

ESTUDIO TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE SEDIMENTOS ACTIVOS DEL RIO MAGDALENA, ENTRE NEIVA Y BOCAS DE CENIZA

CARMEN ROSA CASTIBLANCO CASTIBLANCO*

PABLO ENRIQUE LOMBANA OBREGOZO*

Geólogos Universidad Nacional

Bogotá, Colombia

RESUMEN

Se seleccionaron 50 muestras de sedimentos activos del río Magdalena, a las cuales se les afectó un análisis textural y composicional. Los gráficos en papel log-probabilidad de las distribuciones granulométricas se caracterizan por dos o tres segmentos rectos, los cuales sugieren que todas las muestras están formadas por material acarreado por suspensión, saltación y arrastre. Con base en La Media los parámetros estadísticos obtenidos muestran en general que la mayoría de las muestras corresponden, a arena fina y mediana de muy bien a moderadamente calibradas y obteniendo como diámetros modales principales más frecuentes 1.490 y 1.830.

Las curvas de frecuencia son casi simétricas y asimétricas negativas y en su mayoría mesokúrticas y leptokúrticas.

La esfericidad promedio de las partículas varía de 0.79 a 0.88 y la redondez promedio entre 0.36

* INGEOMINAS, Bucaramanga, Colombia.

y 0.56 (subangular a sub-redondeado), observándose que en la mayoría de los casos el cuarzo tiene los mayores valores de esfericidad y los menores de redondez.

Los resultados del análisis composicional en sección delgada de algunas muestras, permiten clasificarlas según su contenido de cuarzo, feldespato y fragmentos de roca como: arenas líticas feldespáticas y arcosas líticas.

1. INTRODUCCION

El principal objetivo de la investigación consistió en llevar a cabo un análisis textural y composicional de las muestras seleccionadas de sedimentos activos del río Magdalena y a partir de los datos obtenidos hacer un estudio estadístico para luego caracterizar el ambiente de depósito y proponer un modelo que sirva para reconocer ambientes similares en rocas más antiguas.

Además, dichos resultados se relacionaron con los diferentes tipos de rocas existentes en la Hoya Hidrológica del Magdalena, para determinar su influencia en el aporte de partículas.

Todas las muestras fueron tomadas del cauce de la corriente principal del río Magdalena, entre 1976 y 1980 en el sector desde Puerto Salgar hasta Calamar, en Bocas de Ceniza en 1984 y el tramo Neiva-Girardot en 1985; las muestras se localizan hacia las orillas a menor profundidad, presentando un régimen de energía bajo.

Después de un procedimiento previo el cual consiste en el cuarteo, lavado sobre tamiz de 40 micras y eliminación de la materia orgánica, se realizó: primero el análisis textural para el cual se tuvo en cuenta tamaño de grano, forma (esfericidad) y redondez y segundo al análisis composicional el cual incluyó separación de minerales pesados y magnéticos y una estimación visual rápida de la composición mineralógica en sección delgada.

2. ANALISIS TEXTURAL

Se eligieron doce estaciones entre Neiva y Bocas de Ceniza a lo largo del río Magdalena (Figura 1, Tabla 1).

El método utilizado para medir el tamaño de grano de (20 mm a 0.040 mm), fue el tamizado, en una columna de tamices que sigue la serie AFNOR (Association Française Normalisation), con un incremento en progresión geométrica de $\approx (1.26)$.

Los datos de porcentaje acumulado contra el valor de diámetro correspondiente fueron graficados en papel log-probabilidad, interpolando los puntos por medio de segmentos

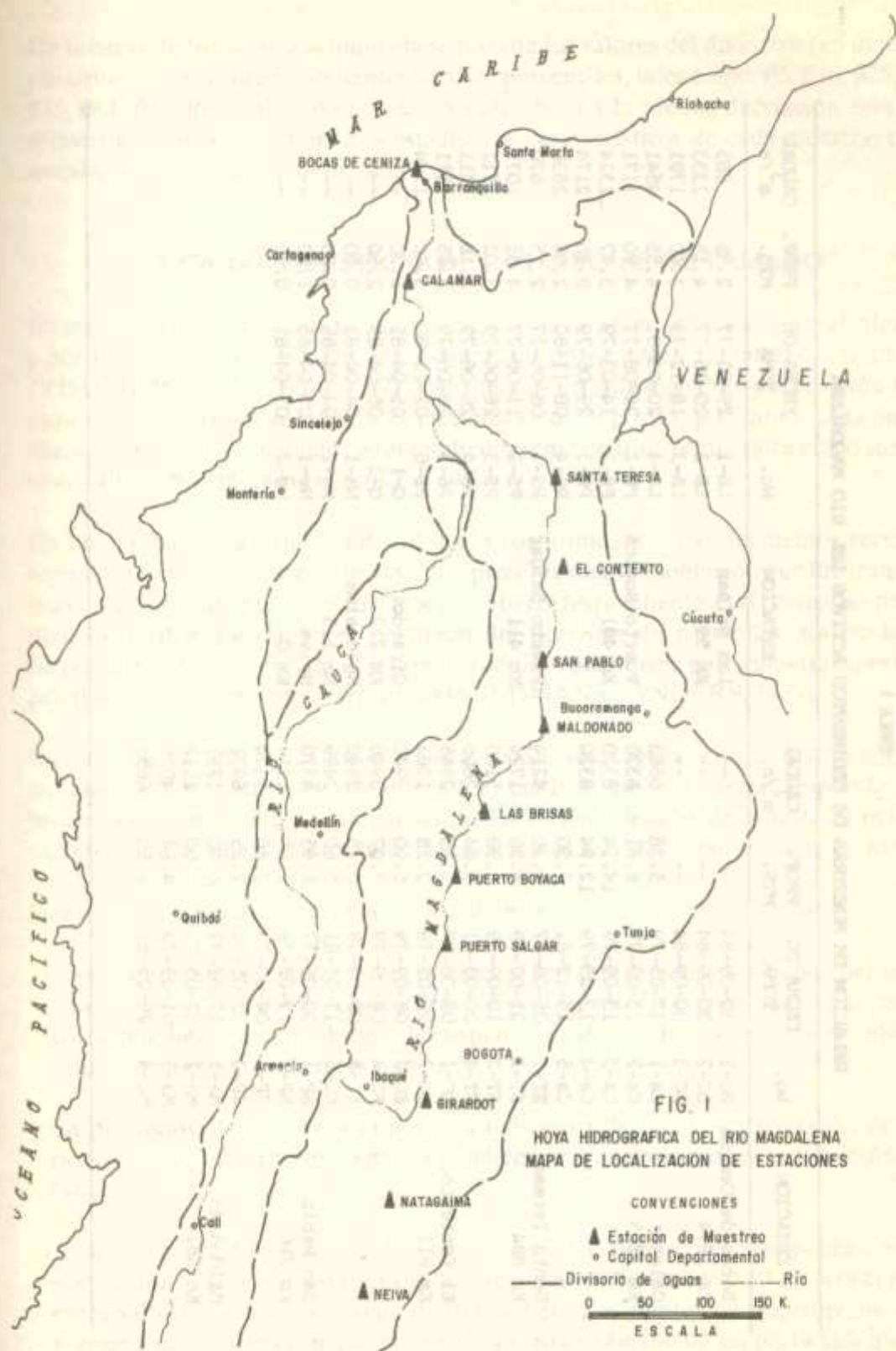


FIG. 1
HOYA HIDROGRAFICA DEL RIO MAGDALENA
MAPA DE LOCALIZACION DE ESTACIONES

CONVENCIONES

- ▲ Estación de Muestreo
- Capital Departamental

--- Divisorio de aguas — Río

0 50 100 150 K.

ESCALA

TABLE 1

RELACION DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS ACTIVOS DEL RIO MAGDALENA

ESTACION	No.	FECHA DE TOMA	PROF. MTS.	CAUDAL m ³ /s	ESTACION	No.	FECHA DE TOMA	PROF. MTS.	CAUDAL m ³ /s
Bocas de Ceniza Km 1314	BC-1	30-09-84	--	--	Las Brisas Km 591	LB-1	29-01-77	2.35	885
	BC-2	30-09-84	--	--		LB-2	20-05-77	4.15	2333
	BC-3	30-09-84	--	--	LB-3	18-12-79	3.60	1791	
	Ca-1	17-05-79	5.38	6663	LB-4	20-05-81	4.55	4541	
	Ca-2	13-09-79	8.81	8320	Puerto Boyacá Km 491	PB-1	25-08-77	4.70	1171
Ca-3	13-09-79	14.14	8320	PB-2		14-03-79	3.77	1324	
Ca-4	13-09-79	12.94	8320	PB-3		29-06-79	9.36	2174	
Ca-5	15-12-81	7.50	8320	PB-4		08-11-80	2.00	2836	
Santa Teresa Km 884	ST-1	05-06-77	5.20	4214	Puerto Salgar Km 411	PS-1	08-05-77	2.15	870
	ST-2	21-02-79	4.55	1724		PS-2	11-08-77	4.55	1071
	ST-3	10-09-79	8.98	5180	PS-3	26-06-79	3.02	1111	
	ST-4	20-03-81	5.84	2666	PS-4	26-06-79	3.16	1111	
El Contento Km 811	EC-1	02-06-77	5.35	2865	PS-5	26-06-79	3.85	1111	
	EC-2	20-02-79	3.28	1363	PS-6	02-11-80	3.40	1144	
	EC-3	08-09-79	5.90	3940	Girardot Km 212	G-1	05-04-85	1.20	--
	EC-4	08-09-79	7.07	3940		G-2	05-04-85	2.50	--
	EC-5	08-09-79	6.25	3940	Natagaima Km 113	Na-1	04-04-85	0.50	--
	EC-6	17-03-81	5.60	2489		Na-2	04-04-85	0.85	--
San Pablo Km 716	SP-1	30-05-77	1.95	4370	Neiva Km 0	Ne-1	05-04-85	1.60	--
	SP-2	17-02-79	2.05	1314		Ne-2	05-04-85	0.90	--
	SP-3	04-09-79	3.40	1974					
	SP-4	30-05-81	7.25	6931					
Maldonado Km 682	Ma-1	17-02-77	6.30	1251					
	Ma-2	27-05-77	3.00	2512					
	Ma-3	01-09-79	4.84	4016					
	Ma-4	26-05-81	2.60	4691					

rectos, para obtener así curvas de frecuencia acumulada (Figura 2 al 14).

De la curva de frecuencia acumulada se leyeron los valores del diámetro (en unidades phi equivalentes) correspondientes a varios percentiles, tales como: $\phi 5$, $\phi 16$, $\phi 25$, $\phi 50$, $\phi 75$, $\phi 84$, $\phi 95$, los cuales son utilizados para obtener la Media, desviación estandar, asimetría y kurtosis; parámetros estadísticos característicos de cada muestra, cuyos datos se presentan resumidos en la Tabla 2.

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS DE TAMAÑO

En estas distribuciones cada segmento representa una población log-normal diferente y por lo tanto dos o tres subpoblaciones están presentes en el material muestreado (VISHER; 1969; RIEZBOS, 1982). La pendiente en cada segmento y la posición de los puntos de interrupción reflejan el mecanismo de depósito, por tanto, cada subpoblación puede ser relacionada a un modo diferente de transporte; tales como suspensión, saltación y tracción (Figura 2 al 14).

En una arena fluvial con una distribución constituida por tres segmentos rectos, el segmento central más largo e inclinado representa una subpoblación que fue transportada en la corriente por saltación, el segmento correspondiente a las partículas finas al final de la distribución es el resultado del depósito de partículas acarreadas en suspensión y el segmento de la parte más gruesa lo constituyen partículas transportadas por tracción (rodamiento o arrastre) (FRIEDMAN y SANDERS, 1978).

En general, las anteriores características están relacionadas con la distribución de tamaños de los materiales parentales y el modo como el material responde a los procesos de transporte y sedimentación. Variaciones locales de muestra a muestra sugieren que la selección hidráulica localmente es más importante que la fuente.

Dentro de las características más sobresalientes de estas curvas tenemos:

- El segmento correspondiente a la población de saltación presenta la pendiente más alta de todos, oscilando entre 65 y 78 grados, mientras que para el segmento correspondiente a la población de suspensión varía de 10 a 45 grados, siendo este último segmento el que menos se presenta.
- La pendiente de los segmentos es un indicativo del grado de selección de cada población, de tal forma que a mayor pendiente mejor clasificada es la distribución de tamaño.
- El punto de interrupción entre los segmentos correspondientes a las poblaciones de suspensión y saltación, está dentro del rango en valores phi de 2.50 a 3.50 y el punto entre saltación y arrastre oscila de 0.00 a 1.50. Los puntos de interrupción entre segmentos, en forma general, marcan el rango de tamaño de las partículas que son acarreadas por las diferentes formas de transporte; pueden ser altamente variables y

reflejar condiciones físicas en el momento del depósito tales como turbulencia; por tanto, alta turbulencia producirá el punto de truncación entre saltación y suspensión hacia tamaños gruesos. El punto entre las poblaciones de saltación y arrastre refleja la energía de las fuerzas que actúan sobre el lecho.

Las muestras analizadas presentan una población predominante de material acarreado por saltación, la población de suspensión en la mayoría de casos es menor del 5%, lo cual sugiere poco depósito de este material en las muestras de fondo debido tal vez a las condiciones de turbulencia de la corriente, la población de arrastre en muchos casos es menor del 5% y en algunos no está claramente definida o está ausente, encontrando la mayor cantidad de esta población en muestras de Puerto Boyacá y Puerto Salgar.

3.1 VARIACION DE LOS PARAMETROS GRANULOMETRICOS

3.1.1 Media. En general se observa la tendencia a disminuir en el sector Puerto Salgar-Calamar, exceptuando las estaciones El Contento y Santa Teresa donde se presenta un notable incremento (Figura 15); esto podría estar relacionado al aporte de algunos afluentes a la corriente principal, los cuales en este tramo, tienen relativamente, longitudes cortas provenientes de la vertiente occidental de la Cordillera Oriental.

3.1.2 Desviación estandar. En forma general, existe la tendencia a aumentar el grado de selección de las partículas (Figura 15a), pero en las estaciones El Contento y Santa Teresa se observa una leve disminución, la cual, podríamos relacionar con el incremento de la Media en estos sitios.

3.1.3 Asimetría. La tendencia indica, aunque no muy claramente, que las curvas de frecuencia tienden a ser más simétricas en la dirección de la corriente, partiendo de muy negativas asimétricas en Puerto Salgar hasta próximamente simétricas en Calamar.

4. FORMA (esfericidad)

Los valores de esfericidad promedio encontrados en todas las estaciones, para partículas menores de 0ϕ y mayores de 4ϕ varían entre 0.79 y 0.88, resultando una esfericidad media de 0.80 a 0.87 (Tabla 3).

En general los valores de esfericidad no presentan una relación directa con respecto al tamaño en cada una de las estaciones, observándose que en la mayoría de casos las variaciones no son muy grandes, manteniéndose la esfericidad promedio dentro de un rango pequeño para el intervalo de 0ϕ a 4ϕ (Figura 16).

En la dirección de transporte se presenta un ligero incremento de la esfericidad media, sin poseer una relación directa con la distancia. También la esfericidad media de cada uno de los tipos de partículas presenta un pequeño aumento con la distancia, dentro de la cual, la de los líticos es la que menos se incrementa.

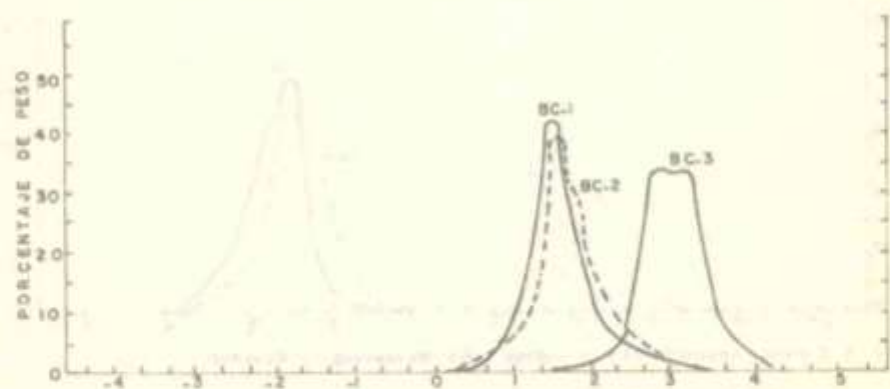
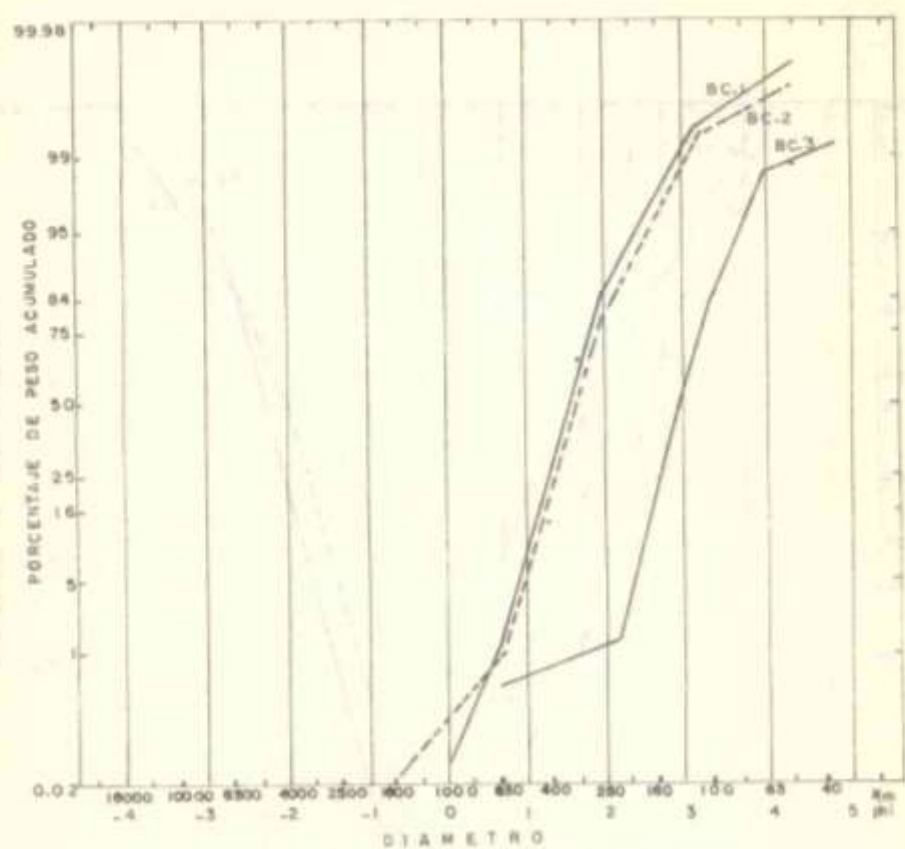


FIG. 2 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Bocas de Cenizo.

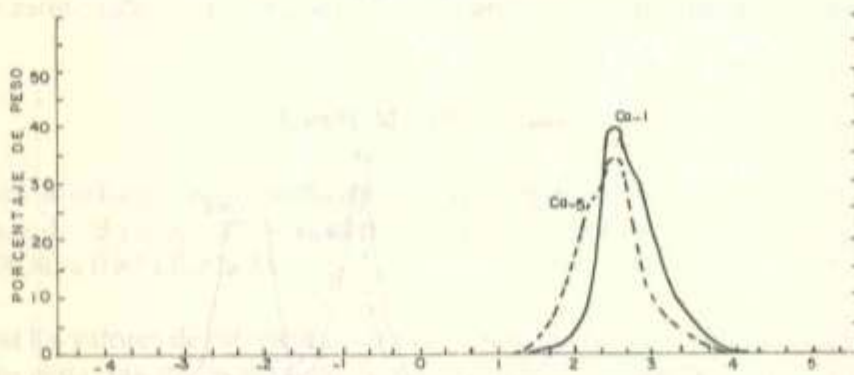
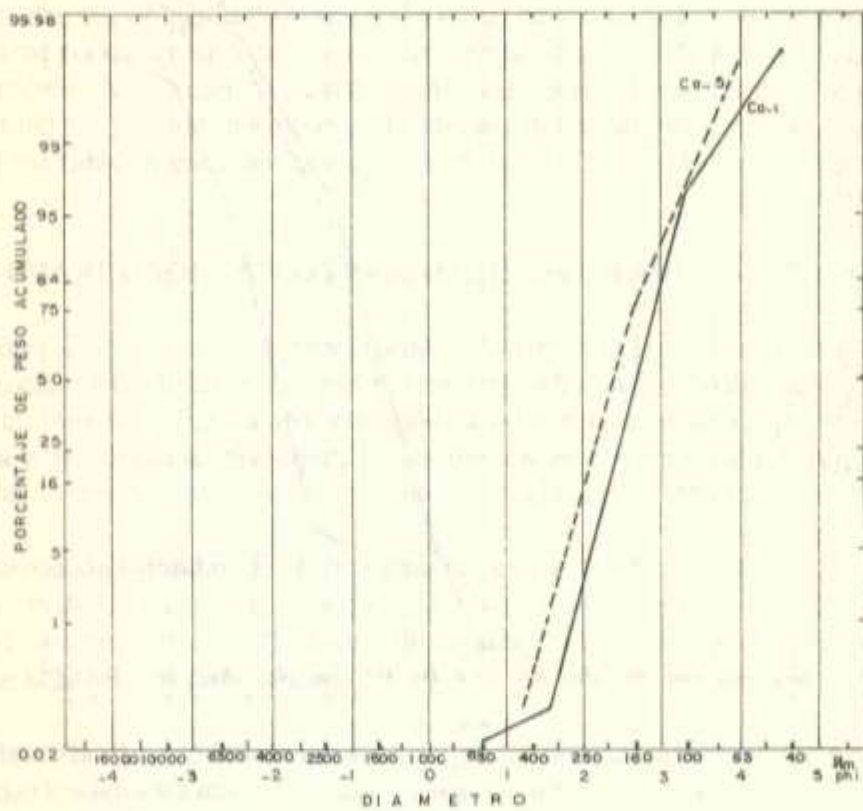


FIG. 3. Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Colimar

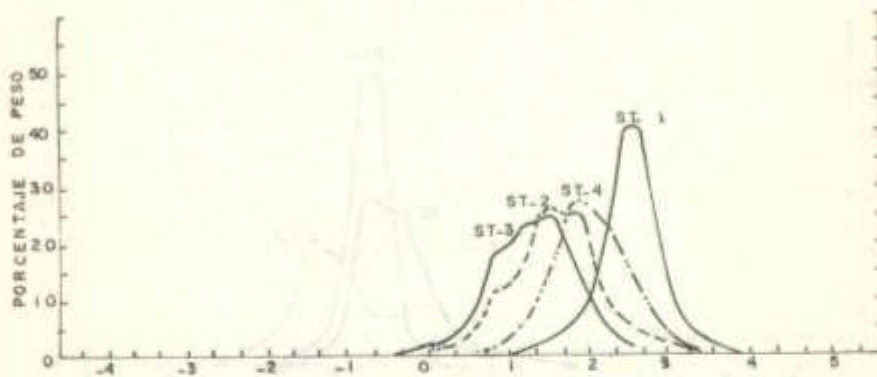
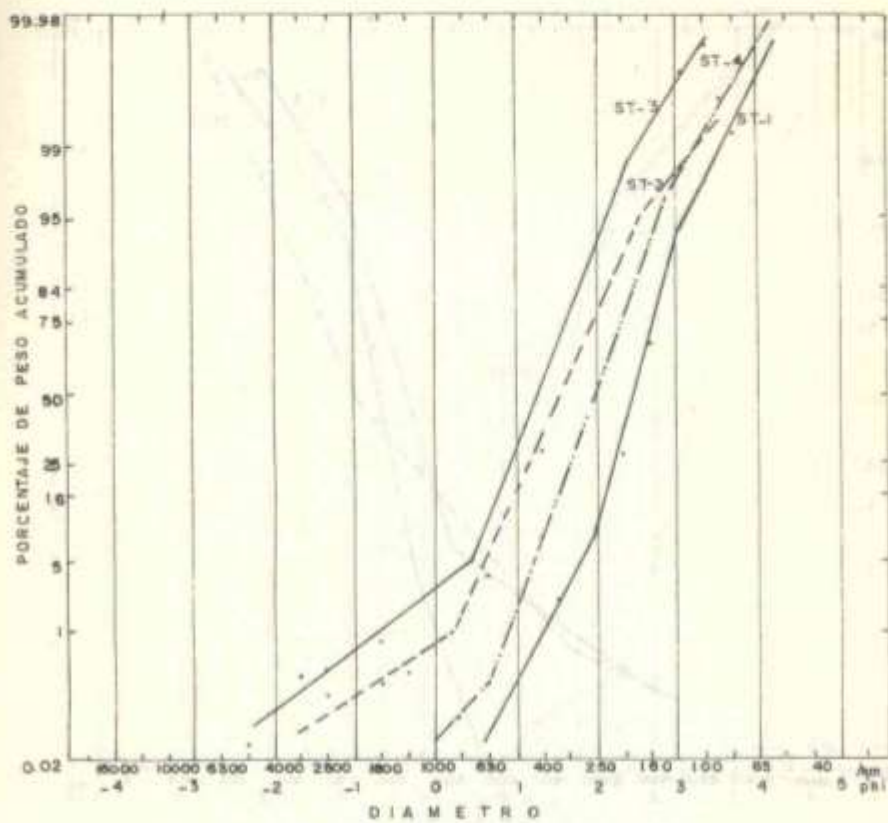


FIG 4 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Santa Teresa.

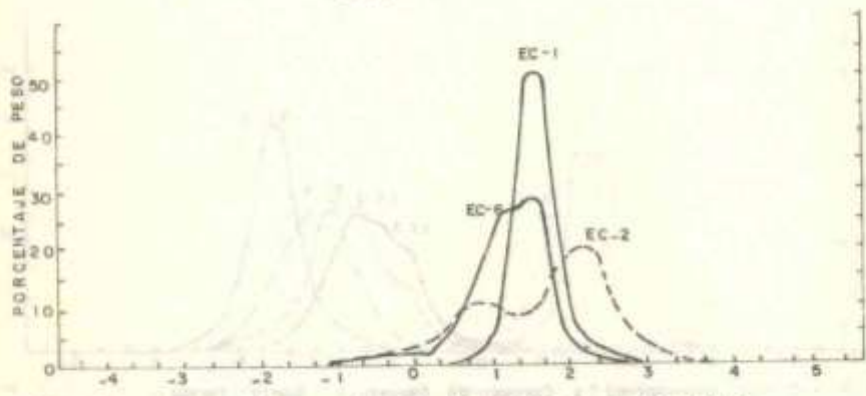
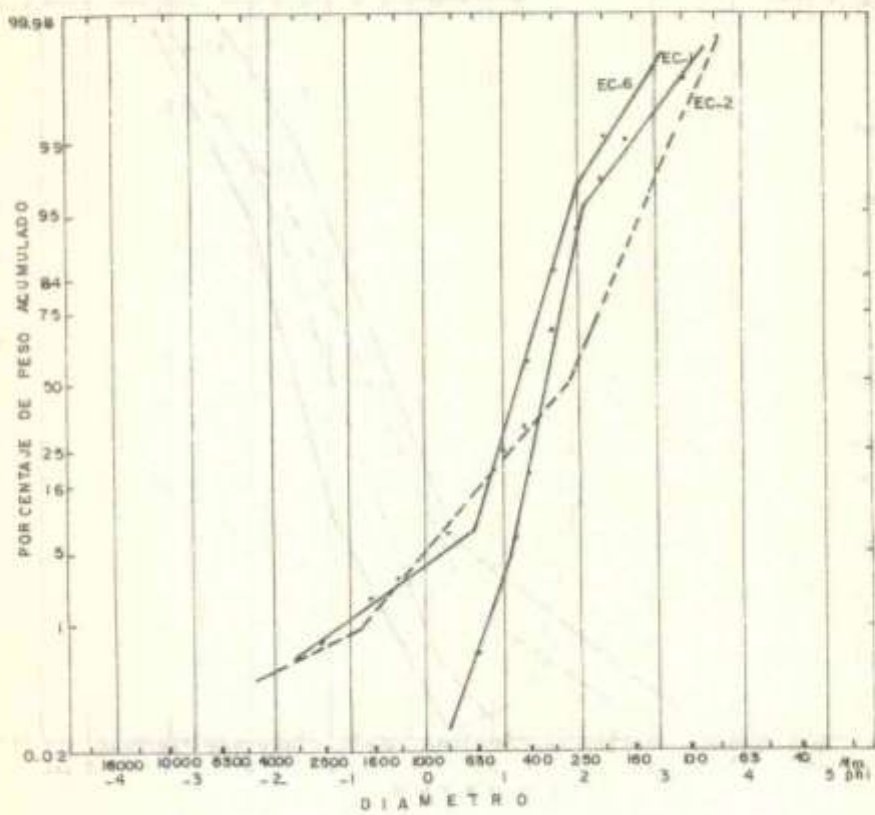


FIG. 5. Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. El Contante.

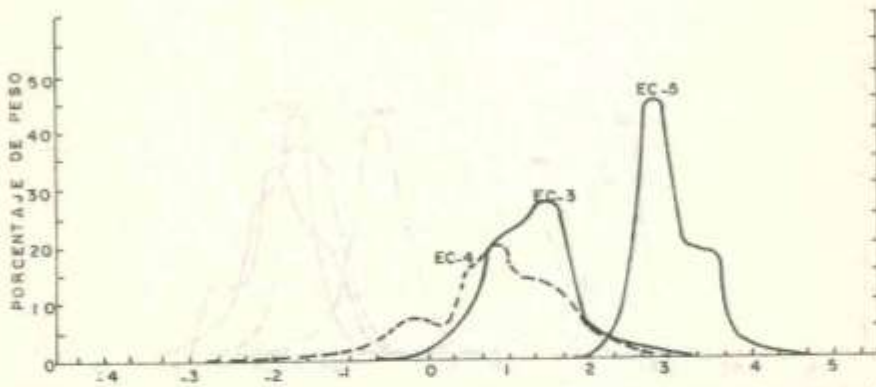
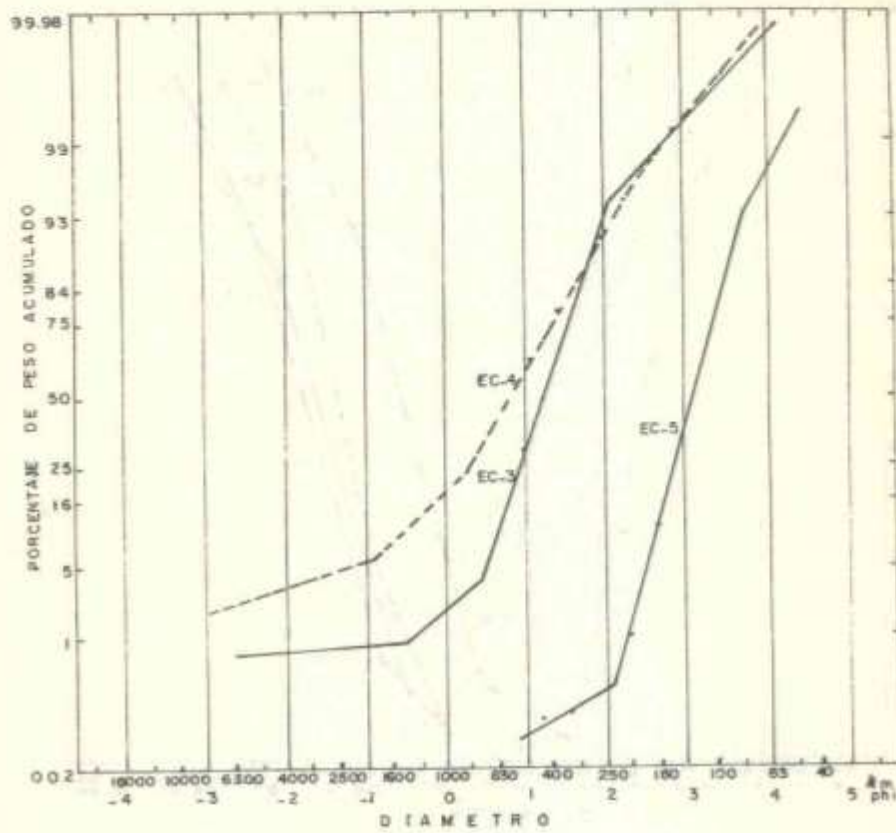


FIG. 6 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. EL Contento (secc. transv.)

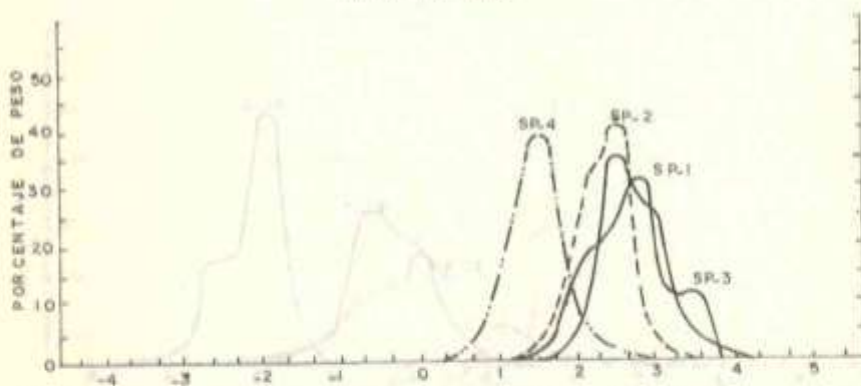
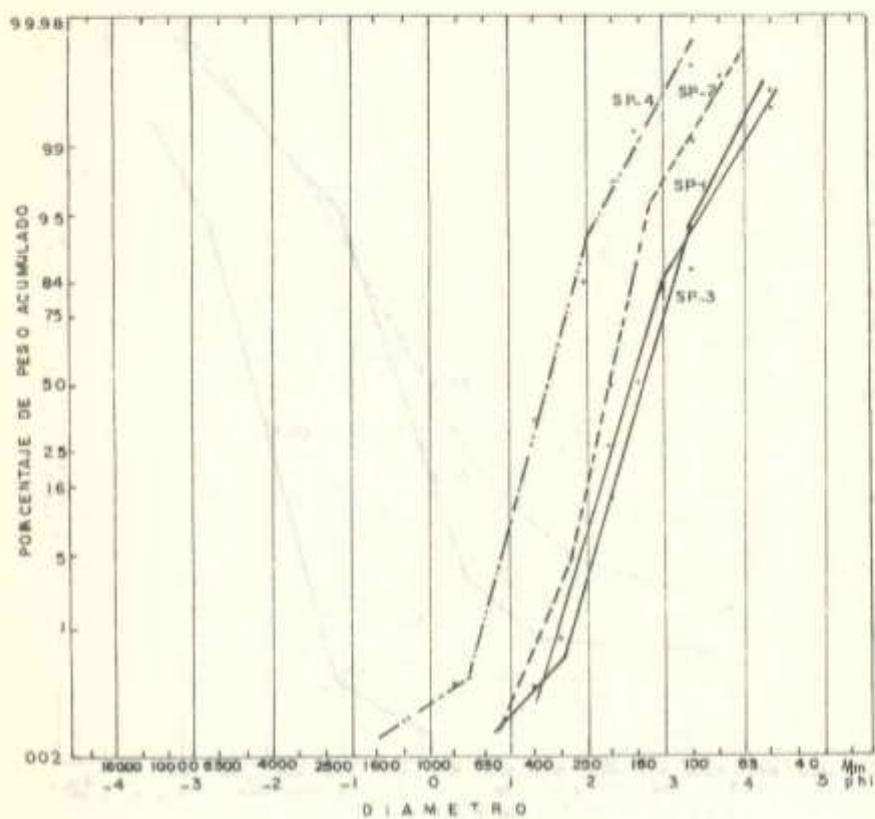


FIG. 7. Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia - San Pablo.

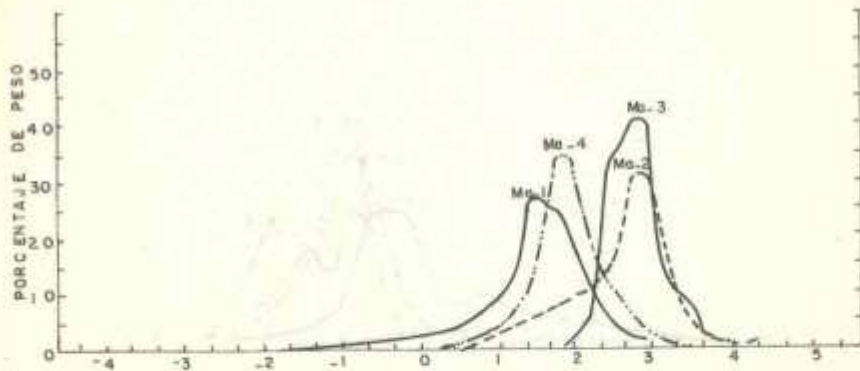
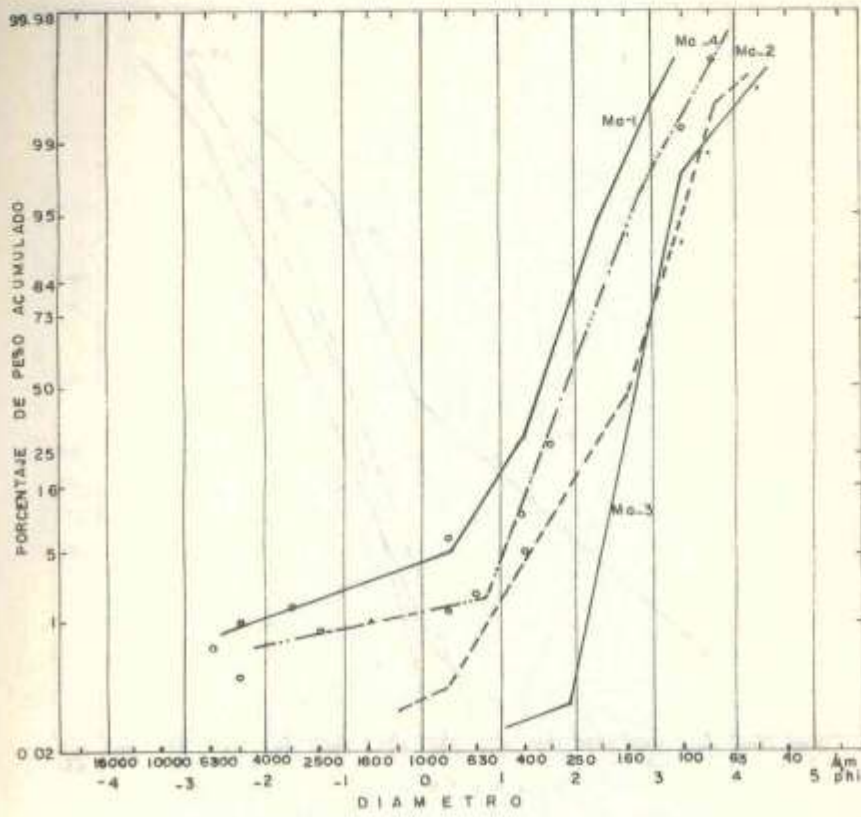


FIG 8. Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Maldonado.

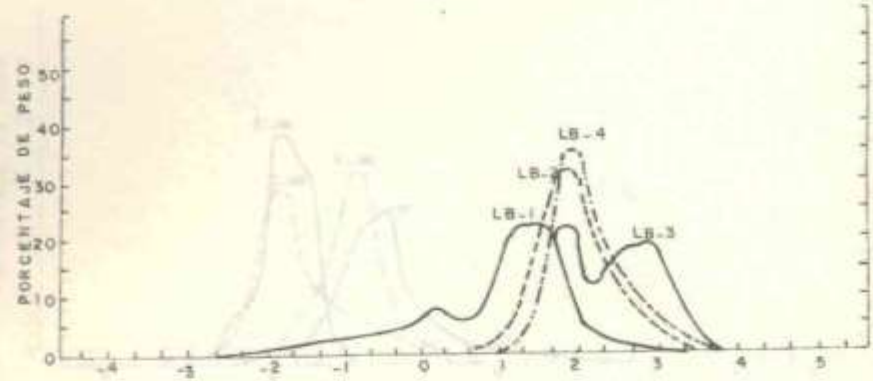
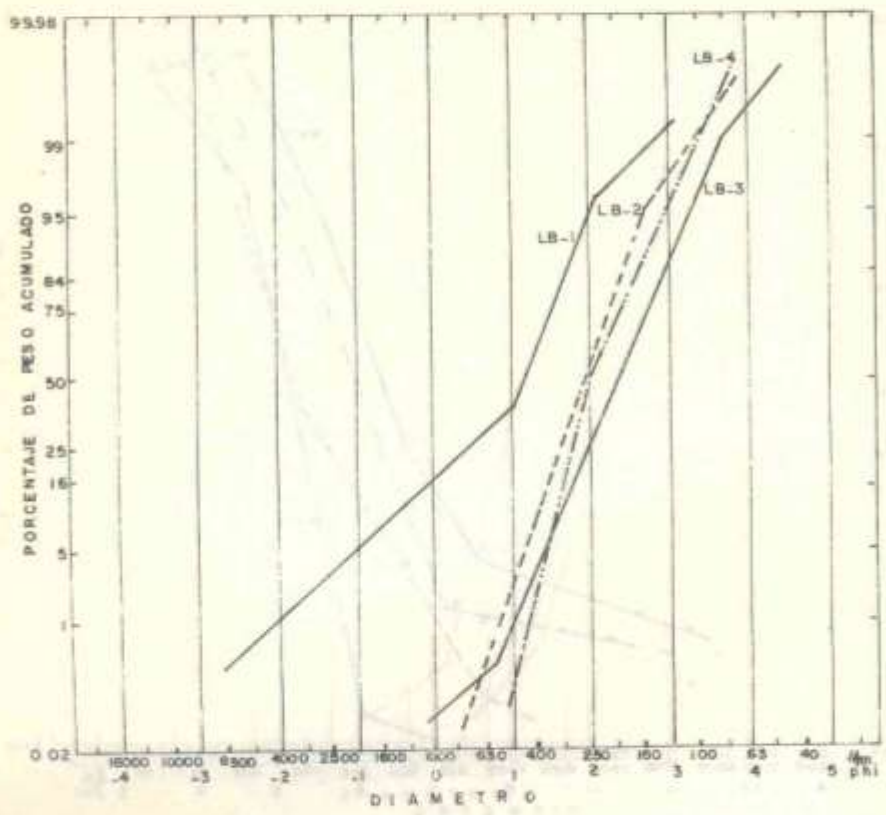


FIG 9. Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Los Brisas.

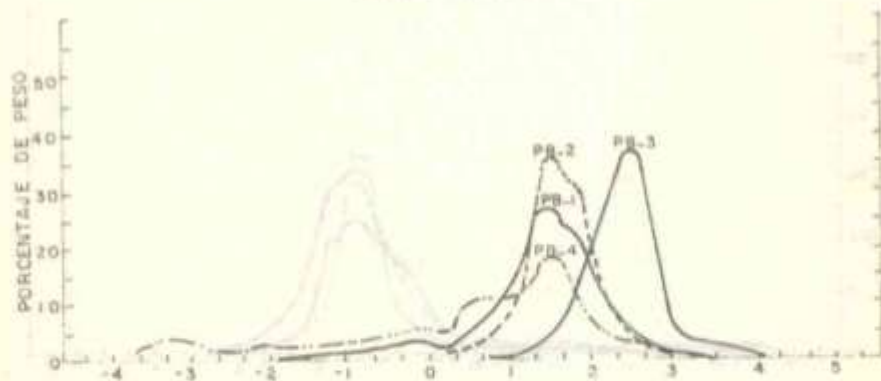
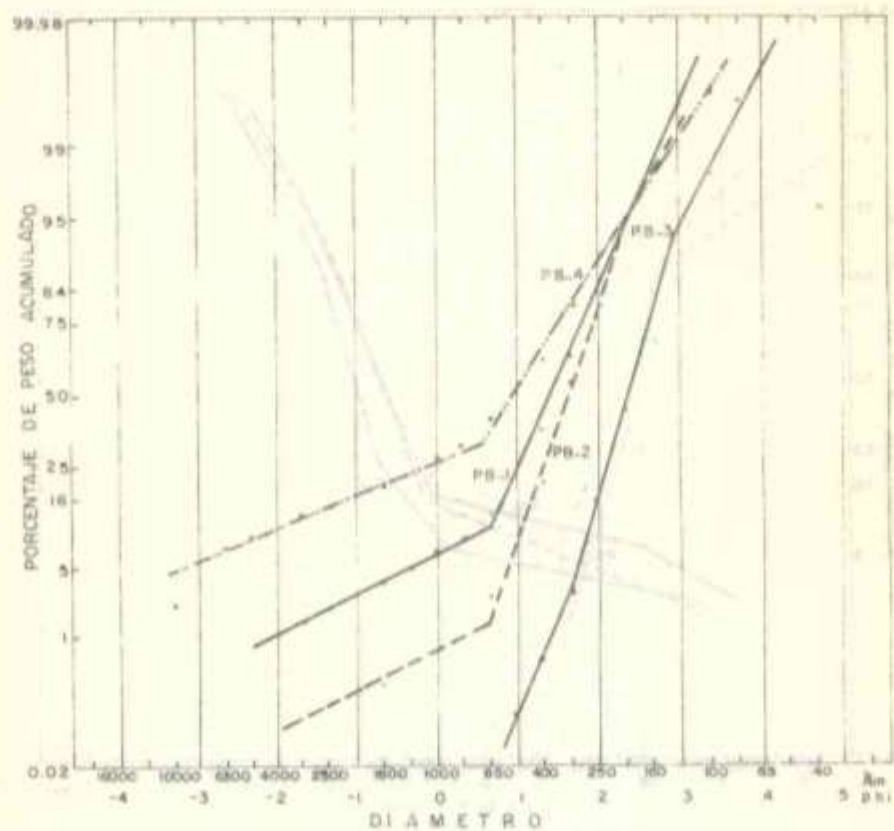


FIG. 10 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Puerto Boyacá.

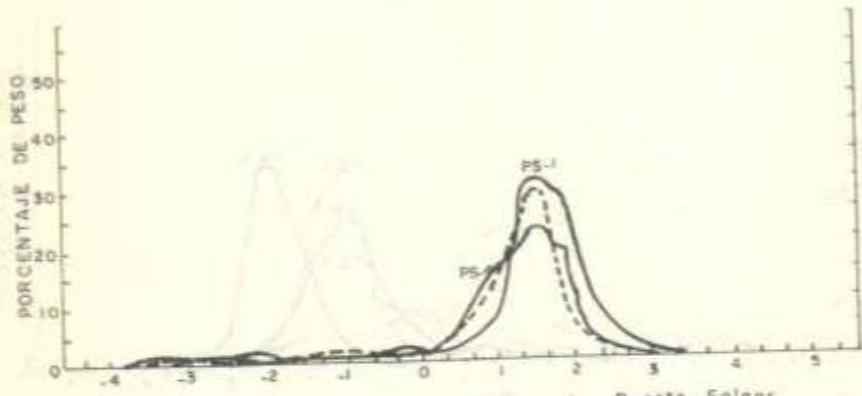
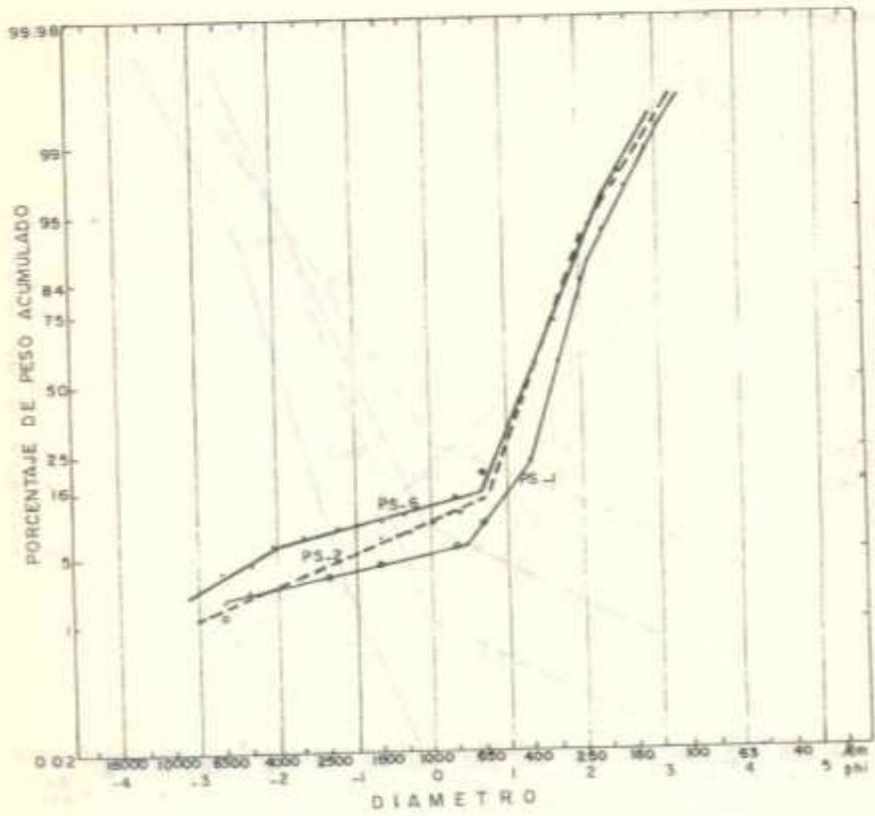


FIG. 11 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Puerto Salgar.

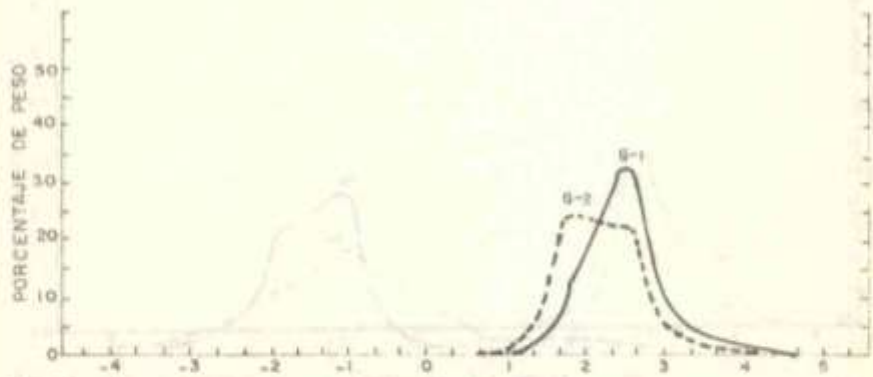
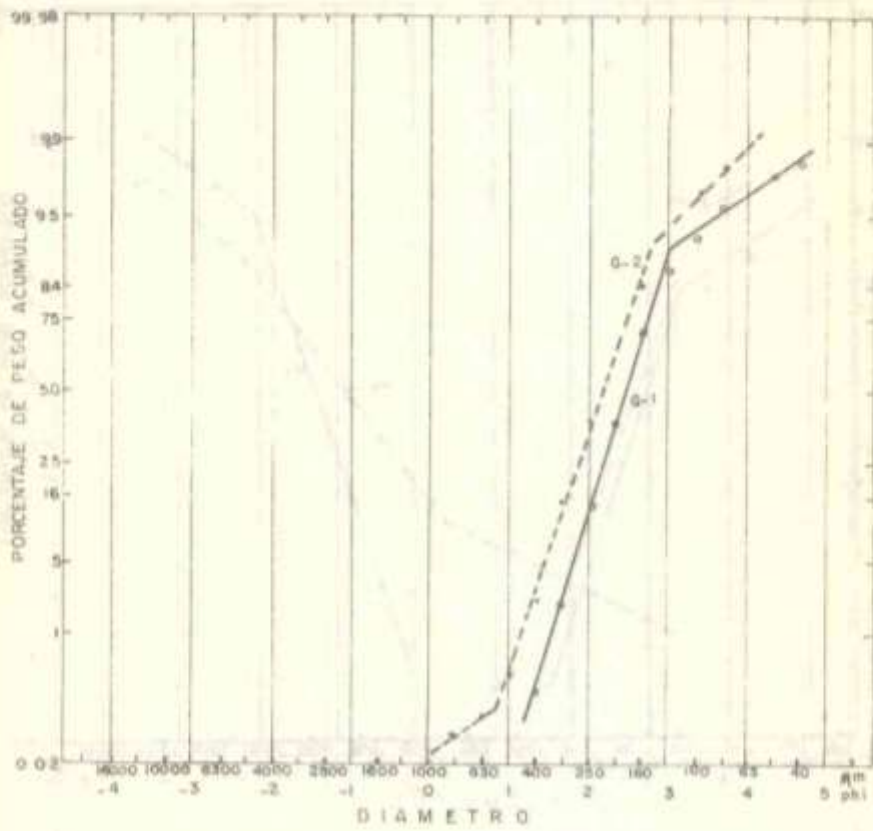


FIG. 12 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Girardot.

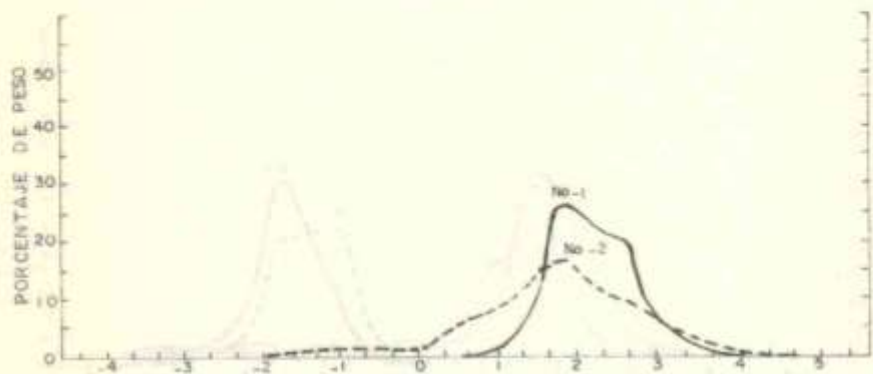
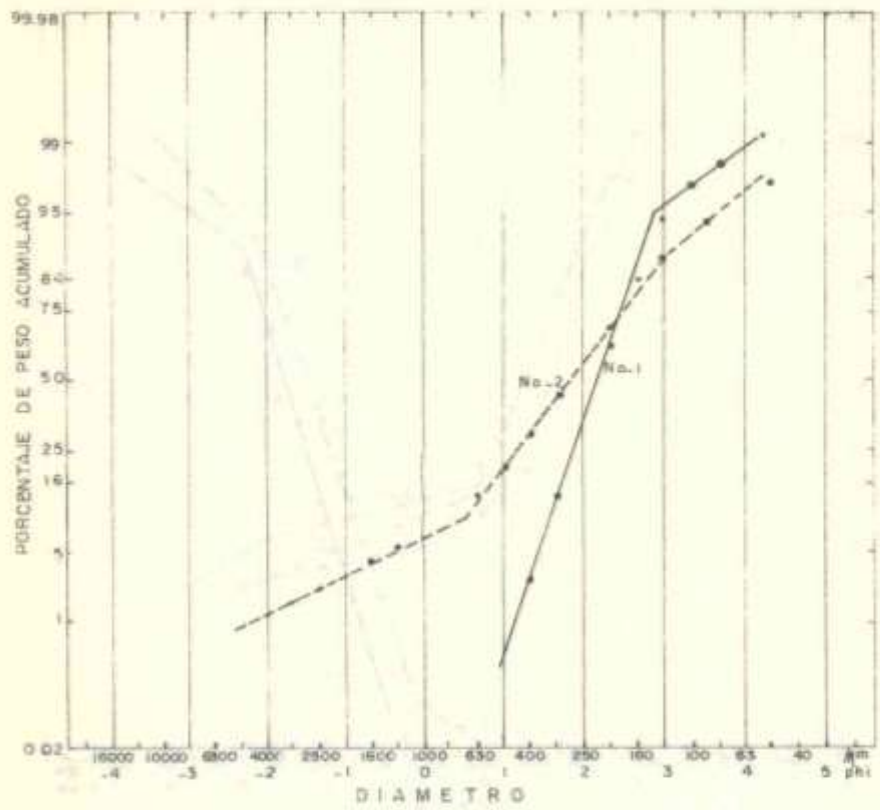


FIG. 13 Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Font. Ingoma.

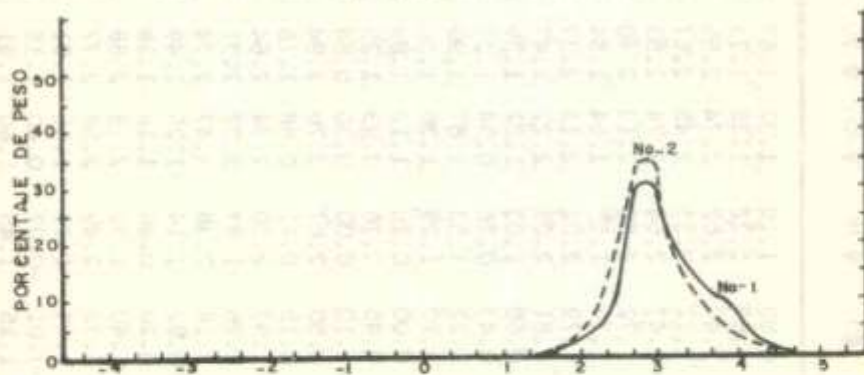
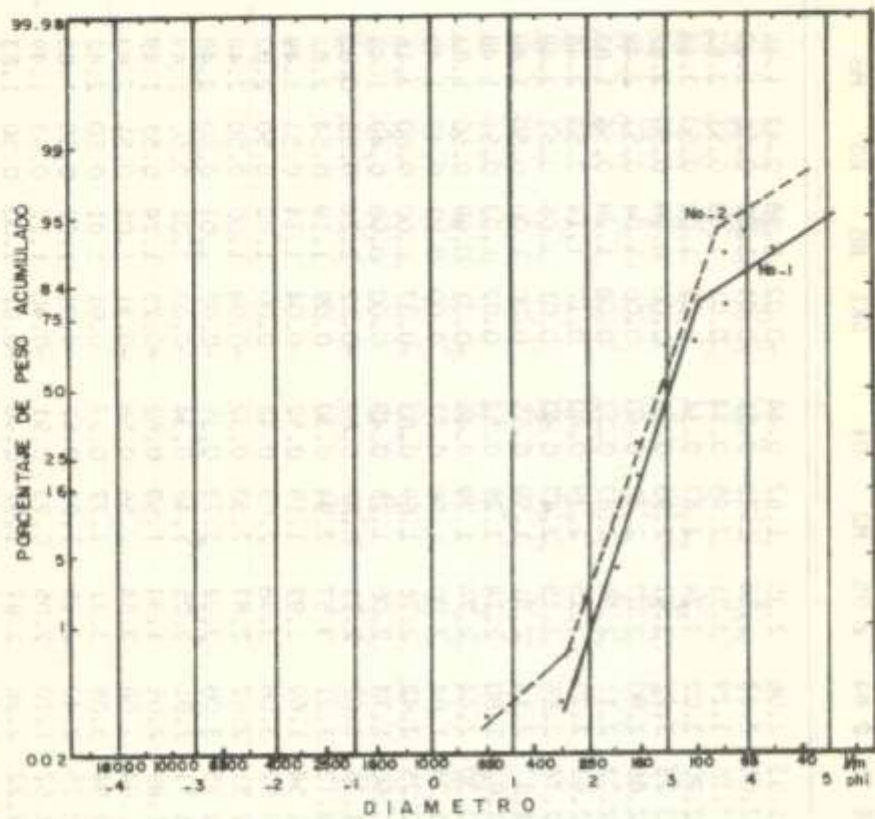


FIG. 14. Curvas acumulativas y Curvas de frecuencia. Neiva.

TABLA 2

Ø CARACTERÍSTICAS Y PUNTIEROS ESTADÍSTICOS DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS ACTIVOS DEL RÍO MUCULLEN

MUESTRA No.	Ø5	Ø16	Ø25	Ø50	Ø75	Ø84	Ø95	M2	O1	SKI	KG	KG'	MO	MO'
BC-1	0.89	1.18	1.32	1.63	1.93	2.06	2.35	1.62	0.44	-0.02	0.98	0.49	1.49	-
BC-2	0.89	1.22	1.38	1.73	2.06	2.23	2.56	1.73	0.51	-0.01	1.01	0.50	1.49	-
BC-3	2.40	2.62	2.74	2.95	3.18	3.29	3.51	2.95	0.34	0.01	1.03	0.51	2.82	-
Ca-1	2.12	2.33	2.45	2.67	2.90	3.02	3.24	2.67	0.34	0.02	1.02	0.50	2.48	-
Ca-2	2.47	2.64	2.74	2.93	3.13	3.21	3.41	2.93	0.28	0.00	0.99	0.50	2.82	-
Ca-3	1.72	2.00	2.13	2.40	2.66	2.80	3.07	2.40	0.40	0.00	1.04	0.51	2.48	-
Ca-4	1.36	1.55	1.64	1.84	2.02	2.11	2.56	1.83	0.32	0.08	1.29	0.56	1.83	-
Ca-5	1.79	2.02	2.13	2.37	2.62	2.79	3.15	2.39	0.40	0.12	1.14	0.53	2.48	-
ST-1	1.81	2.09	2.22	2.47	2.74	2.86	3.15	2.47	0.40	0.01	1.06	0.51	2.48	-
ST-2	0.68	1.03	1.22	1.59	1.97	2.14	2.51	1.59	0.55	0.00	1.00	0.50	1.49	-1.49
ST-3	0.43	0.76	0.94	1.27	1.62	1.80	2.14	1.28	0.52	0.02	1.03	0.51	1.49	-1.83
ST-4	1.22	1.53	1.67	1.99	2.30	2.44	2.74	1.99	0.46	-0.01	0.99	0.50	1.83	-
EC-1	1.10	1.29	1.36	1.56	1.74	1.84	2.00	1.56	0.27	0.00	0.97	0.49	1.49	-
EC-2	0.00	0.76	1.12	1.89	2.25	2.42	2.76	1.69	0.83	-0.37	1.00	0.50	2.16	-2.16
EC-3	0.45	0.76	0.93	1.25	1.60	1.74	2.06	1.25	0.49	0.00	0.98	0.49	1.49	-3.16
EC-4	-1.10	0.00	0.30	0.84	1.36	1.62	2.12	0.82	0.89	-0.12	1.24	0.55	0.83	-3.48
EC-5	2.50	2.67	2.76	2.94	3.13	3.21	3.57	2.94	0.30	0.09	1.19	0.54	2.82	-
EC-6	0.15	0.71	0.88	1.18	1.54	1.69	1.99	1.19	0.52	-0.04	1.14	0.53	1.49	-1.83
SP-1	1.93	2.20	2.34	2.64	2.92	3.06	3.38	2.63	0.43	0.00	1.02	0.50	2.82	-
SP-2	1.76	1.97	2.07	2.31	2.51	2.62	2.83	2.30	0.32	-0.04	1.00	0.50	2.48	-
SP-3	2.14	2.38	2.47	2.74	2.95	3.08	3.32	2.73	0.35	-0.02	1.01	0.50	2.48	-
SP-4	0.92	1.14	1.25	1.49	1.71	1.81	2.05	1.48	0.34	-0.03	1.01	0.50	1.49	-
Ma-1	0.20	0.86	1.18	1.58	1.89	2.05	1.34	1.50	0.62	-0.25	1.24	0.55	1.49	-
Ma-2	1.40	1.92	2.18	2.68	2.94	3.08	3.34	2.56	0.58	-0.31	1.05	0.51	2.82	-
Ma-3	2.32	2.49	2.58	2.77	2.94	3.05	3.21	2.77	0.27	0.01	1.01	0.50	2.82	-
Ma-4	1.04	1.39	1.56	1.91	2.25	2.42	2.75	1.91	0.52	-0.01	1.02	0.50	1.83	-
LB-1	-1.01	-0.07	0.40	1.15	1.52	1.70	2.05	0.93	0.91	-0.40	1.12	0.53	1.49	-2.49
LB-2	1.15	1.45	1.60	1.91	2.22	2.36	2.67	1.91	0.46	-0.01	1.00	0.50	1.83	-
LB-3	1.43	1.79	1.97	2.32	2.68	2.85	3.20	2.32	0.53	0.00	1.02	0.50	1.83	-
LB-4	1.45	1.69	1.81	2.05	2.35	2.56	2.94	2.10	0.44	0.18	1.13	0.53	1.83	-

TABLA 2

(Continuación)

MIESTRA No.	φ 5	φ 16	φ 25	φ 50	φ 75	φ 84	φ 95	M2	Oi	SFL	KG	KG'	Mb	Mb'
PB-1	-0.29	0.90	1.07	1.45	1.82	2.00	2.35	1.45	0.68	-0.16	1.44	0.59	1.49	-0.16
PB-2	0.93	1.22	1.36	1.64	1.94	2.06	2.35	1.64	0.43	0.00	1.00	0.50	1.49	-0.16
PB-3	1.76	2.00	2.12	2.38	2.63	2.75	2.99	2.38	0.37	-0.01	0.99	0.50	2.48	-
PB-4	-3.07	-1.14	-0.17	1.00	1.51	1.79	2.29	0.55	1.54	-0.49	1.31	0.57	1.49	-0.16
PS-1	-0.14	1.09	1.37	1.63	1.89	2.02	2.45	1.58	0.62	-0.26	2.04	0.67	1.49	-1.83
PS-2	-1.00	0.81	0.97	1.30	1.64	1.81	2.23	1.31	0.74	-0.20	1.98	0.66	1.49	-0.84
PS-3	-0.93	0.82	1.00	1.43	1.84	2.03	2.41	1.42	0.81	-0.20	1.63	0.62	1.83	-2.49
PS-4	-4.37	-1.58	0.64	1.09	1.54	1.75	2.18	0.42	1.82	-0.64	2.98	0.75	1.49	-2.49
PS-5	-3.88	-2.81	-1.72	0.74	1.25	1.50	2.01	-0.19	1.97	-0.61	0.81	0.45	1.49	-0.16
PS-6	-2.19	0.62	0.81	1.20	1.62	1.81	2.20	1.21	0.96	-0.26	2.22	0.69	1.49	-0.16
G-1	1.82	2.06	2.17	2.40	2.65	2.78	3.59	2.41	0.45	0.20	1.51	0.60	2.48	-
G-2	1.42	1.72	1.86	2.18	2.50	2.64	3.08	2.18	0.48	0.04	1.06	0.51	1.83	-
Na-1	1.47	1.76	1.90	2.18	2.48	2.63	2.90	2.19	0.43	0.02	1.01	0.50	1.83	-
Na-2	-0.38	0.81	1.14	1.79	2.46	2.77	3.68	1.79	1.11	-0.03	1.26	0.56	1.83	-0.50
Ne-1	2.34	2.60	2.74	3.02	3.31	3.72	5.01	3.11	0.68	0.37	1.92	0.66	2.82	-
Ne-2	2.12	2.43	2.59	2.91	3.22	3.38	4.06	2.91	0.53	0.09	1.26	0.56	2.82	-

5. REDONDEZ

Para la estimación de la redondez se utilizó el método de comparación visual, teniendo como referencia para su determinación las gráficas según KRUMBEIN (1941).

Para partículas en el rango de tamaño de 0ϕ a 4ϕ , los valores de redondez promedio varían entre 0.36 y 0.56 (subangulares a subredondeados), resultando una redondez medio que oscila entre 0.37 y 0.51 (subangular a subredondeado) (Tabla 4).

La redondez promedio tiene relación con el tamaño, aunque no en forma directa, pero en general aumenta a medida que el tamaño de las partículas es mayor, lo cual se puede observar para todas las estaciones, (Figura 18), exceptuando Neiva donde tal tendencia no es muy clara.

En las muestras analizadas, la gran mayoría de casos, el cuarzo presenta el menor promedio de redondez mientras que los líticos el mayor, diferencia más notoria hacia Neiva y que va disminuyendo hacia Bocas de Ceniza.

En la dirección de transporte se observa un incremento de la redondez media con la distancia, pero no proporcionalmente, lo mismo que la de cada uno de los tipos de partículas (Figura 19); se presenta variaciones locales que podrían estar relacionadas con el aporte de partículas de algunos afluentes.

6. ANALISIS COMPOSICIONAL

Si se acepta que el sedimento y rocas sedimentarias son una observación de la cual se concluye que el promedio del porcentaje composicional en cada estación es representativo de tal variación (Figura 23).

El contenido medio de cuarzo varía del 20 al 45% tendiendo a aumentar ligeramente en la dirección del transporte exceptuando, el sector San Pablo-Santa Teresa donde se presenta una considerable disminución (Figura 23), debido principalmente al incremento en el contenido de feldespatos y minerales accesorios.

El contenido medio de feldespatos oscila entre 20% y 46%, los mayores contenidos se encuentran en Neiva y Natagaima tendiendo a disminuir ligeramente aguas abajo hasta Maldonado donde se incrementa manteniéndose luego constante hasta Bocas de Ceniza (Figura 23). En general se observa una predominancia de plagioclasas sobre feldespato potásico que se hace más notoria en la dirección de transporte; predominan las plagioclasas con macla de albita y zonadas en asociación, por proceso de sedimentación, de fases minerales estables, se puede llegar a establecer relaciones entre los ambientes sedimentarios y las condiciones de estabilidad de las distintas fases minerales presentes, de la misma forma en que se han establecido entre los parámetros texturales, KRUMBEIN (1967).

6.1 SEPARACION DE MINERALES PESADOS

Los datos obtenidos de la separación de minerales pesados muestran en la mayoría de los casos un contenido relativamente alto, el cual generalmente varía entre 5% y 20% del peso de la muestra entre 0 ϕ y 4 ϕ , rango dentro del cual los mayores porcentajes de la fracción pesada se encuentran en las clases 2 ϕ a 3 ϕ y 1 ϕ a 2 ϕ .

La concentración de minerales pesados en cada clase de tamaño como se puede apreciar en la Tabla 5, la mayor parte de las muestras analizadas las más altas se encuentran en el rango de 3 ϕ a 4 ϕ y en menor proporción de 2 ϕ a 3 ϕ , indicando claramente que la presencia de la fracción densa aumenta al disminuir el tamaño de grano y por lo tanto se debe tener en cuenta la cantidad relativa de material fino en la muestra debido a que puede influir bastante en el porcentaje.

Al observar los porcentajes obtenidos de las muestras de El Contento y Bocas de Ceniza, que fueron tomados en la misma fecha pero en diferente sitio del cauce (en sección transversal) y relacionándolos con el tamaño medio de dichas muestras se puede notar que al disminuir el tamaño aumenta el porcentaje de minerales pesados (Figura 20).

6.2 SEPARACION MAGNETICA

La distribución de las fracciones magnéticas indican que los porcentajes más altos de ellos se concentran en el rango 1 ϕ a 2 ϕ como 2 ϕ a 3 ϕ (Tabla 6).

6.3 SECCIONES DELGADAS

Con los resultados obtenidos del análisis y ubicados en el triángulo con miembros finales: cuarzo (Q), feldespato (F) y fragmento de roca (FR) (Figura 21), todas las muestras se pueden clasificar como arenas: arcosas líticas y litofeldespáticas, según FOLK (1968), dentro de las cuales las correspondientes al sector Puerto Salgar-Santa Teresa pertenecen al segundo grupo.

Esta composición presenta variaciones similares en la proporción de cada componente hacia aguas abajo, tanto en las muestras recolectadas en 1981 como en las de 1977 (Figura 22), menor proporción con macla carlsbad; el feldespato potásico dominante es la microclina.

En el análisis de fragmentos de roca (líticos), se debe considerar que la fracción analizada está dentro del rango de las arenas, hecho éste que puede influir en la proporción real de este tipo de partículas, sobre todo en las muestras de tamaños gruesos. Aún así el promedio de líticos varía del 24% al 37% sin mostrar una tendencia definida en la dirección del transporte (Figura 23), los mayores promedios se presentan en el sector Puerto Salgar-Santa Teresa.

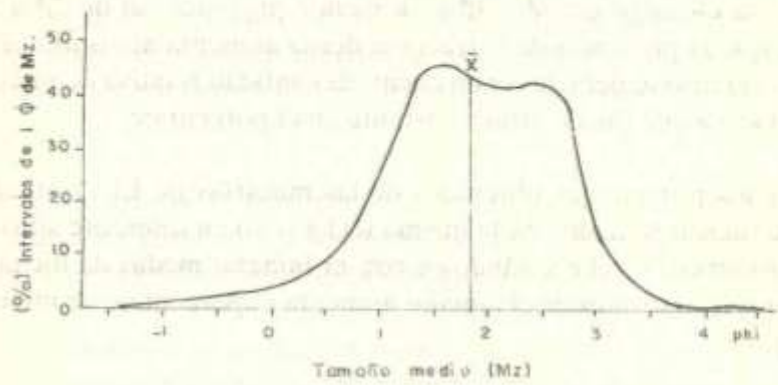


FIG. 21. Distribución de la frecuencia del tamaño medio para intervalos de una unidad phi.

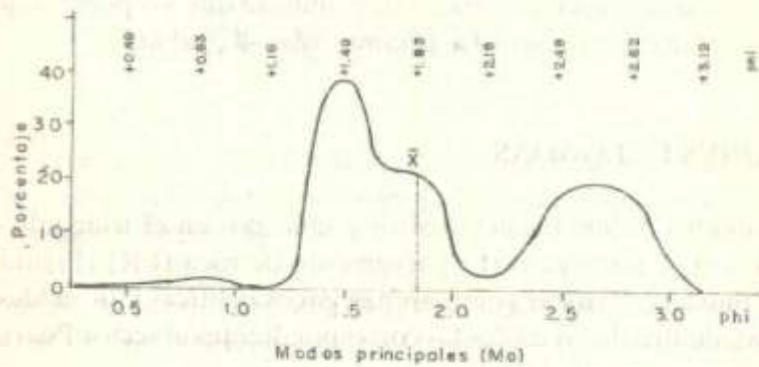
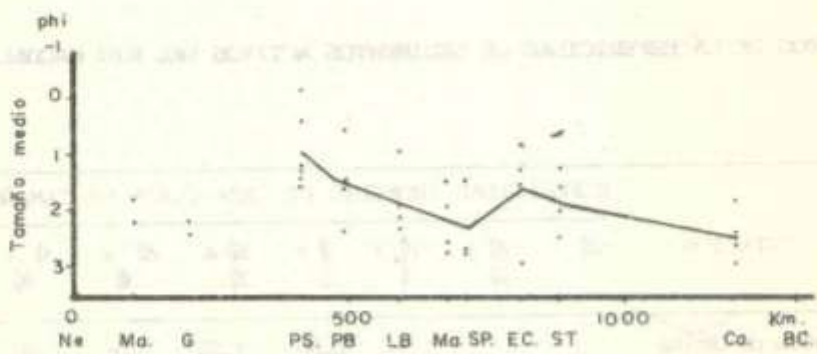
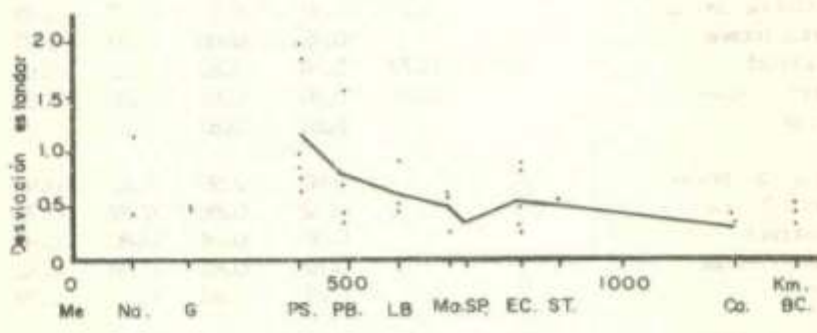


FIG. 15. Distribución de la frecuencia de los modos principales.



(a)



(b)

FIG. 15a. Variación de los promedios del tamaño medio (a) y de la desviación estándar (b) en la dirección del transporte.

TABLA 3

DATOS DE LA ESPERICIDAD DE SEDIMENTOS ACTIVOS DEL RIO MAGDALENA

		ESPERICIDAD PROMEDIO DE CADA CLASE DE TAMAÑO							ESTACION
		-2φ	-2φ a -1φ	-1φ a φ	φ a 1φ	1φ a 2φ	2φ a 3φ	3φ a 4φ	
MUESTRA TOTAL	Bocas de Ceniza			0.74	0.86	0.87	0.86	0.88	0.87
	Santa Teresa				0.82	0.86	0.84	0.86	0.84
	Maldonado	0.75	0.74	0.74	0.83	0.82	0.81	0.82	0.82
	Puerto Salgar		0.75	0.78	0.79	0.81	0.79	0.80	0.80
	Neiva				0.83	0.83	0.80	0.79	0.80
CUARZO	Bocas de Ceniza			0.77	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
	Santa Teresa				0.85	0.88	0.87	0.87	0.87
	Maldonado			0.77	0.84	0.83	0.82	0.81	0.83
	Puerto Salgar			0.77	0.80	0.82	0.80	0.82	0.81
	Neiva				0.84	0.83	0.82	0.78	0.81
FELDSPATO	Bocas de Ceniza				0.60	0.90	0.85	0.90	0.87
	Santa Teresa				0.82	0.86	0.87	0.76	0.86
	Maldonado				0.80	0.84	0.80	0.80	0.82
	Puerto Salgar				0.82	0.81	0.74	0.82	0.80
	Neiva				0.81	0.83	0.79	0.79	0.79
LITICOS	Bocas de Ceniza			0.66	0.84	0.84	0.82	0.87	0.84
	Santa Teresa				0.78	0.84	0.81	0.88	0.82
	Maldonado	0.75	0.74	0.72	0.85	0.78	0.81	0.84	0.79
	Puerto Salgar	0.74	0.76	0.80	0.77	0.82	0.80	0.80	0.81
	Neiva				0.85	0.78	0.76	0.78	0.77

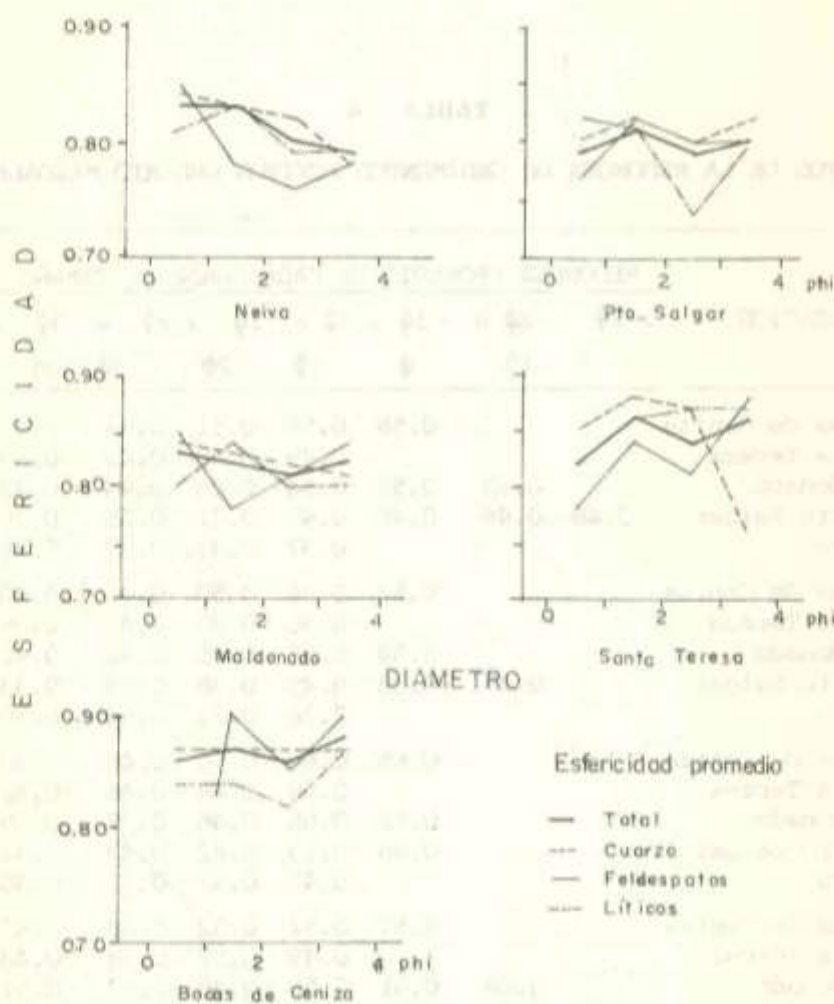


FIG. 16. Variación de la esfericidad promedio de cada clase de tamaño para el intervalo entre 0 y 4 phi.

TABLA 4

DATOS DE LA REDONDEZ DE SEDIMENTOS ACTIVOS DEL RIO MAGDALENA

ESTACION	REDONDEZ PROMEDIO DE CADA CLASE DE TAMAÑO							Rf (%)
	>-2φ	-2φ a -1φ	-1φ a φ	φ a 1φ	1φ a 2φ	2φ a 3φ	3φ a 4φ	
MUESTRA TOTAL	Bocas de Ceniza		0.58	0.56	0.51	0.44	0.42	0.51
	Santa Teresa			0.49	0.49	0.45	0.39	0.45
	Maldonado		0.62	0.59	0.54	0.46	0.44	0.43
	Puerto Salgar	0.48	0.48	0.46	0.49	0.41	0.38	0.36
	Neiva			0.37	0.37	0.37	0.36	0.37
CUARZO	Bocas de Ceniza		0.57	0.56	0.50	0.43	0.40	0.50
	Santa Teresa			0.50	0.49	0.45	0.38	0.45
	Maldonado			0.54	0.51	0.45	0.42	0.42
	Puerto Salgar		0.45	0.38	0.45	0.38	0.35	0.33
	Neiva			0.36	0.32	0.34	0.32	0.33
FELDESPATO	Bocas de Ceniza		0.65	0.60	0.50	0.46	0.43	0.50
	Santa Teresa			0.46	0.44	0.46	0.42	0.45
	Maldonado			0.52	0.55	0.46	0.39	0.39
	Puerto Salgar		0.48	0.53	0.42	0.43	0.40	0.44
	Neiva			0.40	0.41	0.37	0.40	0.38
LITICOS	Bocas de Ceniza		0.57	0.52	0.52	0.49	0.48	0.52
	Santa Teresa			0.49	0.52	0.48	0.48	0.48
	Maldonado		0.64	0.61	0.59	0.48	0.52	0.51
	Puerto Salgar	0.51	0.48	0.52	0.52	0.47	0.44	0.44
	Neiva			0.38	0.44	0.48	0.47	0.48

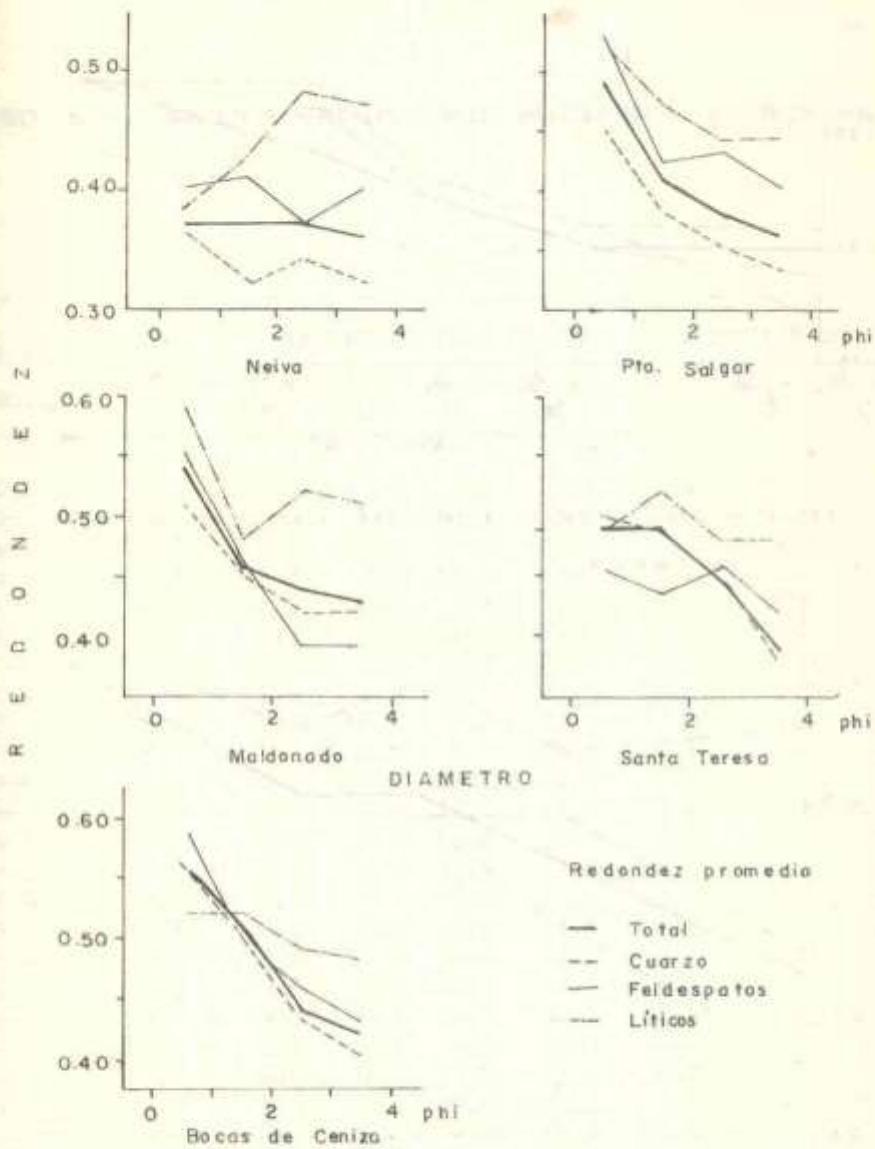


FIG. 18 Variación de la redondez promedio de cada clase de tamaño para el intervalo entre 0 y 4 phi.

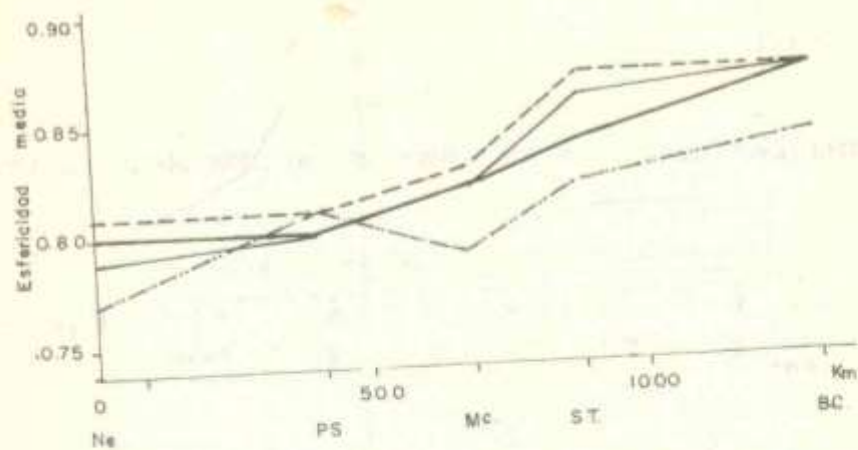


FIG. 17 Variación de la esfericidad media en la dirección del transporte.

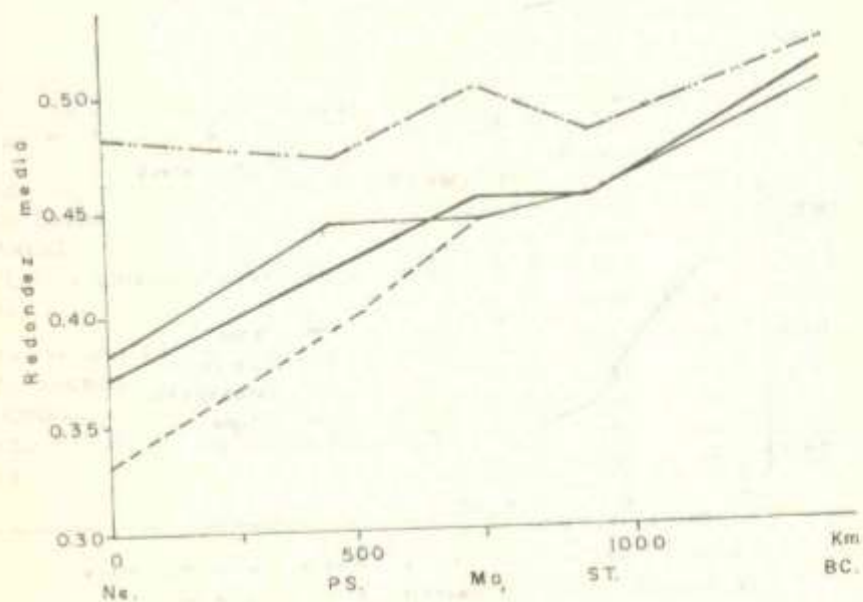


FIG. 19. Variación de la redondez media en la dirección del transporte.

TABLA 5

GRUPOS DE LA SEPARACION DE MINERALES PESADOS, FRACCION ENTRE: ϕ Y 4ϕ DE CADA MUESTRA

MUESTRA No.	MIN. PESAD. (%)	% CONCENT. EN CADA CLASE				PORCENTAJE DE PESO			
		ϕ a	1ϕ a	2ϕ a	3ϕ a	ϕ a	1ϕ a	2ϕ a	3ϕ a
		1ϕ	2ϕ	3ϕ	4ϕ	1ϕ	2ϕ	3ϕ	4ϕ
BC-1	1.6	0.9	1.6	2.0	0.9	5.1	80.7	13.8	0.4
BC-3	19.1	-	5.7	14.4	24.5	-	0.2	39.5	60.3
Ca-1	16.0	6.5	6.3	17.7	41.9	0.1	9.5	78.3	12.1
Ca-5	15.3	3.8	4.9	15.8	33.0	0.1	5.2	78.4	16.3
ST-1	5.1	11.9	4.5	4.3	11.0	0.7	11.1	65.8	22.4
ST-4	7.7	3.3	5.4	11.0	31.0	1.2	41.0	54.4	3.4
EC-3	6.7	2.3	5.9	26.8	27.1	8.9	56.5	31.7	2.9
EC-4	3.0	1.3	3.5	13.6	26.4	23.7	47.9	24.8	3.6
EC-5	23.2	20.3	12.4	7.7	33.3	-	0.1	14.1	85.8
SP-1	7.3	-	2.4	6.9	10.8	0.1	3.3	66.7	29.9
SP-4	12.5	6.7	10.9	25.1	24.7	2.7	71.7	24.4	1.2
Ma-1	9.8	4.3	7.1	21.8	49.5	6.1	48.6	42.7	2 6
Ma-4	7.1	5.9	3.9	10.8	18.8	2.3	31.0	59.2	7.5
LB-1	5.9	3.6	4.0	11.5	19.8	8.8	42.2	44.9	4.1
LB-4	17.7	7.3	9.5	23.8	34.8	0.1	24.6	66.7	8.6
PB-1	8.8	4.5	7.6	17.4	34.4	8.3	57.7	32.3	1.7
PB-4	8.5	3.9	6.9	26.0	33.7	15.2	43.2	37.4	4.2
PS-2	7.0	3.8	4.7	17.1	32.2	4.8	49.1	42.6	3.5
PS-6	9.1	4.8	8.2	23.5	36.7	11.6	60.3	26.8	1.3
G-1	6.5	6.1	2.9	6.8	10.0	-	7.2	76.2	16.6
G-2	12.6	6.5	9.7	13.5	22.1	0.2	29.3	59.3	11.2
Na-1	5.3	1.9	2.0	6.8	11.3	0.2	14.6	70.5	14.7
Na-2	6.6	3.0	3.8	9.7	15.2	7.4	26.1	43.9	22.6
Ne-1	10.7	-	5.7	6.3	14.1	-	0.5	28.0	71.5
Ne-2	18.5	4.1	3.6	10.0	28.1	-	0.4	30.9	68.7

ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO DEL TERRITORIO DE LA SIERRA DE LA NEBLINA EN LA ZONA DE LA SIERRA DE LA NEBLINA

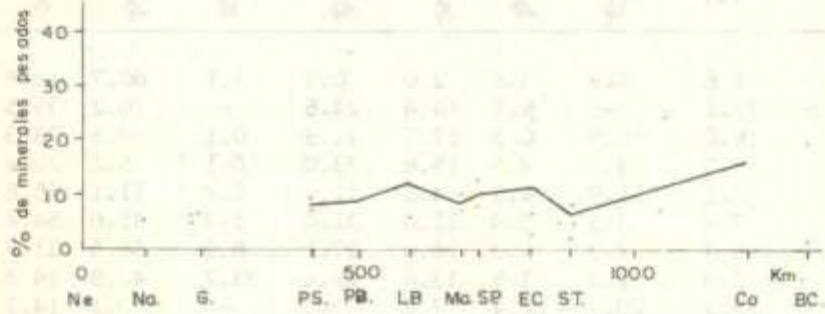


FIG. 20 Variación del promedio del porcentaje de minerales pesados en la dirección del transporte.

TABLA 6

INDICES DE LA SEPARACION MAGNETICA, FRACCION ENTRE 0ϕ Y 4ϕ DE CADA MUESTRA

MUESTRA	MIN. MAGN. (%)	PORCENTAJE DE PESO			
		0ϕ a 1ϕ	1ϕ a 2ϕ	2ϕ a 3ϕ	3ϕ a 4ϕ
BC-1	2.4	2.7	69.6	23.8	3.9
BC-3	10.2	-	0.1	33.3	66.6
Ca-1	8.7	-	9.3	62.1	28.6
Ca-5	9.0	0.1	6.3	60.5	33.1
ST-1	4.5	0.2	13.2	68.9	17.7
ST-4	6.9	0.9	37.5	52.2	9.4
EC-3	8.9	30.8	56.0	12.0	1.2
EC-4	9.7	28.5	40.0	25.0	6.5
EC-5	22.9	-	0.1	13.3	86.6
SP-1	7.1	-	5.1	44.1	50.8
SP-4	6.8	8.1	80.2	11.2	0.5
Ma-1	10.4	21.2	54.4	23.2	1.2
Ma-4	6.8	2.3	35.6	43.2	18.9
LB-1	10.0	23.6	54.4	18.3	3.7
LB-4	10.3	0.2	27.0	52.1	20.7
PB-1	9.9	19.8	59.1	20.3	0.8
PB-4	15.5	35.8	36.9	22.6	4.7
PS-2	7.1	21.9	48.9	25.1	4.1
PS-6	5.1	28.9	50.6	17.6	2.8
G-1	3.8	-	9.7	61.2	29.1
G-2	7.4	-	18.7	62.4	18.9
Na-1	4.0	0.3	27.5	55.4	16.8
Na-2	9.1	3.3	17.0	41.1	38.6
Ne-1	13.4	-	0.5	31.4	68.1
Ne-2	13.6	-	0.7	29.5	69.8

ARCOSA LITICA Y LITARENITA FELDSPATICA DEL RÍO MAGDALENA

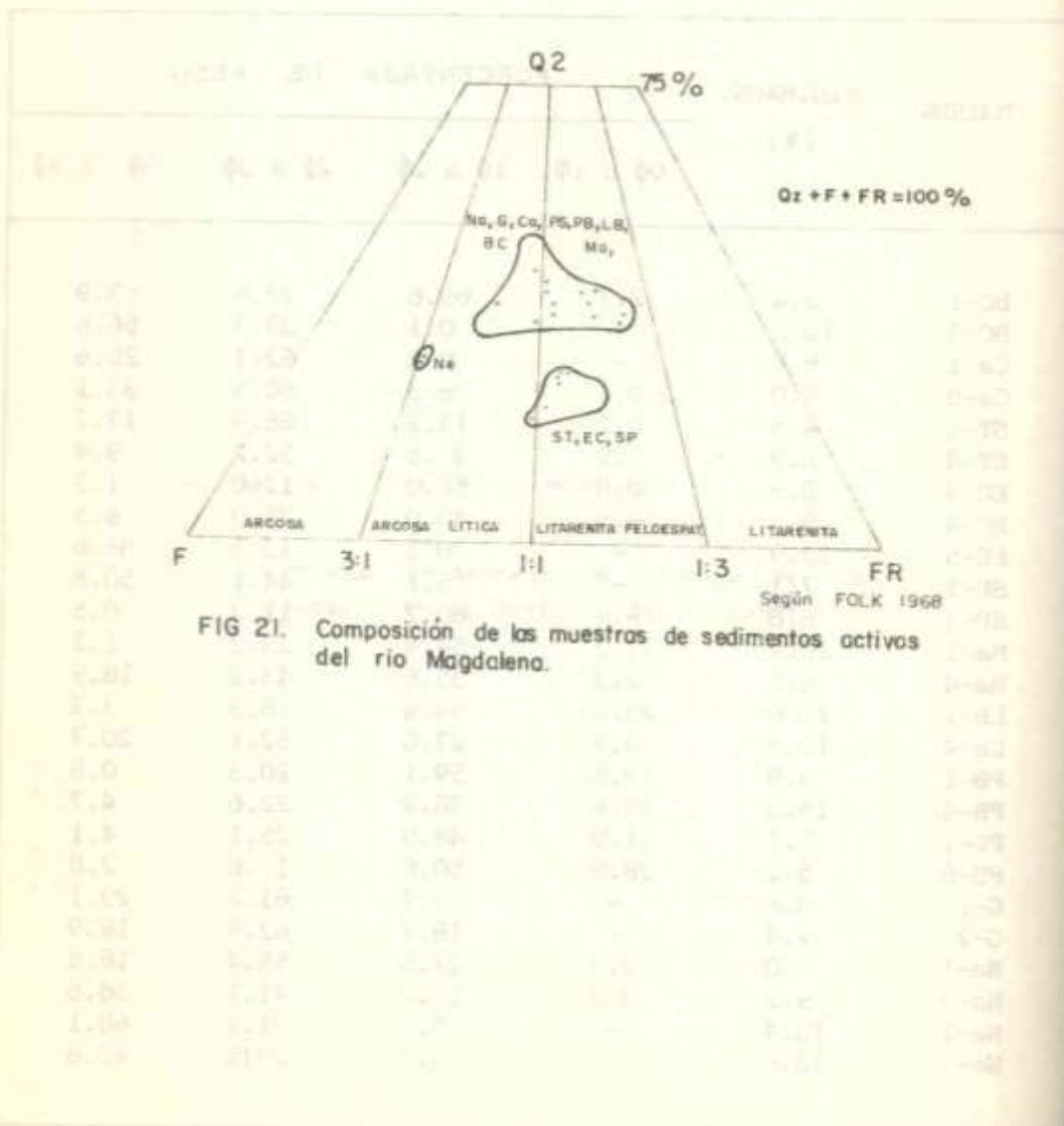


FIG 21. Composición de las muestras de sedimentos activos del río Magdalena.

TABLA 7

DATOS DE LA COMPOSICION MINERALOGICA DE SEDIMENTOS ACTIVOS DEL RIO MAGDALENA

Muestra No.	COMPOSICION MINERALOGICA(%)											(% PROMEDIO DEL CONTENIDO DE LITICOS)					(% PROMEDIO DE CADA GRUPO DE MINERALES ACCESORIOS)				
	Quarczo	feldespatos	Liti- cos	Amo- rfo	Intra- zoi- cos	Efusi- vos	Micas- fines	Su- st.	Piro- xi- mo	Anfi- bol	Micas	Epi- do- ta	Qar- cos	Resto							
BC-1	41.4	27.3	27.7	3.6	23.0	27.0	34.6	15.4	25.2	28.7	18.0	25.1	3.0	—							
BC-3	41.5	28.0	26.0	4.5	22.7	31.8	34.1	11.4	28.9	25.6	16.1	22.4	7.0	—							
Cr-1	42.3	27.4	25.6	4.7	24.1	22.4	27.6	25.9	22.7	31.2	14.2	14.2	6.8	10.9							
Cr-5	46.8	26.7	21.3	5.2	27.4	35.3	17.7	19.6	33.7	26.1	18.7	11.3	10.2	—							
SP-1	18.7	31.6	33.2	16.5	31.4	36.2	15.2	17.2	32.5	13.9	21.3	18.6	6.9	6.8							
SP-4	23.0	29.5	34.4	13.1	17.0	37.1	19.5	26.4	20.5	12.2	28.6	29.4	7.9	1.4							
EC-3	26.7	32.2	38.1	3.0	9.4	50.1	16.2	24.3	27.9	31.8	15.9	15.9	4.3	4.2							
EC-4	21.0	26.5	42.8	9.7	17.1	63.7	12.0	7.2	26.4	30.4	22.7	14.2	4.3	2.0							
EC-5	16.0	33.0	32.4	18.6	31.7	23.8	28.5	16.0	24.6	29.0	14.5	26.0	5.9	—							
SP-1	22.6	29.6	34.2	13.6	22.0	14.0	24.0	40.0	12.7	27.1	27.1	9.0	12.5	11.6							
SP-4	23.9	27.9	34.6	13.6	10.0	21.3	53.7	15.0	35.2	17.6	15.7	11.7	14.0	5.8							
Mb-1	38.7	20.3	34.7	6.3	7.3	10.3	38.5	43.9	13.2	30.0	11.1	19.9	15.4	10.4							
Mb-4	37.7	22.4	32.4	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
LB-1	34.9	20.3	41.8	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
LB-4	36.1	25.1	26.4	12.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
FB-1	36.1	22.2	33.6	8.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
FB-4	35.5	19.1	40.2	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
FS-2	34.3	27.4	30.1	8.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
FS-6	35.9	26.2	29.6	8.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
G-1	36.2	34.1	21.7	8.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
G-2	32.4	29.4	28.4	9.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
Nb-1	32.1	38.8	21.6	7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
Nb-2	35.4	22.7	37.5	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
Nb-1	25.7	46.6	16.5	11.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							
Nb-2	26.0	46.0	15.9	12.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—							

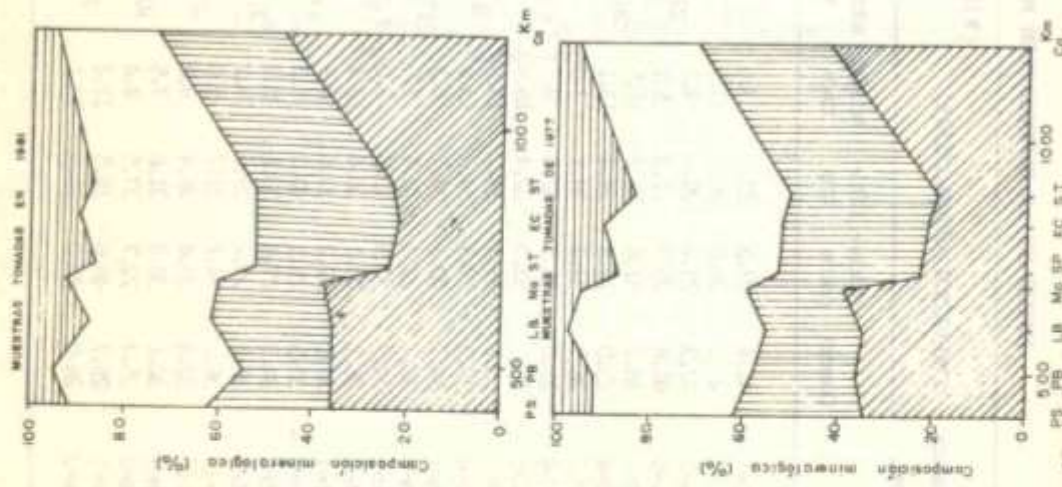


FIG. 22 Variación del promedio de la composición mineralógica en la dirección del transporte.

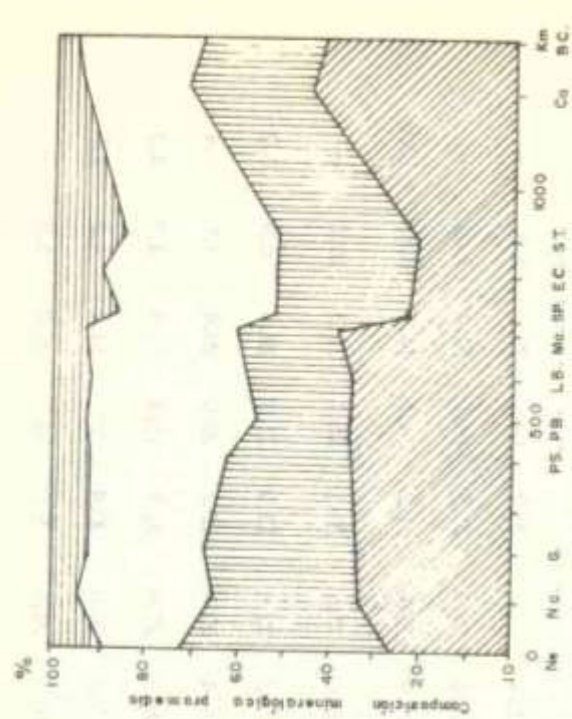


FIG. 23 Variación del promedio de la composición mineralógica en la dirección del transporte.

En general hay un predominio de los líticos de origen ígneo, principalmente de naturaleza volcánica, notorio principalmente desde Puerto Salgar aguas abajo. En Neiva y Natagaima predominan los fragmentos de rocas metamórficas, mientras que en Girardot los de origen sedimentario.

En la composición mineralógica se destaca un alto contenido de minerales accesorios el cual oscila del 3% al 18%. Predomina anfíbol, piroxeno, miocas, epidota y opacos, asociación que se mantiene en todo el recorrido desde Neiva hasta Bocas de Ceniza aunque en diferentes proporciones (Figura 24), así pues se presentan: hornblenda, lamprobolita, hipersteno y diopsido, biotita y muscovita. Otros minerales que esporádicamente aparecen son: esfena, granate, zircón, turmalina y carbonatos.

En general se concluye que la composición mineralógica es muy variable en la dirección del transporte y no presenta una tendencia definida aguas abajo. Sin embargo, para sectores cortos se puede apreciar una cierta inclinación de disminución o aumento en el contenido de algunos componentes; esto podría estar relacionado con la variedad de rocas que constituyen la hoya hidrográfica del Magdalena (ígneas, metamórficas y sedimentarias), variedad que se presenta tanto local como regionalmente y por tanto el aporte de material es a la vez muy variable y continuo en gran parte del recorrido del río.

El alto contenido de partículas poco estables tales como feldespatos, fragmentos de roca y minerales accesorios, en general, sugieren que el tiempo a través del cual los procesos sedimentarios de (meteorización, erosión y transporte) han obrado, no ha sido muy prolongado y la acción de tales procesos poco intensa.

CONCLUSIONES

El análisis realizado a las muestras de sedimentos del río Magdalena, los cuales hacen parte de depósitos fluviales de canal, presentan poca probabilidad de conservarse en el sitio donde fueron tomados; es decir, su permanencia en tal lugar está supeditada a las condiciones hidráulicas del momento o a la variación de tales condiciones para un instante de tiempo geológico. Por tal razón existen factores relacionados con la sedimentación que no son observados, tales como la subsidencia y en general la tectónica de la cuenca.

Las areniscas antiguas muestran algunas diferencias con respecto a sus análogas modernas, pero tales diferencias se pueden reconocer con cierto cuidado y detalle. Según VISHER (1969) los gráficos log-probabilidad de las distribuciones de tamaño de arenas antiguas son directamente comparables a aquellas de arenas recientes, de tal manera que la comparación de las características texturales y composicionales muestran la aplicabilidad en la interpretación de procesos deposicionales y ambientales.

Uno de los principales objetivos del estudio de sedimentos recientes fue obtener información de un ambiente conocido, como el río Magdalena, y con los resultados

contribuir en la tarea de interpretación y reconocimiento de ambientes sedimentarios antiguos.

El reconocimiento de los medios antiguos es uno de los aspectos importantes del análisis estratigráfico, información que proporciona una base para la reconstrucción de la paleogeografía e historia geológica.

La comprensión del medio sedimentario facilita el estudio de las unidades estratigráficas para la exploración de depósitos de importancia económica relacionados con los procesos sedimentarios como petróleo, gas, metales, etc. Puesto que basados en los datos del análisis estratigráfico es posible inferir la localización de las áreas de alto nivel de energía, las direcciones prevalecientes antiguas, la profundidad media del agua y otras características.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L. 1965. A review of the origin characteristics of recent alluvial sediments, sedimentology. v.5, pp. 89-191. Amsterdam.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameter, Jour. Sed. Petr., v. 27, No. 1, pp. 3-26.
- FOLK, R.L. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Ed. Hemphill's, p. 170.
- FIREDMAN, G.M.; SANDERS, J.E. 1978. Principles of sedimentology. pp.25-236. New York.
- KRUMBEIN, W.C. 1941. Measurement and geological significance of shape, and roundness of sedimentary particles, Jour Sed. Petr. v.11, p. 64-72.
- KRUMBEIN, W.C.; SLOSS, L.L. 1969. Estratigrafía y sedimentología, Unión tipográfica, Ed. Hispano Americano. p.778, México.
- LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRAULICOS. 1980. Análisis de sedimentos, procedimientos de laboratorio. p. 35, Bogotá.
- LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRAULICOS. 1985. Mejoramiento de las condiciones de navegación del río Magdalena sector Barrancabermeja-La Gloria. pp. 6-9. Bogotá.
- RIEZEBOS, P.A. 1982. Heavy mineral and grain size analysis of modern river sediments from the río Magdalena Valley. INGEOMINAS. p. 32. Bogotá.
- VISHER, G.S. 1969. Grain size distributions and depositional processes. Jour. Sed. petr., v. 39, pp.1074-1106.