*Les roches sedimentaires de France. Roches siliceuses*. Paris, Francia.

- CHANG, T. (1961).—New date on the loess rocks of China. *Internat. Geology. Rev.*, Vol. 3, Nº 12, pp. 1143-1149.
- CHARLESWORTH, J. K. (1957).—The Quaternary Era. *Ed. Arnold*, London.
- CHEN, C. T. y HUA, M. (1947).—Mechanical Analysis of soils by Means of a Common Hydrometer. *Soil Sci.*, 64: 389-398, nov. 1947.
- DOEGLAS, D. J. (1968).—Grain-size indices, classification and environment sedimentology. V. 10, Nº 2, pp. 83-100.
- FALCONER, J. D. (1931a).—Terrenos Gondwánicos del Depto. de Cerro Largo. *Inst. Geológico del Uruguay*, Bol. Nº 12, Montevideo.
- FALCONER, J. D. (1931b).—Terrenos Gondwánicos del Depto. de Tacuarembó. Memoria explicativa del Mapa Geológico. *Inst. Geológico del Uruguay*, Bol. Nº 23, Montevideo.
- FALCONER, J. D. (1937).—La formación del Gondwana del NE del Uruguay con referencia especial a los terrenos eogondwánicos. *Inst. Geológico del Uruguay*, Bol. Nº 29, Montevideo.
- FRENGUELLI, J. (1930).—Apuntes de Geología Uruguaya. *Inst. Geológico del Uruguay*, Bol. Nº 11, Montevideo.
- GOSO, J. y BOSSI, J.—Cenozoico. En Bossi (1966) Geología del Uruguay. *Depto. de Publicaciones de la Universidad de la República*. pp. 259-301, Montevideo.
- HOLMES, A. (1952).—Geología Física. *Ed. Omega*.
- KRAGLIEVICH, L. (1928).—Apuntes para la Geología y Paleontología de la R. O. del Uruguay. *Rev. Amigos de la Arqueología*, 2-5-61, Montevideo.
- KRAGLIEVICH, L. (1932).—Nuevos apuntes para la Geología y Paleontología uruguayas. *An. Mus. Hist. Nat.*, Montevideo, S. II, 3, 257-321.
- LAMBERT, R. (1941).—Estado actual de nuestros conocimientos sobre la Geología de la R. O. del Uruguay. *Inst. Geol. del Uruguay*, Bol. Nº 29, Montevideo.
- LEPLAT, J. (1968).—Limons et Loess. *Bull. Liaison Labo Routiers P. et Ch.*, Nº 29, Janv. Fév. 1968, Ref. 392; pp. 2-1 a 2-32.
- LINK, A. (1966).—Textural Classification of Sediments. *Sedimentology*, Vol. 7, Nº 3.
- OBRUCHEV, V. A. (1945).—Loess Types and their origin. *Am. Jour. Sci.*, V. 230, pp. 81-95.
- PETTIJOHN, F. J. (1963).—Rocas Sedimentarias. *EUDEBA*, Buenos Aires.
- PITTY, A. F. (1968).—Particle Size of the Saharan Dust which fell in Britain in July 1968. *Nature*, Vol. 220; october 26 1968; Nº 5165, pp. 364-365.
- PLAISANCE, G. y CAILLEUX (1958).—Dictionnaire des sols. *La Maison Rustique*, Paris.

- REY, D. (1933).—Terrenos gondwánicos del Departamento de Rivera (explicación del mapa geológico). *Inst. Geológico del Uruguay*, Boletín Nº 20, Montevideo.
- RODGER, J. (1950).—The nomenclature and classification of sedimentary rocks. *Am. Jour. of Science*, Vol. 248, pp. 297-311.
- RUKHIN, L. B. (1961).—Bases de la litologie. Etude des formations, sedimentaires 2ª ed. *Serv. d'information Geologique*, París.
- RUSSELL, R. J. (1944).—Lower Mississippi Valley Loess. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. 55, pp. 1-40.
- SERRA, N. (1945).—Memoria explicativa del mapa geológico del departamento de Soriano. *Instituto Geológico del Uruguay.*, Bol. Nº 20, Montevideo.
- SERRA, N. (1946).—Problemas de nuestra estratigrafía. *Rev. de Ingeniería*, Nov. 1946, pp. 679-688, Montevideo.
- SCHERMERHORN, L. J. G. (1966).—Terminology of mixed coarse-fine sediments. *Journal of sedimentary petrology*, Vol. 36, Nº 3, pp. 831-835.
- SHEPARD, F. P. (1954).—Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of sedimentary petrology*, Vol. 24, pp. 151-158.
- SMALLEY, I. J. y VITA-FINZI, C. (1968).—The formations of fine particles in sandy deserts and the nature of "desert" loess. *Journ. Sed. Petro.*, Vol. 38, Nº 3, pp. 766-774.
- SMALLEY, J. (1966).—The properties of glacial loess and the formation of loess deposits. *Journ. Sed. Petr.*, Vol. 36, Nº 3, pp. 669-676.
- STRAKHOV, N. M. (1957).—Methodes d'etudes des roches sedimentaires. *Ann. du Ser. d'information geologique*, Nº 35, París.
- TECHEIRA, A. (1967).—Carta Geológica del Uruguay; esc. 1:100.000. Segmento. *La Charqueada*, Sector L I V, hoja 20 D. (a mimeógrafo), Montevideo.
- TWENHOFEL, W. H. (1937).—Terminology of the fine-grained mechanical sediments. *Rep. Comm. Sedimentation Nat. Research Council*, pp. 81-104 (a mimeógrafo).
- WALTHER, K. (1930).—Sedimentos gelíticos y clastogelíticos del Cretáceo Superior y Terciario uruguayos. *Inst. Geol. del Uruguay*, Bol. Nº 13, Montevideo.
- WASHBURN, A. L., SANDERS, J. E. y FLINT, R. F. (1963).—A convenient nomenclature for poorly sorted sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 33, Nº 2, pp. 478-480.