

CONSIDERACIONES PRELIMINARES SOBRE LA SEDIMENTACION
EN LA LAGUNA DE TACARIGUA, ESTADO MIRANDA

Fernando J. Chacartegui ¹ y Philippe Baldy ¹

R E S U M E N

La albufera de Tacarigua, situada en el Estado Miranda, se formó durante el Holoceno debido a la transgresión marina post-wisconsiniana. La barra protectora arenosa se originó como consecuencia de esta transgresión, aunque actualmente el transporte y la deposición de las arenas se realiza por intermedio del oleaje, y principalmente por la corriente litoral. La fuente de suministro de estas arenas son las serranías cercanas así como zonas más lejanas del oriente venezolano. La profundidad promedio de la laguna es de un metro, y las condiciones hidrográficas varían en las épocas de lluvia y sequía. La albufera se encuentra en un proceso de relleno paulatino debido a la alta sedimentación ocasionada por ríos y quebradas, así como por la escasa circulación entre esta laguna y el mar. Los sedimentos superficiales encontrados son en su mayor parte de origen detrítico, aunque existe una neoformación de evaporitas y pirita, no descartándose una posible formación in situ de clorita, calcita y aragonito. Además, la abundancia de agua intersticial permite los intercambios químicos entre el agua y los sedimentos. Las condiciones hidrológicas particulares así como la elevada producción biológica regulan las características de estos depósitos.

I N T R O D U C C I O N

Desde diciembre de 1977, la División de Geología Marina del Ministerio de Energía y Minas (Venezuela) desarrolla en cooperación con la Universidad de París (Francia) un programa de investigación geológica y geoquímica de las lagunas costeras tropicales venezolanas. El programa abarca varias lagunas y se inició con un estudio de la Laguna de Tacarigua (Edo. Miranda). Este informe presenta los primeros resultados que se obtuvieron sobre la sedimentación, mineralogía, hidrología e historia geológica de la laguna.

En su fase exploratoria se recorrió la totalidad de la extensión de la laguna, tanto por tierra como por agua, ubicándose posteriormente los puntos estratégicos de muestreo (Figura 1), con el fin de establecer:

- 1° La influencia de los diversos medios ambientes sobre sedimentos y sus interrelaciones.

1 Ministerio de Energía y Minas, Dirección de Geología, División de Geología Marina, Caracas.

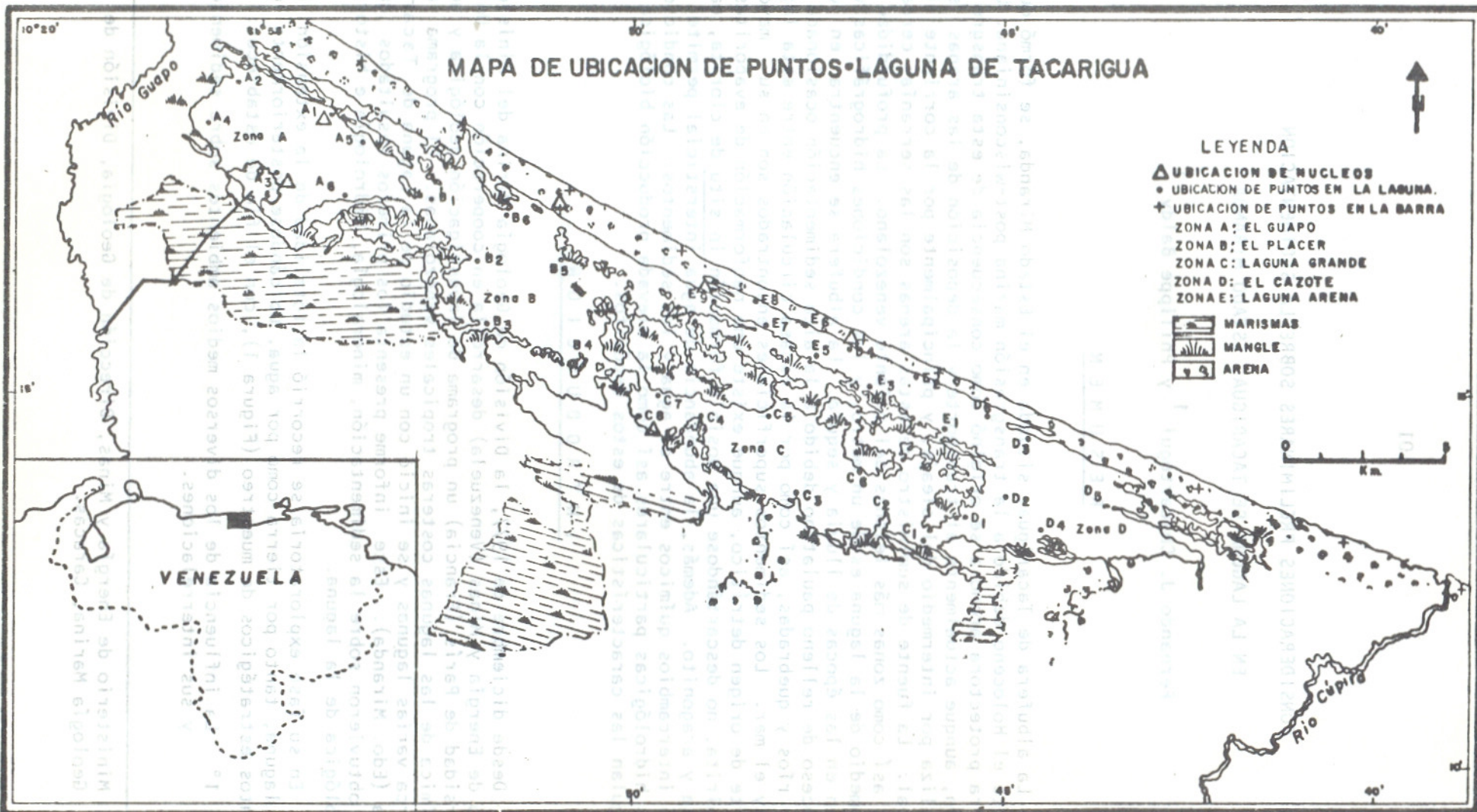
MAPA DE UBICACION DE PUNTOS-LAGUNA DE TACARIGUA

LEYENDA

- ▲ UBICACION DE NUCLEOS
- UBICACION DE PUNTOS EN LA LAGUNA.
- + UBICACION DE PUNTOS EN LA BARRA
- ZONA A: EL GUAPO
- ZONA B: EL PLACER
- ZONA C: LAGUNA GRANDE
- ZONA D: EL CAZOTE
- ZONA E: LAGUNA ARENA

-  MARISMAS
-  MANGLE
-  ARENA

0 1 2 3
Km



VENEZUELA

Figura 1

- 2° Las condiciones hidrográficas durante los períodos de sequía y lluvia para relacionarlas con la sedimentación de la laguna.

Las conclusiones se enfocan hacia una orientación para posteriores estudios sobre las lagunas tropicales costeras, así como el estado actual de los resultados obtenidos.

1) ANALISIS DE MUESTRAS:

Desde los puntos de muestreo se colocaron boyas radiales hacia el interior de la laguna, de tal manera que se puedan observar las influencias de los diversos agentes geológicos, mineralógicos y biológicos sobre los sedimentos. Las profundidades se midieron con una barra graduada y una sonda manual.

El presente informe abarca únicamente una parte de estos análisis debido a que el trabajo se encuentra actualmente en curso:

- 1) Tamizaje de arena: se efectuó un tamizaje seco para las muestras de arena y se establecieron los parámetros granulométricos de las mismas en base a los procedimientos establecidos por Visher (1969).

- 2) Tamizaje de muestras de la laguna: a las muestras de la laguna se les realizó un tamizaje húmedo para separar las fracciones - gruesas de las limo-arcillosas (0,063 mm). La fracción gruesa fue nuevamente analizada sobre el tamiz de 0,35 mm para separar la fracción arenosa de las conchas y restos orgánicos.

- 3) Contenido de agua y masas volumétricas: se pesó un volumen conocido de muestra bruta. Después de secarla a 105°C se calcularon los parámetros en base a las siguientes fórmulas:

- a) Contenido de agua con respecto al sedimento seco:

$$Ca = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100 \quad (\%)$$

- b) Masa volumétrica o Densidad húmeda:

$$Mv = \frac{\text{peso muestra húmeda}}{\text{volumen muestra}} \quad (\text{g/cm}^3)$$

- c) Índice de los espacios vacíos (porosidad):

$$Po = \frac{\text{peso agua}}{\text{volumen muestra}} \times 100 \quad (\%)$$

- 4) Análisis de la fracción gruesa: la fracción gruesa (> 0,063 mm) se estudió con una lupa binocular de 40X para determinar las especies mineralógicas y las de organismos presentes.

- 5) Las arenas y la fracción limo-arcillosa fueron analizadas por difracción de rayos-X para reconocer los minerales presentes y su abundancia relativa.
- 6) Las mediciones de pH, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto se efectuaron de la siguiente manera:
 - Temperatura: con termómetro de mercurio.
 - O_2 disuelto: con un medidor de oxígeno YSI (0-20 partes por millón).
 - Salinidad: con salinómetro YSI (0-40 partes por mil).

Estos registros se realizaron entre las horas 10:00 am y 2:00 pm, para mantener una constancia en las mediciones.

- 7) Además de los análisis de laboratorio, se estudiaron las fotografías de cinco (5) misiones aéreas para describir la historia de la albufera entre los años 1938 y 1975.

II) FISIOGRAFIA Y MORFOLOGIA DE LA LAGUNA DE TACARIGUA

Emery y Stevenson (1958) definen las lagunas costeras como cuerpos de agua separados en la mayoría de los casos del océano por barras de arena o islas de origen marino, y son usualmente paralelas a la línea costera.

Esta definición, aunque describe en su mayor parte a la Laguna de Tacarigua, implica que la formación de la barra protectora es de origen netamente marino. Esta suposición no es totalmente exacta debido a que la barra protectora, aunque la barra pudo tener un origen marino en sus comienzos, se nutre actualmente de los sedimentos acarreados por la corriente litoral, la cual tiene su fuente de suministros en las serranías cercanas y en zonas más alejadas en el oriente venezolano.

Quizás una definición más ajustada sea: las lagunas costeras son cuerpos de aguas someras, paralelas a las líneas costeras, y comunicadas con el mar abierto por una boca y se encuentran separadas del mar por una barra de arena o islas de barrera (Reineck y Singh, 1975).

Esta definición, aunque más amplia, no ofrece discrepancia en cuanto al origen de la barra protectora de la laguna; sin embargo, debe reconocerse que no existe una clara división entre términos tales como lagunas, estuarios y bahías (Mee, 1977).

Fisiografía: La Laguna de Tacarigua, situada entre $65^{\circ} 42'$ y $65^{\circ} 56'$ de longitud oeste, $10^{\circ} 13'$ y $10^{\circ} 20'$ de latitud norte en el Estado Miranda (Venezuela), tiene una dirección aproximada de 285° con rumbo sureste no roeste.

La albufera tiene una longitud aproximada de 27 km por 5 km de ancho máximo y abarca un área de 78 km^2 . De esta área, Okuda (1969), estimó

que un 19,2% estaba ocupada por los manglares (sin incluir los que crecen en las zonas emergidas).

La laguna se encuentra separada del mar por una barra protectora - constituida por arenas de origen detrítico. Esta barra posee una geometría rectangular, siendo más ancha hacia sus extremos. Además se observaron otras de origen marino, las cuales son paralelas a la principal, en el extremo noroeste y en la zona nor-central de la laguna. Otras - formaciones arenosas se observaron al sur de las zonas de El Cazote y Laguna Grande, las cuales son aparentemente playas antiguas de origen marino.

La laguna se comunica con el mar mediante un canal situado cerca de la población de Tacarigua de la Laguna. Este se cierra ocasionalmente debido a la alta sedimentación marina.

Además de las diversas quebradas que desembocan en las zonas de El Placer y de Laguna Grande, el suministro de agua dulce proviene principalmente del río Guapo. Este río fue desviado de su curso original en 1963, mediante la construcción de un canal de desvío. Como consecuencia inmediata, se observó la formación de un delta en la zona oeste de la laguna.

La Laguna de Tacarigua se encuentra dividida en varias zonas por la población de manglares, y para su estudio se separó en cinco (5) zonas, siguiendo la nomenclatura descrita por Gamboa et al. (1971):

- Zona A - El Guapo
- Zona B - El Placer
- Zona C - Laguna Grande
- Zona D - El Cazote
- Zona E - Laguna Arena

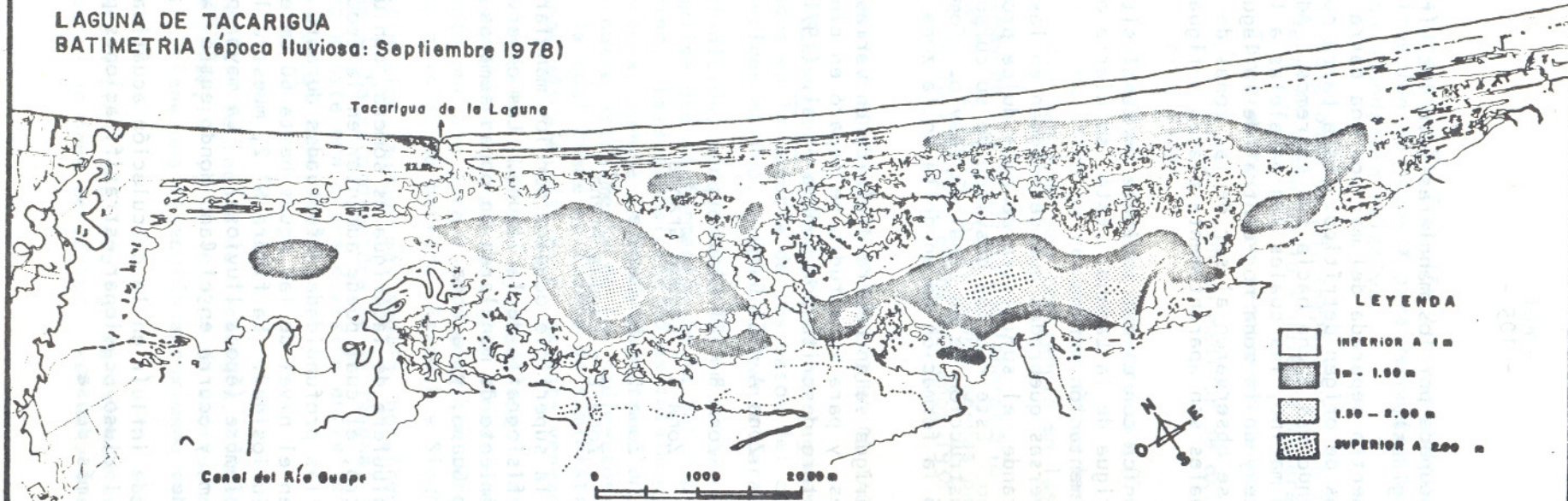
La ampliación de la superficie ocupada por los manglares puede modificar rápidamente la fisiografía de la laguna. Las observaciones de campo mostraron un crecimiento de manglares en pocas semanas en zonas tales como el delta del río Guapo, y la boca.

Batimetría: La albufera de Tacarigua es somera, con un promedio de profundidad de un metro, el cual puede aumentar en la época de lluvia.

Los registros de las profundidades efectuados durante el año de 1978 indican variaciones en el nivel de las aguas hasta 60 cm entre las épocas de sequía y de pluviosidad. La figura N° 2, muestra las profundidades en el mes de septiembre (época lluviosa). La mayor profundidad de la laguna es de 4,20 m, y ocurre en el Caño Hondo entre las zonas de El Placer y Laguna Grande.

La batimetría puede influir en la circulación acuática entre las varias zonas, pudiendo incluso ocasionar estratificaciones por estancamientos de capas de agua más densa.

LAGUNA DE TACARIGUA BATIMETRIA (época lluviosa: Septiembre 1978)



PB/FCH/oa
1978

Figura 2

III) HIDROGRAFIA

Según Gamboa et al. (1971), la temperatura máxima registrada en las aguas entre 1967 y 1969 fue de 33,8°C en la época lluviosa. Nuestros registros indican que la temperatura más alta en la misma época, pero en 1978, fué de 37,5°C (Tabla N° 1). Las mediciones de Gamboa - et al. (1971) fueron realizadas en las áreas más extensas de la laguna; sin embargo, nuestro registro máximo se midió en el Caño Pirital, el cual se encuentra ubicado al sur-este de la zona de El Placer.

Las mediciones de salinidad también varían de un año a otro. Así Gamboa et al. (1971) reportaron salinidades máximas de 40 por mil en el mes de junio de 1969; mientras que durante 1978, en épocas lluviosas, nuestra máxima medición registró 43 por mil. En varias oportunidades obtuvimos mediciones de 40 por mil. Esto indicaría un incremento de la temperatura y la salinidad de la laguna con el tiempo, aunque es muy probable que las variaciones en la pluviosidad y la evaporación en los diferentes años incidan sobre estos resultados.

Los valores mas bajos de salinidad se registran en la zona de El Guapo, indicativo de una marcada influencia fluvial. Durante el mes de septiembre de 1978 se observó una estratificación en la salinidad y en el oxígeno disuelto en las zonas de El Placer y de Laguna Grande.

Nuestros registros indican que los valores de oxígeno disuelto son muy inferiores en los caños adyacentes a la laguna que en sus áreas más extensas, sugiriendo que la circulación en los caños es menor.

No se observaron grandes variaciones en el pH de las aguas, aunque éste pareciera estar relacionado con el oxígeno disuelto. Esta inter-dependencia se establecería debido a que cuando el oxígeno disuelto es escaso, se produciría un incremento en la actividad anaeróbica con una probable liberación de ácido sulfídrico.

Las corrientes dentro de la albufera son producidas en su mayoría por los vientos y los ríos, aunque una corriente se produce cuando existe comunicación entre la laguna y el mar, lo que ocasiona un desplazamiento de las aguas hacia la boca.

Las mediciones del contenido de material en suspensión efectuadas a las muestras tomadas en el mes de agosto indican que es muy elevado en las zonas de El Cazote (480 mg/l), Laguna Grande (350 mg/l) y El Placer (328 mg/l). Los valores más bajos se obtuvieron en la zona de El Guapo, probablemente debido a la floculación que se produciría cuando las aguas dulces del río se mezclan con las aguas salobres de la laguna.

Actualmente estas mediciones se continúan para establecer las con secuencias de las épocas de sequía y lluvia sobre el agua de la laguna.

IV) GEOLOGIA Y EVOLUCION DE LA LAGUNA DE TACARIGUA

	TEMPERATURA		O2 DISUELTO		pH		SALINIDAD	
	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.
EL GUAPO	33,4	30,4	9,5	4,7	8,7	7,9	8,0	4,0
EL PLACER	34,3	30,5	6,9	2,3	8,0	7,3	18,5	9,0
LAGUNA GRANDE	33	31	11,8	2,1	8,6	7,5	29,8	25
EL CAZOTE	34,2	31,8	15,4	6,1	8,5	7,5	43	30,5
LAGUNA ARENA	34	31,3	6,5	2,4	7,9	7,3	35	16,8
CAÑO PIRITAL	37,5	33,5	8,5	0,1	7,7	7,5	15	1,5
BOCA	31,4	31	6	5,6	7,8	7,2	18,5	12
CAÑO TUY	34,5	30,8	6,3	5,8	8,2	7,7	10,0	5
PUERTO ESCON.	35	34	6,7	5,8	7,7	7,6	28,5	22
MANATI	34	33,5	5,4	3,8	7,7	7,4	28,8	24,2
LAS LAPAS	35	28,5	3,6	0,6	8	7,6	14,9	1,2
SEPTIEMBRE 78								
EL GUAPO	30	26	13,6	7,5	9,9	8,9	20	12,9
EL PLACER	35	28,3	17	7,1	9,8	6,8	28	12,9
LAGUNA GRANDE	35	31,5	8,1	0,0	8,4	7,3	39	34,5
EL CAZOTE	33	31	12,9	8,3	9,2	8,5	41,5	36,5
LAGUNA ARENA	36	31	13,7	4,6	8,9	8,0	41	27
CAÑO PIRITAL *	29	29	0,0	0,0	6,4	6,4	3,7	3,7
BOCA**	35	29	20,5	7,5	8,6	7,9	33,5	22
CAÑO TUY	33,5	31	14,8	6,7	8,6	7,5	29,3	14
AGOSTO 78								

* una sola muestra en este mes

** la boca estaba cerrada

TABLA N° 1 : DATOS HIDROGRAFICOS

La Laguna de Tacarigua pertenece a la llanura costera de Barlovento, la cual corresponde a la cuenca baja del río Tuy, y se caracteriza por sus terrazas aluvionales. Esta llanura costera está formada por los sedimentos fluviales de los ríos Tuy, Cúpira, Guapo y otros. La geología superficial se ilustra en la figura No. 3.

La cuenca del Tuy es una prolongación de la fosa de Cariaco. Según Balda (1975), la cuenca del Tuy-Cariaco se formó a finales del Cretácico o en el Eoceno, debido a un movimiento del tectógeno de Paria contra el Macizo de Guayana. Desde su formación hasta el Terciario esta cuenca era muy inestable, evidenciado por las diversas capas de conglomerados de origen tectónico que se encuentran a diferentes niveles estratigráficos (Balda, 1975).

La separación del Tuy Alto del Tuy Bajo se realizó en las postrimerías del Plioceno como resultado de un levantamiento y una posterior erosión. Esto indica que los movimientos tectónicos son menores en la llanura de Barlovento que en las serranías cercanas.

Los alrededores de la albufera de Tacarigua están compuestos por sedimentos aluvionales, así como también por arenas marinas, todos formados durante el Cuaternario. Además no se observaron evidencias de movimientos tectónicos recientes en las proximidades de la laguna.

Formación y evolución de la laguna. Durante la regresión Wisconsiniana el nivel del mar se encontraba por lo menos a -100 m con respecto al nivel actual (Figura No. 4). La figura No. 5a muestra la llanura costera durante esta glaciación.

La invasión de las aguas durante la transgresión del Holoceno creó una extensa zona marina somera, como se ilustra en la figura No. 5b. Esta transgresión ocasionó que los agentes marinos sedimentarios y los aportes fluviales fueran originando zonas de lagunas costeras muy someras (Figura No. 5c).

A medida que la extensión de las islas de barrera aumentó, también se incrementaron las zonas de influencia de origen deltaico, lo que provocó una disminución de la superficie de las lagunas y un cierre paulatino de las mismas (Figura 5d).

La intensa sedimentación marina por medio de la corriente litoral fué aportando grandes cantidades de arenas a la barra, hasta llegar al estado actual de la laguna.

El aporte fluvial a la laguna disminuyó, evidenciado por los meandros abandonados, lo que ocasiona que actualmente la laguna avance hacia un proceso de restricción y por lo tanto de hipersalinidad.

Evolución actual de la laguna. Existen fotografías aéreas de esta región, tomadas en los años de 1938, 1941, 1963, 1967 y 1975. Se observaron ciertas variaciones en los períodos anteriormente citados. Las zonas que acusaron una mayor deformación son las zonas de El Guapo y de la boca.

- a) Zona de El Guapo: entre 1963 y 1975, se observó una evolu-

MAPA GEOLOGICO DE LA LLANURA DE BARLOVENTO
 Tomado del mapa Geológico Estructural de Venezuela (1.976)

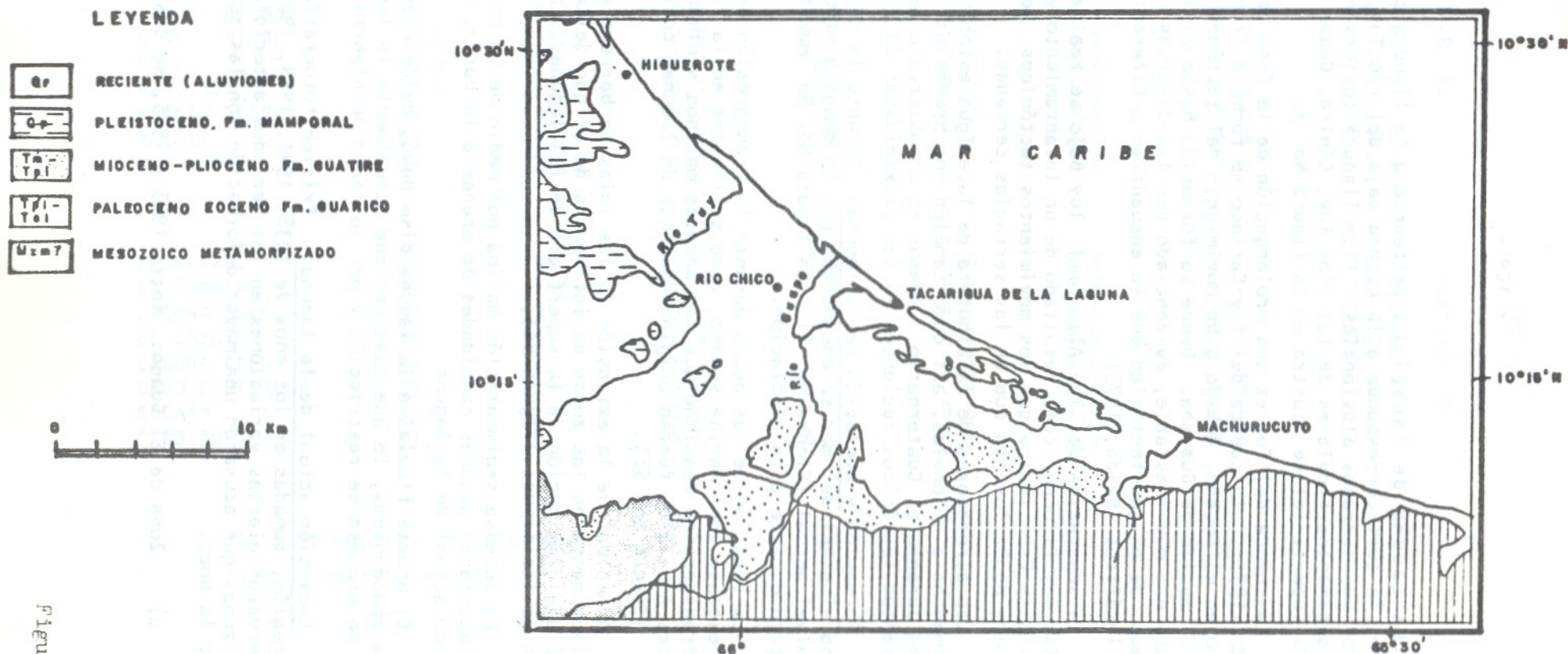
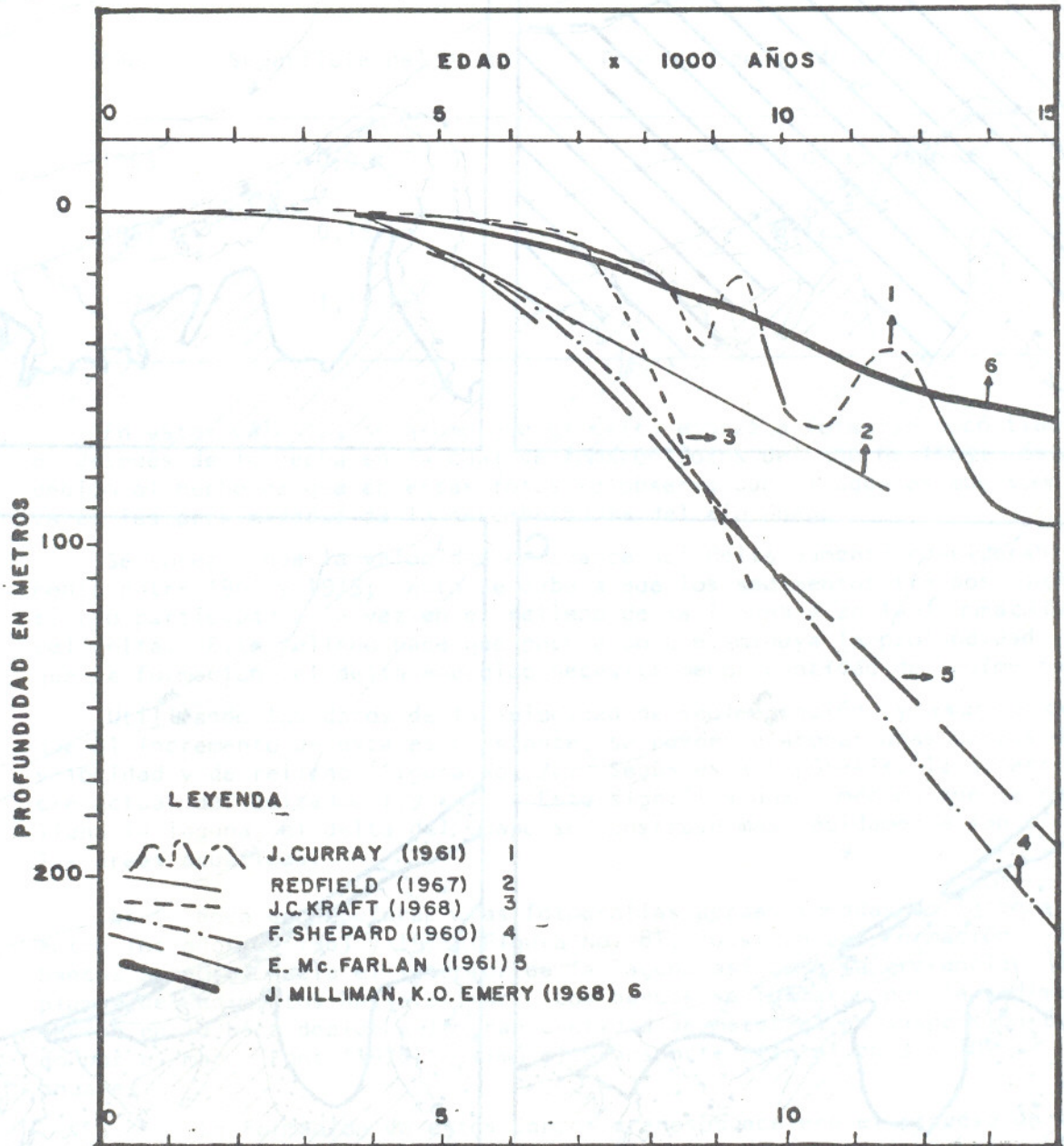


Figura 3

VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR DURANTE EL HOLOCENO



P.B./F.CH/e.v.

1979

Figura 4

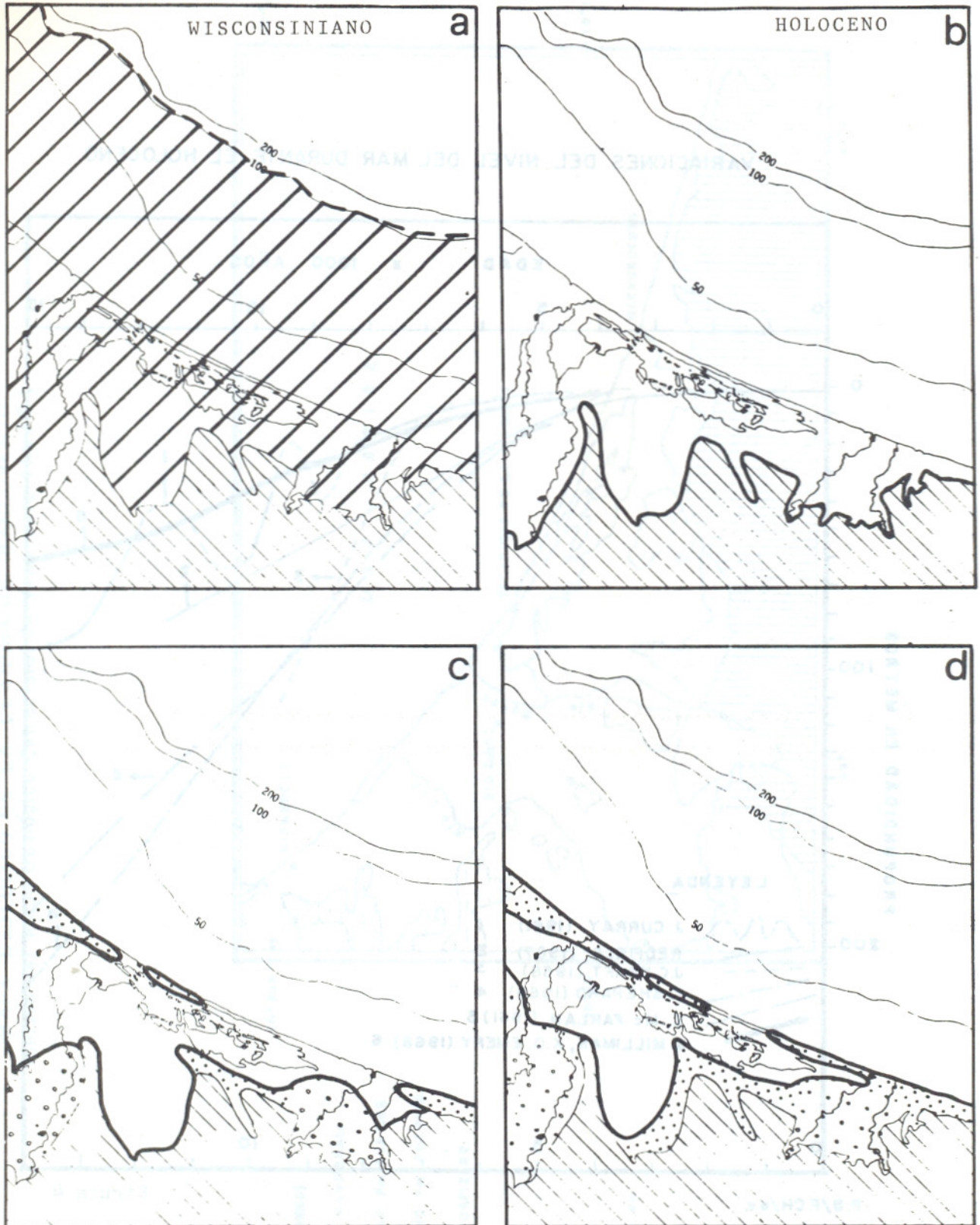






Figura 5

- | | | | |
|---|-----------------------|---|------------------|
|  | Formaciones Deltaicas |  | Llanura Costera |
|  | Arenas |  | Zonas montañosas |
| -- Límite probable del mar antes del Holoceno | | | |

ción rápida del delta del río Guapo, como consecuencia de la construcción de un canal de desvío hacia la laguna (Figura No. 6). La tabla siguiente indica el incremento de la superficie de este delta:

Año	Superficie del delta	Promedio anual de crecimiento del delta
1963	0,0 km ²	0,05 km ² /año
1967	0,15 km ²	0,12 km ² /año
1975	1,10 km ²	

En estos cálculos se asume que el delta empezó a formarse poco tiempo después de la fecha en la cual se tomaron fotos del año de 1963; ésto debido al hecho de que en estas fotos se observa que el agua es muy somera en las proximidades de la desembocadura del río Guapo.

Se aprecia que la velocidad de avance del delta aumentó considerablemente entre 1963 y 1975; ésto se debe a que los sedimentos traídos por el río participan a la vez en el relleno de la laguna y en la formación del delta. Este relleno hace que poco a poco disminuya la profundidad, y que la formación del delta emergido necesite menor cantidad de sedimentos.

Utilizando los datos de la velocidad de sedimentación y asumiendo que el incremento de esta es constante, se pueden elaborar unas curvas de velocidad y de relleno (Figura No. 7). Según esta hipótesis, la superficie actual del delta es 1,9 km². Esto significa que a medida que se rellena la laguna, el delta del Guapo se construye más rápidamente sobre las áreas acuáticas.

b) Boca de albufera: las fotografías aéreas tomadas en la boca, entre los años de 1963 y 1975 (Figura No. 8), muestran una formación de bancos arenosos hacia el interior de la laguna así como la presencia de plumas de sedimentos hacia el mar. Los bancos se formaron por la sedimentación en la boca debido a la gran cantidad de material en suspensión traído por el mar. Font (1978) estimó el transporte litoral en $3 \times 10^6 \text{ m}^3$ anuales.

La formación de estos bancos arenosos acelera el proceso de sedimentación en la laguna debido a la disminución de la corriente entre la laguna y el mar, permitiendo además el crecimiento de las islas de manglares que desfavorecen la circulación en la boca.

VI) GRANULOMETRIA

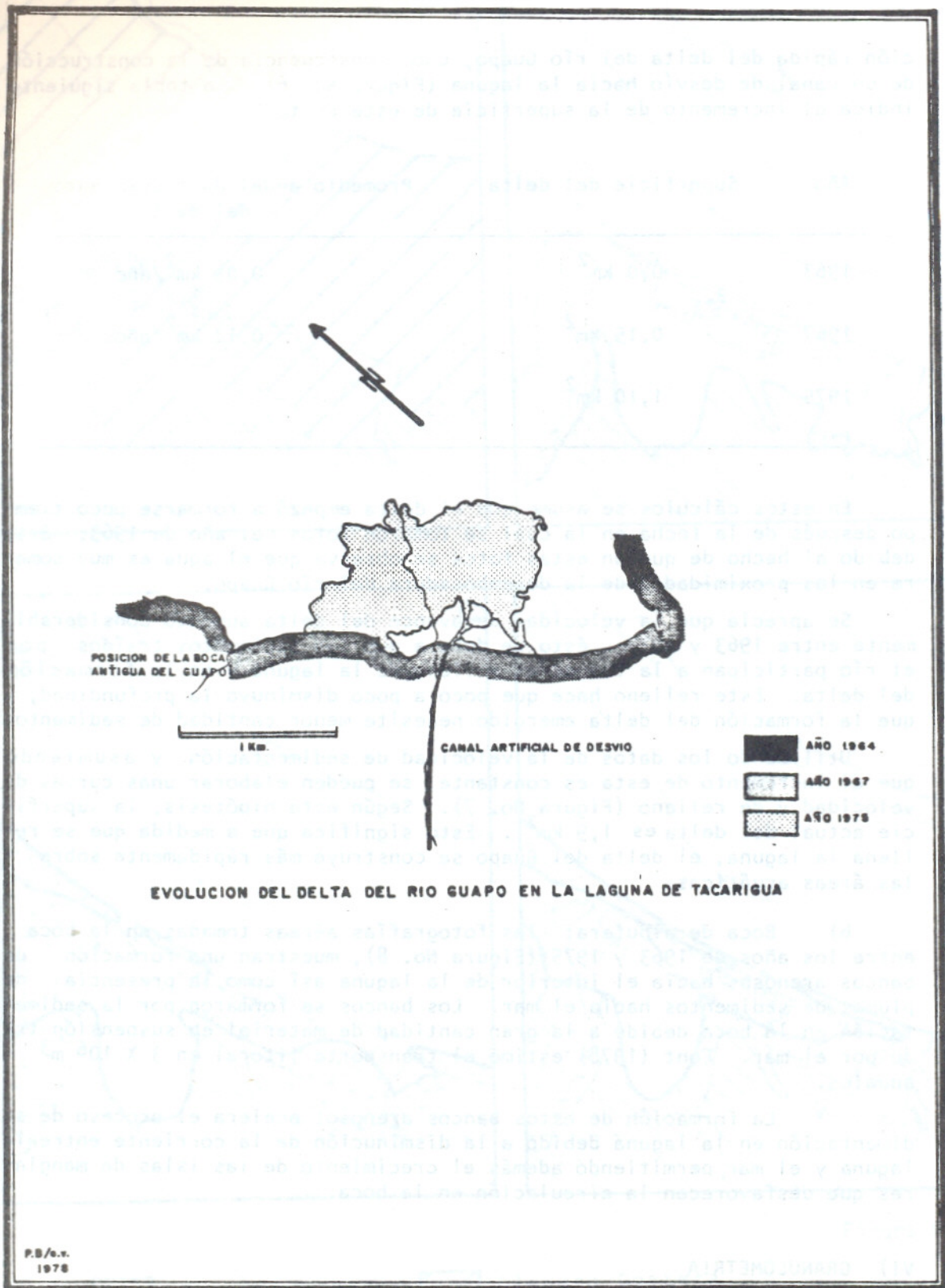
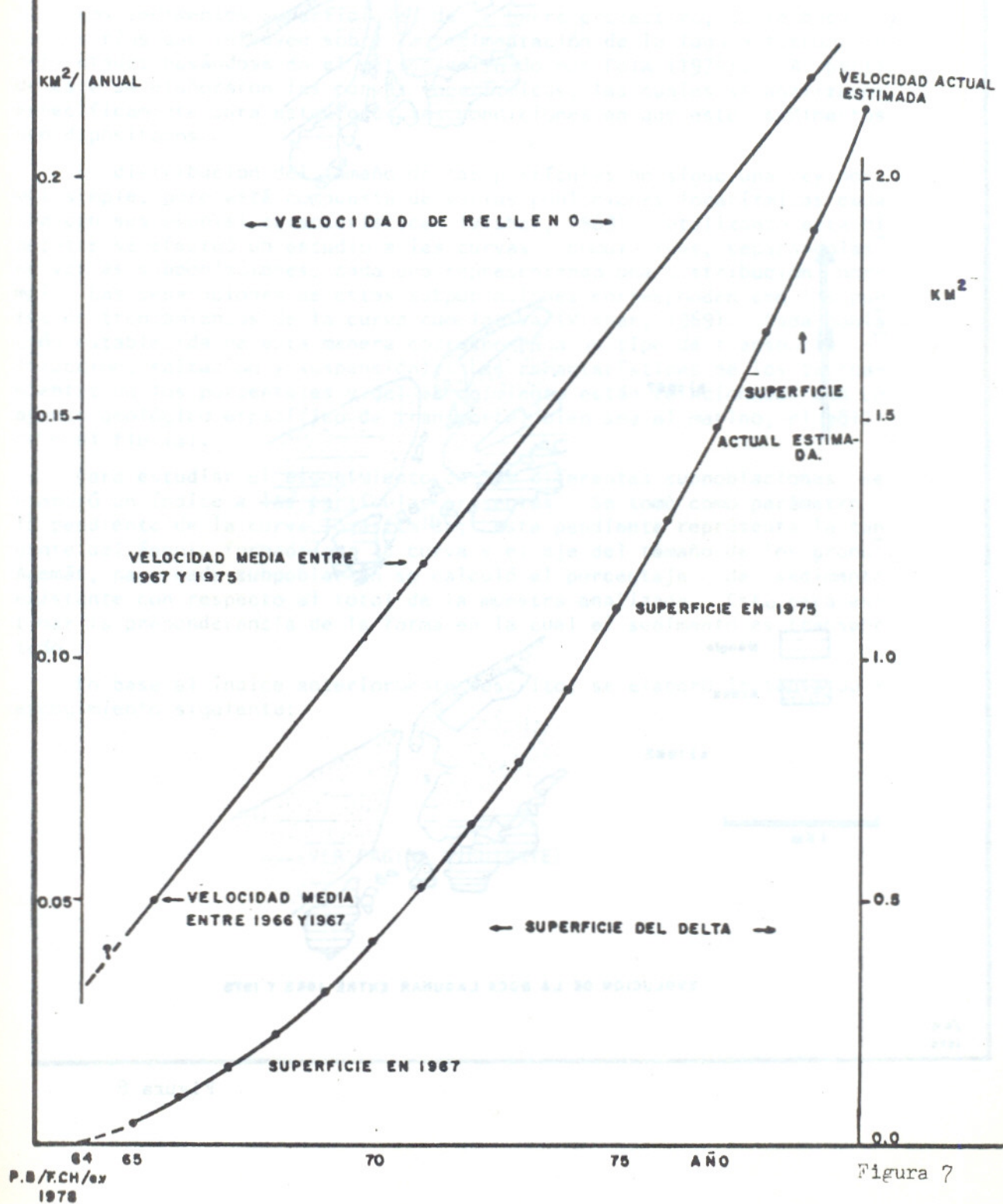


Figura 6

CURVAS DE EVOLUCION DEL DELTA DEL RIO GUAPO



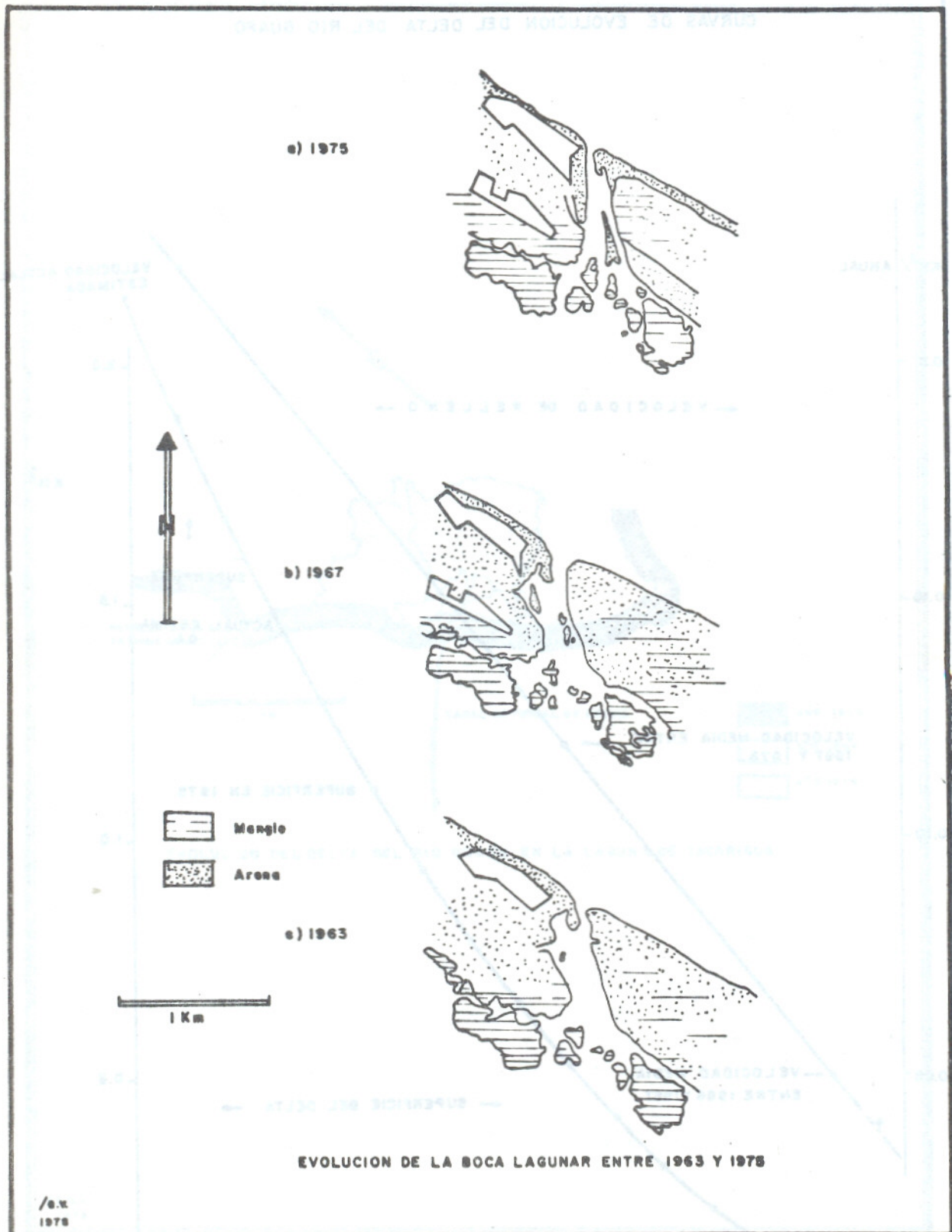


Figura 8

El estudio granulométrico de las muestras sedimentarias de la albufera fué dividido en dos partes, de acuerdo a las características específicas que presentan los diversos medio ambientes.

Barra protectora y ríos:

Los sedimentos superficiales de la barra protectora, de la boca y de los ríos que influyen sobre la sedimentación de la laguna fueron interpretados basándose en el método definido por Folk (1974). A partir de éste se elaboraron las curvas logarítmicas, las cuales se analizaron específicamente para establecer las condiciones en que estos sedimentos son depositados.

La distribución del tamaño de las partículas no sigue una ley normal simple, pero está compuesta de varias poblaciones logarítmicas cada una con sus propias características (Visser, 1969). Utilizando esta hipótesis se efectuó un estudio a las curvas cumulativas, separándolas en varias subpoblaciones, cada una representando una distribución normal. Las separaciones de estas subpoblaciones corresponden con los puntos de truncamientos de la curva cumulativa (Visser, 1969). Cada población establecida de esta manera corresponde a un tipo de transporte -- (tracción, saltación y suspensión). Las características de los truncamientos de los porcentajes y del escogimiento están relacionadas con un agente geológico específico de transporte, bien sea el marino, el eólico o el fluvial.

Para estudiar el escogimiento de las diferentes subpoblaciones se elaboró un índice a las partículas presentes. Se tomó como parámetro la pendiente de la curva logarítmica; esta pendiente representa la tangente del ángulo formado por la curva y el eje del tamaño de los granos. Además, para cada subpoblación se calculó el porcentaje de sedimento existente con respecto al total de la muestra analizada. Esto para estimar la preponderancia de la forma en la cual el sedimento es transportado.

En base al índice anteriormente descrito, se elaboró la tabla de escogimiento siguiente:

(VER PAGINA SIGUIENTE)

Pendiente (tangente)

Escogimiento

< 0.50	malamente escogido (M)
0.50-0.80	pobremente escogido (P)
0.80-1.20	regularmente escogido (R)
1.20-2.0	bien escogido (B)
2.0 -2.75	muy bien escogido (MB)
> 2.75	excelentemente escogido (E)

Interpretación de los resultados: las tablas No. 2 y 3 indican las varias poblaciones con sus porcentajes respectivos y sus truncamientos. Además ilustra la forma probable de transporte y el escogimiento de las diversas subpoblaciones.

Los promedios de los resultados obtenidos aparecen en la siguiente tabla:

Medio	Truncamientos en ϕ		Escogimiento promedio			Porcentajes promedios		
	Trac-Sal	Sal-Sus	Trac.	Sal.	Sus	Trac.	Sal.	Sus
Berma	1.5-2.0	3.0-3.5	P-R	MB	B	≈ 1	80-90	≈ 12
Vaivén	1.0	3.0-3.5	P	B	B	1.5-10	80-95	< 3
Rompiente	1.0-1.5	3.5	R	MB	MB	≈ 5	80-90	< 10
Barra int.	-0.5-0.5	3.0	P	R	R	3-15	60-80	≈ 10
Boca	1.0-1.5	3.0	B	B	E	< 5	85-95	4-15
Río Cúpira	0.5-1.5	3.0-3.5	M	MB	R	< 2	75-99	1-15
Río Guapo	2.0	4.0	M	R	E	< 2	40	> 40

MUESTRA		-1	0	1	2	3	4
BERMA	MARZO		1.47 R	7.5 B	82 MB	9.03 B	
	AGOSTO		0.7 P	37.3 E	45.5 B	16.5 B	
VAIVEN	B 15	0.3 M	1.4 R	0.8	34.5 B	62.6 MB	0.4 B
	B 22	1.7 M	3.0 P	3.0	14.0 B	77.7 B	0.6 B
	B 25	1.3 M	9.6 B	26 P	60.5 B	26.6 B	B
	B 28	32 P	7.5 R	6.5	32 B	49 MB	2.8 B
ROMPIENTE	AGOSTO	7.85 R	3.0	88.7 B	0.45 R		
	B 23	2.5 R	28.5 B	68.9 E	0.1 R		
	B 26	3.0 R	0.5	86.5 E	1.0	9.0 E	
	B 29	0.3 P	6.15 R	1.85	81 MB	1.5	8.15 E
AGOSTO	B 32	4.5 P	35.5 B	59.0 E	1.0 B		
	AGOSTO	6.8 R	8.2 P	81.5 B	3.5 B		
		— TRACCION	--- MEZCLA SALTACION	——— SUSPENSION		

MUESTRA		-1	0	1	2	3	4						
BARRA INTERNA	B 7	2.4 B	5.5	11	M	0.5	68	B	12.6		B		
	B 9	8.5		M	18.5		M	63	B	10.0	P		
	B 17	1.4		M	23.8	39		P	17.5	6.5	P		
BOCA	B 1				4.35 MB	5.5 P	86		B	0.5	3.65	E	
	B 2				2.8		R	60	B	33 MB	0.5	3.7	E
	B 3				0.9 B	2.5		M	83.5	MB	13.1		E
RIOS	RC 1			1.0 M	12.5	66		R	19.7	MB	0.8		P
	RC 2			0.4 M	4.3		P	15	79	E	1.3		B
	RC 3			0.8			M	98.3			MB	0.9	R
	RC 4			1.5			M	8.0	74.5	B	16		R
		— TRACCION --- MEZCLA SALTACION - - - - - SUSPENSION											
	RG 2	1.8					M	14.2 B	29		M	55	E

a) Berma: en esta zona el agente eólico es predominante aunque se observó la presencia de pequeñas dunas transversales de origen marino. Eso explicaría la existencia de dos subpoblaciones en saltación. La forma de transporte más significativa para las arenas de la berma, la cual es muy bien escogida, es la de saltación; mientras que en la tracción el escogimiento es de pobre a regular y la cantidad de sedimento ahí presente es escasa.

En el mes de agosto se observaron dos subpoblaciones a nivel de saltación, lo cual sugeriría cambios en la dirección de los vientos y/o cambios en la energía de los mismos. Además, la mayor abundancia de sedimento fino con respecto al mes de marzo corroboraría la hipótesis anteriormente mencionada.

b) Vaivén: existen dos subpoblaciones tanto a nivel de tracción - como de saltación, lo cual es debido al movimiento alterno del lavado de las olas.

Los puntos de truncamiento de saltación a suspensión coinciden con los observados en la berma, mientras que los de tracción a saltación no coinciden. Esto se interpreta como una influencia de la fuente marina en la berma a nivel de la fracción más fina.

El escogimiento para todos los niveles es semejante excepto para la saltación, la cual es menos escogida en la zona de vaivén que en la berma.

La variación en los porcentajes de arena en las diferentes subpoblaciones de una muestra a otra, en la zona de vaivén, se explica debido a la presencia de corrientes observadas tanto en el campo como en las fotografías aéreas.

c) Rompientes: en las observaciones de campo apreciamos la inexistencia de una zona definida de rompiente. La presencia de tres zonas de rompientes explicaría porqué la población de saltación es muy bien escogida.

El rango del truncamiento a nivel de tracción-saltación es variable de acuerdo a la energía de las olas. Sin embargo a nivel de saltación y suspensión es muy bien definido. Esto sugeriría que la arena movida en suspensión en la primera rompiente se mantiene a través de las otras.

d) Barra interna: en estas muestras existen dos poblaciones a nivel de saltación, lo que sugiere un régimen eólico variable o influencia de la laguna que puede traer sedimentos. En el porcentaje de la muestra a nivel de saltación se apreció un descenso en comparación con las tomadas en las zonas de las playas, y un aumento en la población a nivel de tracción.

El escogimiento es de pobre a regular, lo cual corroboraría la influencia de otro agente además del eólico.

El punto de truncamiento a nivel de tracción-saltación es el más bajo observado, mientras que el de saltación-suspensión se mantiene en 3.0.

Los resultados anteriores sugerirían que los vientos no son agentes deposicionales y que se comportan como agente de transporte, distribuyendo el material fino ya existente en la barra protectora .

Como el viento no tiene la energía suficiente para transportar los granos más gruesos, éstos permanecen en el lugar.

La amplitud de la fracción transportada en forma de tracción podría ser indicativa de una redistribución de las partículas más gruesas, ocasionada por las variaciones en el nivel de las aguas de la laguna. Un corte transversal (Fig. No. 9) ilustra las diferencias observadas en el tamaño de los granos en las distintas zonas de la barra.

e) Boca: en los sedimentos de la boca de la laguna, se observan granos de diámetro inferior a 0.71 mm.; ésto se debe a la escasez de sedimentos más gruesos en la laguna. La corriente de la laguna al mar es lo suficientemente fuerte como para ocasionar el movimiento de partículas de diámetros superiores al anteriormente mencionado. Además el porcentaje de material grueso es mayor hacia el mar que hacia la laguna, lo cual indica claramente una proveniencia marina de éstos. Sin embargo en el sedimento fino se observó el fenómeno inverso.

El escogimiento de la fracción fina es excelente, lo cual indica que las aguas lagunares realizan una selección de estos sedimentos.

f) Ríos: en el río Cúpira, a medida que el agente fluvial predomina, se observa una sola subpoblación a nivel de saltación con un escogimiento mayor que en las muestras tomadas cerca de la desembocadura del mismo río.

El porcentaje del material fino en suspensión es mayor hacia las zonas más lejanas del mar, lo cual indica una disminución de la influencia del río hacia su desembocadura.

En la muestra del río Guapo (RG2), se observa un porcentaje muy elevado del material fino traído en suspensión (55%). El rango del tamaño de los granos transportados por tracción es muy grande ; sin embargo, el porcentaje de la población acarreada de esta manera es bajo.

Se observan además dos subpoblaciones en saltación correspondientes probablemente a una variación en el régimen hidráulico entre las épocas de sequía y de lluvia.

Conclusiones: la mayor cantidad del material transportado por cualquiera de los agentes geológicos presentes se realiza en forma de saltación ($\pm 60\%$). El transporte en forma de tracción acarrea un porcentaje mínimo del sedimento total.

El límite entre saltación y suspensión aparece en general entre 3.0 y 3.5Ø. Las arenas de playa son en su mayor parte de bien a muy

CORTE TRANSVERSAL DE LA BARRA

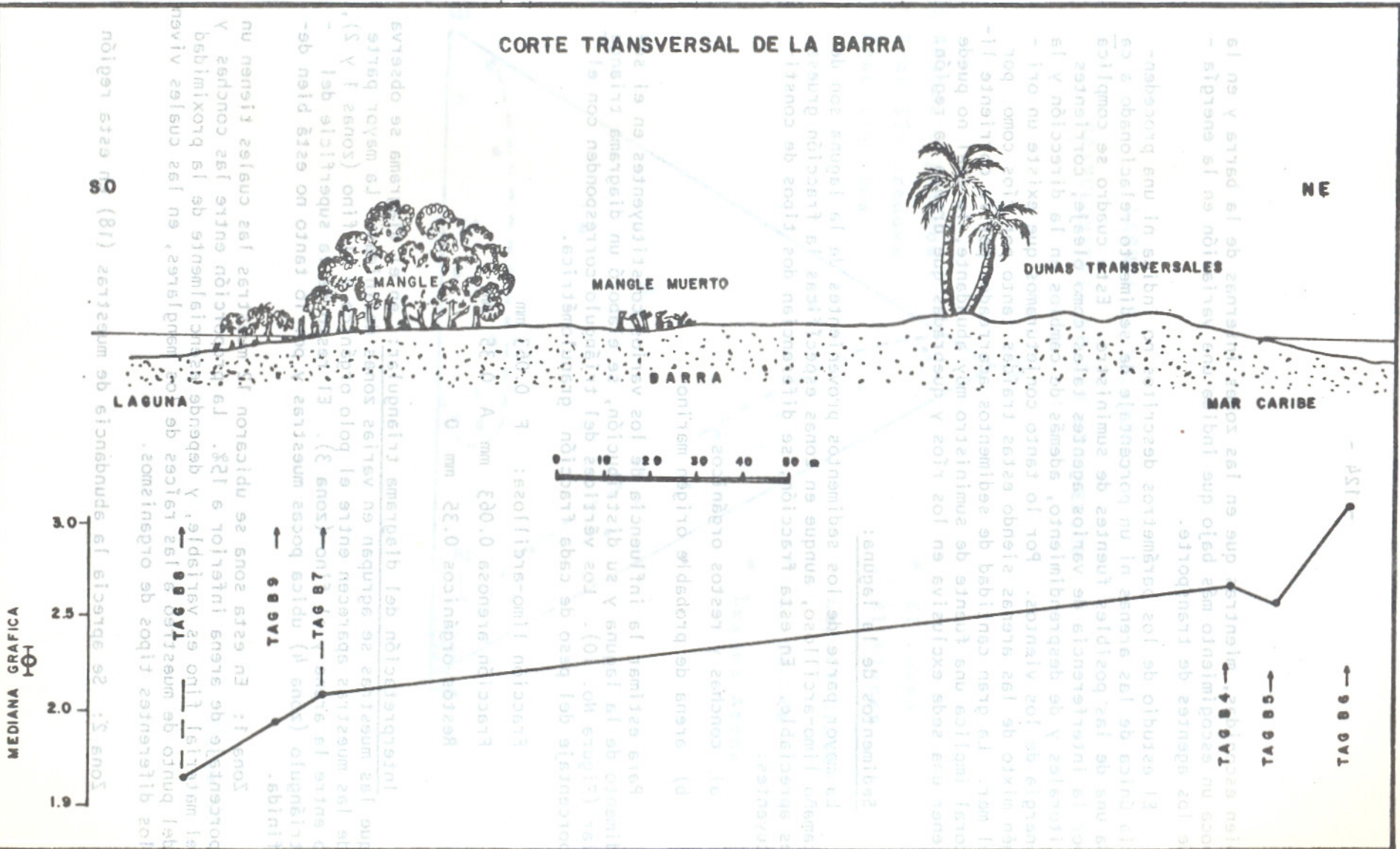


Figura 9

bien escogidas, mientras que en las zonas internas de la barra y en la boca un escogimiento más bajo que indica una variación en la energía - de los agentes de transporte.

El estudio de los parámetros descritos no indica ni una procedencia única de las arenas ni un porcentaje de sedimento relacionado a cada una de las posibles fuentes de suministro. Este cuadro se complica por la interferencia de varios agentes tales como oleaje, corrientes litorales y de desprendimiento, además de cambios en la dirección y la energía de los vientos. Por lo tanto conjeturamos que existe un origen mixto de las arenas siendo estas traídas tanto por ríos como por el mar. La gran cantidad de sedimentos acarreados por la corriente litoral implica una fuente de suministro muy abundante, la cual no puede tener una sede exclusiva en los ríos y quebradas que drenan la región.

Sedimentos de la laguna:

La mayor parte de los sedimentos provenientes de la laguna son de tamaño limo-arcilloso, aunque en zonas específicas la fracción gruesa es apreciable. En esta fracción, se diferencian dos tipos de constituyentes:

- a) conchas y restos orgánicos
- b) arena de probable origen marino

Para estimar la influencia de los varios constituyentes en el sedimento de la laguna y su distribución, se elaboró un diagrama triangular (Figura No. 10). Los vértices del triángulo corresponden con el porcentaje del peso de cada fracción granulométrica.

Fracción limo-arcillosa: F 0.063 mm

Fracción arenosa 0.063 mm A 0.35 mm

Restos orgánicos 0.35 mm O

Interpretación del diagrama triangular: en el diagrama se observa que las muestras se agrupan en varias zonas definidas. La mayor parte de las muestras aparecen entre el polo orgánico y el fino (zonas 1 y 2), o entre la arena y el fino (zona 3). El resto de la superficie del triángulo (zona 4) ubica pocas muestras y por lo tanto no está bien definida.

Zona 1: En esta zona se ubicaron 12 muestras las cuales tienen un porcentaje de arena inferior a 15%. La proporción entre las conchas y el material fino es variable, y depende esencialmente de la proximidad del punto de muestreo a las raíces de los manglares, en las cuales viven los diferentes tipos de organismos.

Zona 2: Se aprecia la abundancia de muestras (18) en esta región

LAGUNA DE TACARIGUA

GRANULOMETRIA DE LOS SEDIMENTOS

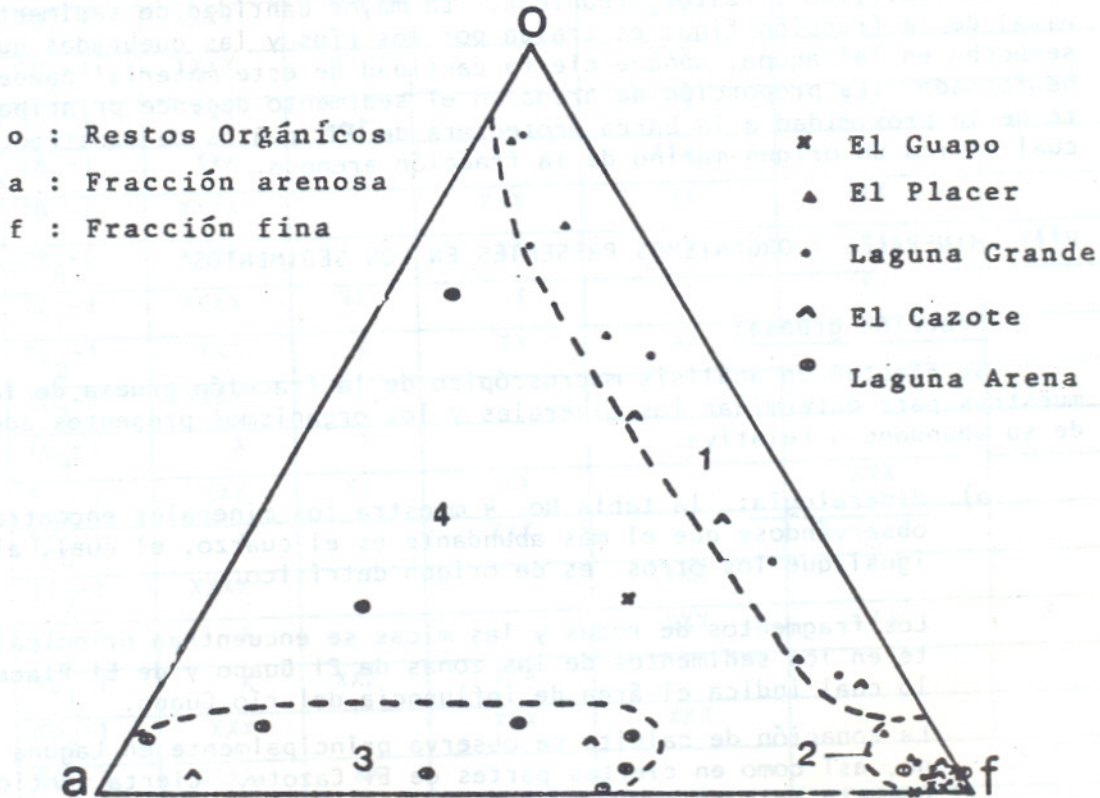


Figura 10

del triángulo. Estos sedimentos se caracterizan por un contenido de fino superior a un 85%. Estas muestras provienen principalmente de las zonas de Laguna Grande y de El Guapo, aunque algunas fueron extraídas hacia el sur de las zonas de El Placer y El Cazote.

Zona 3: Las muestras que aparecen en esta zona se caracterizan por un bajo contenido orgánico (menor de 19%) y un contenido de arena superior a 35%. La totalidad de las muestras (9) provienen de los extremos norteños de las zonas de El Cazote y Laguna Arena.

Conclusión: la mayor parte (71%) de las muestras sedimentarias superficiales indican una influencia de la laguna, debido a la abundancia del material fino y restos orgánicos. La mayor cantidad de sedimento a nivel de la fracción finas es traída por los ríos y las quebradas que desembocan en la laguna, aunque cierta cantidad de este material puede ser neoformado. La proporción de arena en el sedimento depende principalmente de la proximidad a la barra protectora de los puntos de muestreo, lo cual indica un origen marino de la fracción arenosa.

VII) MINERALES Y ORGANISMOS PRESENTES EN LOS SEDIMENTOS

Fracción gruesa:

Se efectuó un análisis macroscópico de la fracción gruesa de las muestras para determinar los minerales y los organismos presentes además de su abundancia relativa.

- a) Mineralogía: la tabla No. 4 muestra los minerales encontrados, observándose que el más abundante es el cuarzo, el cual, al igual que los otros, es de origen detrítico.

Los fragmentos de rocas y las micas se encuentran principalmente en los sedimentos de las zonas de El Guapo y de El Placer, lo cual indica el área de influencia del río Guapo.

La zonación de calcita se observa principalmente en Laguna Arena, así como en ciertas partes de El Cazote. Cierta cantidad de esta calcita proviene probablemente de los restos de los organismos presentes en la laguna.

De especial interés se considera a los minerales opacos. Entre éstos se encuentran tanto minerales pesados como posibles nódulos muy pequeños cuya constitución se desconoce actualmente. Estos minerales no guardan relación alguna con la zonación de los otros, y aparecen generalmente en las zonas de El Placer y Laguna Arena.

- b) Organismos: la identificación de los organismos presentes se muestra en la tabla No. 5. Se aprecia la escasez de especies de foraminíferos, lo cual es lógico debido a que las condiciones ambientales no permitirían su desarrollo.

TABLA N° 4

ANALISIS DE FRACCION GRUESA

Muy abundante XXXX
Abundante XXX
Escaso XX
Mínimo X
No observado

Muestra	Cuarzo	Otras	Sericita	Minerales Opacos	Fragmentos de rocas	Calcita	Halita
TA ₁ -1	XXXX	XXX	XXX		XX	XX	
TA ₂ -1	XXXX	XXX			XXX		
TA ₃ -1	XXXX		XXX				
TA ₄ -1	XXXX	XXX	XX		XX		
TA ₅ -1	XX	XX	XX		XXXX		
TA ₆ -1	XX	XX	XX		XX		
TB ₁ -1	XXXX			XXX	XX		
TB ₂ -1	XXXX	XX		XXX	XXX		
TB ₃ -1	XXX			XX	XXX		XX
TB ₄ -1	XXX			XXX			
TB ₅ -1	XXXX		XXX	XX	XXX		XXX
TB ₆ -1	XXXX		XX	X	XX	XX	
TC ₁ -1	XXXX	XX	X		XX		
TC ₂ -1	XXX	X	XX	XX			X
TC ₃ -1	XXXX						
TC ₄ -1	X	X					
TC ₅ -1	XXX	XX	XX		XXX		
TC ₆ -1	X		XXX				
TC ₇ -1	XXXX			XXX			
TC ₈ -1	X			XXX	XX	X	
TD ₁ -1	X	XXX	XXX				
TD ₂ -1	XXX		XXX	XXX			
TD ₃ -1	XXXX	XX				XXX	
TD ₄ -1	XXX	X	XX		XXX	X	
TD ₅ -1	XXXX		XX	XX		X	
TD ₆ -1	XXXX			XXX		X	
TE ₁ -1	XXX	XXX	XXX	XXX		XXX	XXX
TE ₂ -1	XXX			XX		XX	XXX
TE ₃ -1	XXX			XXX			
TE ₄ -1	XXXX			XXX	XXX		
TE ₅ -1	XXX			XXX		XX	XXX
TE ₆ -1	XXXX		XXX	XXX		XX	
TE ₇ -1	XXXX					XXX	
TE ₈ -1	XXXX	XXX	XX	XXX		XXX	
TE ₉ -1	XXXX		XXX	XXX			XX

TABLA N° 5

ORGANISMOS PRESENTES EN LA FRACCION GRUESA

	FORAMINIFEROS				ARTROPODOS		MOLUSCOS		VARIOS	
	HAPLOPHRAGMOIDES Sp.	AMMONIA TEPIDA Cushman	ELPHIDIUM cf. ARTICULATUM	TRILOCULINA Sp.	OSTRACODOS (sin diferenciar)	Fragmentos de BALANUS	GASTEROPODOS : ALVANIA Sp.	BIVALVOS : CONGERIA Sp. ?	RESTOS VEGETALES	OTROS
TA 1-1	X		X	X	X				X	
TA 2-1		X	X		XX		XX			
TA 3-1	XX	X								X
TA 4-1	X	X			X					X
TA 5-1		X		XX	XXX					
TA 6-1	X	X	X		XX	XXX	XXX	XX		
LA 1-1		X	X		X		X			
TB 1-1	X	XX	XX	X	XXX	X	X	X	X	
TB 2-1	X	XXX	XX	X	XXX	XX	XX	X	XX	
TB 3-1	X	X	XX		XX	XX	XX	XX	X	
TB 4-1		XX	XX	X	XX	XX	XX	XX	XX	
TB 5-1	XX	X	XX		XX		X		X	
TC 1-N	X					X		X	XXX	
TC 1-S	X	X			XX	XX	XXX	XX		
TC 2-1		X			X	XX	XX	XX	XXX	
TC 3-1	X	X	X	X	XX	XXX	X	XXX	X	
TC 4-1					X	XX	X			
TC 5-1		X	X		X	X	X		X	
TC 6-1		X			XXX		XX		XX	
TC 7-1	X	X	X		XX		X		X	
TC 8-1		XXX	X	X	XX	XXX	XX			
TD 1-1									X	
TD 2-1		X				X	X		XX	
TD 3-1		X		X	XX		X			
TD 4-1		X			X	XXX	XX	X		
TD 5-1	X	X			XX					
TD 6-1		X	X	X						
TE 1-1		XX	X	XX	XX		X	X	XX	
TE 2-1	X	XX	X	X	XXX	XX	X			
TE 3-1	X	XX	X	X	XXX	X	X	X	X	
TE 4-1	X	XXX	X	X	XXX		XX			
TE 5-1	X	XX	X	X	X		X			
TE 6-1		X	X		X	X	X		X	
TE 7-1		X	X		X	X	X	X	XX	
TE 8-1	X	XXX	X		XXX				X	
TE 9-1		X	X	X	XXX	XXX	X		XXX	

XXX muy abundante
 XX abundante
 X presente
 no observado

Además, los restos orgánicos son más abundantes en las zonas cercanas a los manglares cuyo ecosistema incluye gran cantidad de organismos. Los gasterópodos y ostrácodos son los más abundantes, así como el foraminífero Ammonia tepida.

Es de hacer notar la escasez de organismos en la zona de El Guapo, lo cual sugeriría que las corrientes originadas por el río transportan estos organismos hacia otras zonas de la laguna y/o que las variaciones de las condiciones ambientales en la zona no permiten su desarrollo.

Analizando las posibles relaciones entre los organismos y el sedimento encontrado, se reconocieron las siguientes características:

- Haplophragmoides sp. aglutina diferentes minerales, aunque por sí sólo precipita calcita como los restantes foraminíferos.
- Los artrópodos precipitan calcita, y aragonito los moluscos.

De esta manera, los organismos presentes en la laguna precipitan o calcita o aragonito. Sin embargo, consideramos que la abundancia de calcita en ciertos puntos puede explicarse por aportes detríticos. El mayor porcentaje de organismos habita en las zonas de El Placer y Laguna Arena, que, según nuestras observaciones, parecen ser más favorables para una mayor producción biológica.

Mineralogía de la fracción fina:

Las muestras sedimentarias de arenas y arcillas fueron sometidas a un análisis por difracción de rayos X. La tabla No. 6, ilustra la abundancia relativa de los minerales presentes en la fracción limo-arcillosa de los sedimentos lagunares. Estos resultados permitieron establecer los patrones de distribución de los minerales en la laguna, dividiéndolos en grupos específicos: de hierro, carbonáticos, evaporíticos, arcillosos y otros minerales detríticos.

Minerales de hierro: en este grupo se ubicaron pirita (FeS_2), hematita (Fe_2O_3) y goethita (FeOOH). La Figura No. 11 muestra la distribución de estos minerales en la laguna.

La pirita es el mineral de hierro más abundante en los sedimentos, la cual ocurre comúnmente en tamaños arcillosos y limosos. Las condiciones hidrográficas de la laguna favorecerían en alto grado la neoformación de la pirita a partir de otros minerales existentes y/o por reacciones químicas de iones de hierro presentes en un medio de H_2S .

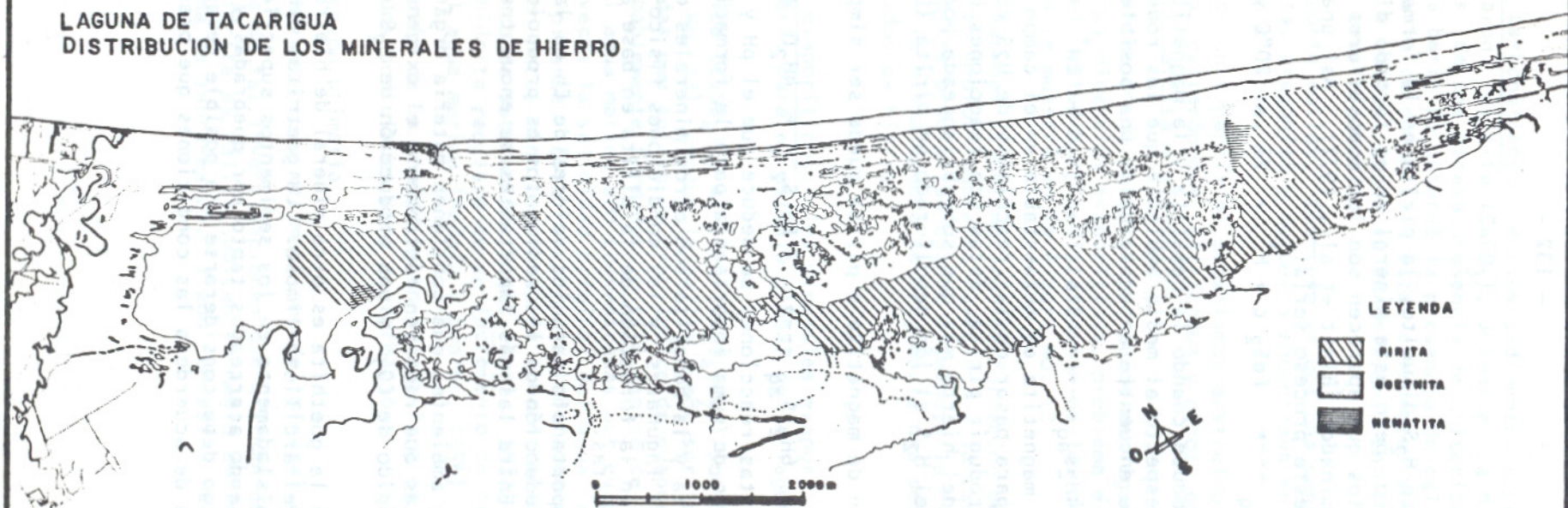
La producción de H_2S en zonas lagunares estancadas ha sido inferida por los bajos valores de oxígeno disuelto en el agua, lo cual es indicativo de un medio reductor, y por el olor característico de los sedimentos. Mientras que la presencia de iones de hierro es producto de procesos microbiológicos que destruyen la materia orgánica (Blatt, et al., 1972).

MINERALES

N° Muestra	Caolinita	Illita	Clorita	Gibbsita	Dolomita	Calcita	Aragonito	Witherita	Yeso	Anhidrita	Halita	Cuarzo	Plagioclasa	Rutilo	Diopsido	Circón	Magnetita	Hematita	Goethita	Pirita	Talco	Hidromuscovita
TA - 1												4	5									3
TA - 2	3	4										1	2							5		
TA - 3	5	4	3		6							1	2									
TA - 4	3	4	5								6	1	2	7								
TA - 5	1	2							3		6	4								5		
TA - 6	5	3						4				2	1					7		6		
LA - 1	1	2										3								4		
TB - 1	2	4			5				7			1	3							8	6	
TB - 2		3			6				5			1	2							4		
TB - 3		6				2	7		4		3	1								5		
TB - 4		3				1					6	4			?				5	2		
TB - 5	2	1							6		5	3								4		
TB - 6	4	2					3					1						6		5		
TC - 1N	5	1				2			6			4								3		
TC - 1S		1				5			3			4								2		
TC - 2						3			6		1			5		2			4			
TC - 4		2										3								1		
TC - 5		1				2			5			4								3		
TC - 6		2		4		1			5			3								6		
TC - 7		1			6				5		3	4					?			2		
TC - 8		5				1			3		2	4										
TD - 1	5	1			8	7			3		2	4								6		
TD - 2		1				2			4			5								3		
TD - 3	4	2				3						1								5		
TD - 4	2	1										3	?							4		
TD - 5		1									2	3	5							4		
TD - 6	2	3				7					6	4	5						1			
TE - 1	4	2				5				6	1	3						7				
TE - 2		1								3	2	4										
TE - 3	5	1				3				7	2	4								6		
TE - 4	4	1				2			9	5	3	3	7							6		
TE - 5	3	1				2				8	5	4	7							6		
TE - 6	3	2								6	4	1								5		
TE - 7	3	2				4					1	5						7	6			
TE - 8	2	1				4						3										
TE - 9						1			5		2	4							3			
RC - 1	3	2										1										

TABLA N° 6 ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS MINERALES (FRACCIÓN FINA)

**LAGUNA DE TACARIGUA
DISTRIBUCION DE LOS MINERALES DE HIERRO**

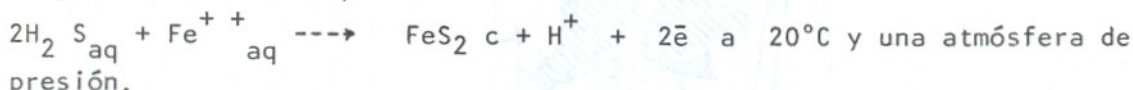


LEYENDA

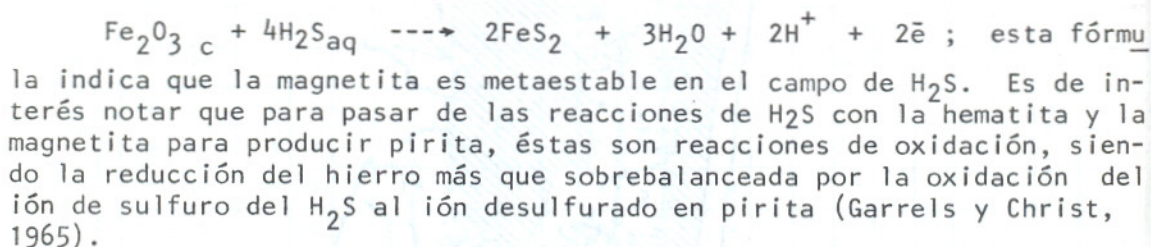
-  PIRITA
-  GOETHITA
-  HEMATITA

Figura 11

Donde existe H_2S disuelto, la pirita es la forma termodinámica estable del hierro, pero este mineral no es formado directamente. Los primeros compuestos que aparecen son los monosulfuros de hierro, negros y finamente diseminados (Blatt *et al.*, 1972). Así una reacción química simplificada de este proceso sería:



Esto se produce cuando la hematita y la magnetita se encuentran en equilibrio con respecto al medio ambiente que las rodea. En caso de que la hematita no se encuentre en equilibrio, una posible ecuación sería:



La reacción de magnetita a pirita puede ser simplificada de la siguiente manera:



De todas estas reacciones se deduce que el pH y el Eh del agua y los sedimentos son de suma importancia para la formación de pirita.

La magnetita y la hematita son otros minerales de hierro presentes en los sedimentos lagunares, y las condiciones físico-químicas de la albufera permitirían la formación de la pirita en base a las ecuaciones anteriormente descritas.

De gran importancia para los valores de Eh es la producción microbológica. La reducción de los sedimentos es producida casi totalmente por bacterias. Entre las más importantes se encuentra Desulphovibrio desulphuricans.

Los medios ambientes que contienen materia orgánica, producen reacciones bioquímicas que remueven rápidamente el oxígeno, comúnmente con un incremento rápido de CO_2 y una producción de H_2S (Bassbecking *et al.*, 1960).

Por último la goethita es otro mineral de hierro presente en los sedimentos a nivel arcilloso-limoso. La goethita, hematita y magnetita se encuentran aisladamente en los sedimentos superficiales. Su origen es detrítico, siendo acarreados tanto por quebradas y ríos como por el mar. Sin embargo debe considerarse una posible reversión de la reacción magnetita-pirita de acuerdo a las condiciones que presente el campo de formación.

Minerales Carbonáticos: en los sedimentos superficiales de la laguna se encontraron: calcita (CaCO_3), dolomita $\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)$ y aragonito (CaCO_3); además de una escasa presencia de whiterita (BaCO_3). En los sedimentos de la barra se observó la presencia de calcita y aragonito, no descartándose la de dolomita. Estos carbonatos son transportados por agentes marinos y eólicos hasta su deposición. En la laguna, sin embargo, se postulan tres hipótesis:

- a) Transporte eólico, factible ya que una cantidad apreciable de calcita, aragonito y dolomita encontrada en la laguna es de tamaño arcilloso.
- b) Producción a partir de organismos destruídos, tales como: moluscos, gasterópodos, ostrácodos y otros, que producen los minerales calcita y aragonito.
- c) Precipitación directa, que no puede desligarse de la formación de otros minerales evaporíticos, problema éste que se encuentra bajo estudio. La distribución de los carbonatos en la albufera se muestra en la Figura No. 12.

Riviere y Vernhet (1964) notaron la formación de carbonatos (aragonito y calcita) en medios lagunares parecidos a la Laguna de Tacarigua. Estos carbonatos se precipitan cuando disminuye la concentración de H_2S en solución; de la misma manera se originaría una pequeña cantidad de hidróxidos y óxidos de hierro.

Minerales evaporíticos: los minerales evaporíticos se consideraron de sumo interés para el estudio global de la laguna y su consecuente evolución.

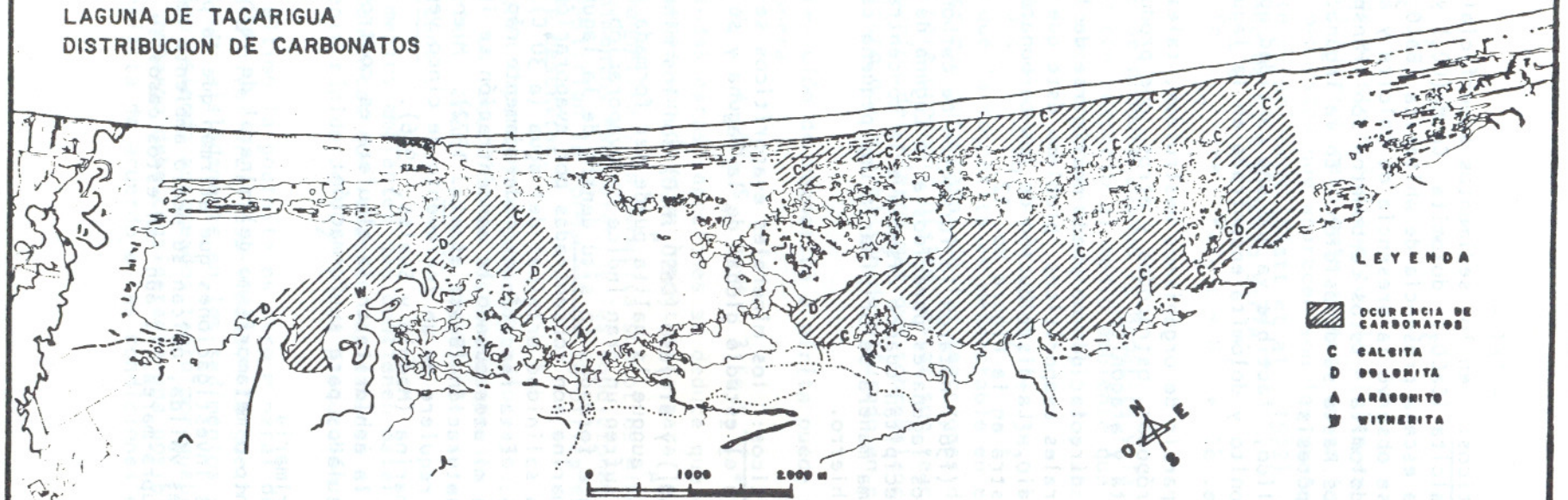
La anhidrita (CaSO_4) y el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) son los minerales más comunes (Figura No. 13), aunque la halita puede ser formada en ciertas zonas muy aisladas que sufren un gran índice de evaporación. Estos minerales son probablemente formados in situ dentro de la laguna. Cuando las sales del agua marina son concentradas por evaporación aproximadamente a 3.35 veces la salinidad original del agua (a 30°C), el yeso comienza a precipitarse. Esta reacción es moderadamente rápida y algún yeso se forma en pocos minutos cuando la concentración se incrementa más allá del punto de saturación (Blatt et al., 1972). Mientras la formación de la anhidrita requiere de un incremento de cinco veces la salinidad normal del agua marina (Madgin y Swales, 1956).

La producción de la anhidrita en la albufera es controversial puesto que existen dos postulados para su formación:


- a) Producción primaria
- b) Reemplazamiento o metamorfismo del mineral de yeso.

La mayoría de las investigaciones que afirman que la producción primaria de anhidrita es válida, ubican su medio ambiente de formación dentro de la zona de supra-marea. Y aún en estos casos su origen es

LAGUNA DE TACARIGUA
DISTRIBUCION DE CARBONATOS

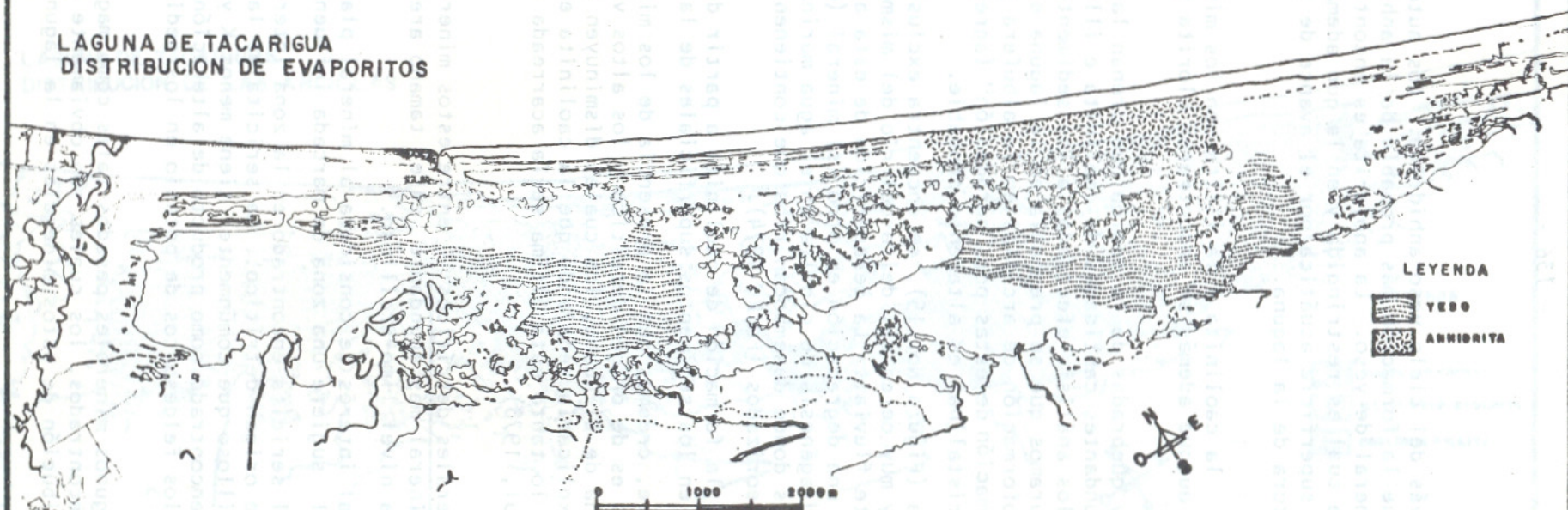


LEYENDA

-  OCURENCIA DE CARBONATOS
- C CALCITA
- D DOLOMITA
- A ARAGONITO
- W WITHERITA

P.O./FCH/a.n
1979

LAGUNA DE TACARIGUA DISTRIBUCION DE EVAPORITOS



LEYENDA

	YESO
	ANHIDRITA

discutido a través del ciclo yeso-anhidrita. Los autores de este informe consideran que la formación más probable de la anhidrita se realiza a partir del mineral de yeso. La anhidrita es encontrada en la zona de Laguna Arena, la cual es restringida y en la que además se observa una reducción de su superficie acuática por el avance de los manglares y de la barra protectora de la laguna.

Arcillas: la caolinita y la illita son los minerales arcillosos más abundantes, aunque además se encontraron clorita y gibbsita (Figura No. 14).

Los ríos y quebradas de la región que drenan las serranías cercanas acarrean abundantes cantidades de caolinita e illita, lo cual es comprobado por los análisis efectuados a los sedimentos fluviales; por lo tanto conjeturamos que su presencia en la laguna es de origen detrítico. Si la neoformación de arcillas en la albufera parece poco posible, la transformación de estas por "agradación" (agregación de iones en su estructura cristalina) es altamente probable.

La clorita (Figura No. 15), se encuentra exclusivamente en la zona de El Guapo y muy cerca del delta del río del mismo nombre, lo que sugiere un aporte fluvial. La desaparición de esta arcilla en otros lugares implica una degradación en otro (s) mineral (es); sin embargo es posible una diagénesis de clorita en el agua marina y particularmente en las lagunas donde desembocan ríos que contienen hierro derivado de productos meteorizados (Folk, 1974).

Es posible la formación de caolinita a partir de hidromoscovita la cual aparece en los sedimentos superficiales de la laguna.

No obstante, creemos que la presencia de los minerales arcillosos en la laguna es de origen detrítico y los altos valores de la caolinita en la zona de El Guapo, los cuales disminuyen hacia otras zonas lagunares, se explicaría señalando que la caolinita es más gruesa que la illita y por lo tanto esta última sería acarreada por mayores distancias (Chacartegui, 1978).

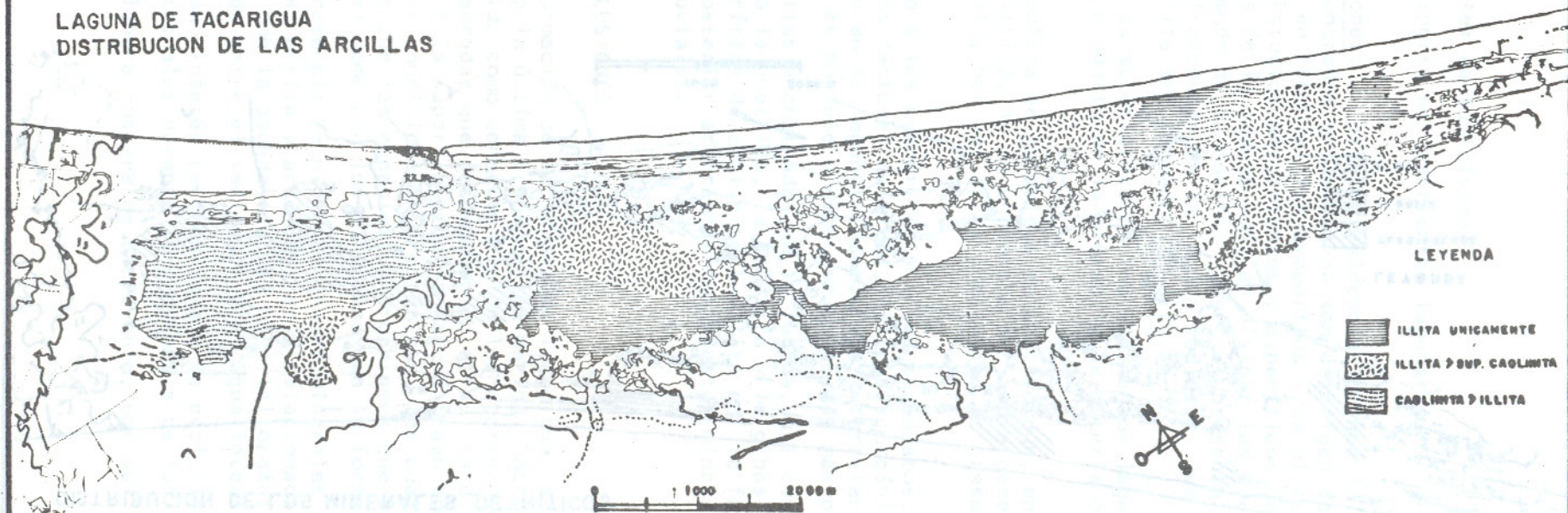
Otros minerales detríticos: entre estos minerales se encuentra el cuarzo, el mineral más abundante en el tamaño arenoso y en algunos puntos también a nivel limo-arcilloso.

De especial interés se considera al mineral plagioclasa (Figura No. 15), el cual sugiere una zona de marcada influencia del río Guapo.

El mineral sericita encontrado en la zona interna de la barra es aparentemente de origen detrítico. La sericita es la mica blanca de tamaño limo-arcilloso que comúnmente tiene menos K y más Fe y Mg que muscovita. Es encontrado como producto de alteración dentro de la composición de los feldespatos de potasio en los sedimentos (Blatt et al., 1972).

Además algunos minerales pesados tales como magnetita, circón y rutilo fueron encontrados, los cuales son obviamente de origen detrítico. La distribución de estos minerales en la laguna depende de:

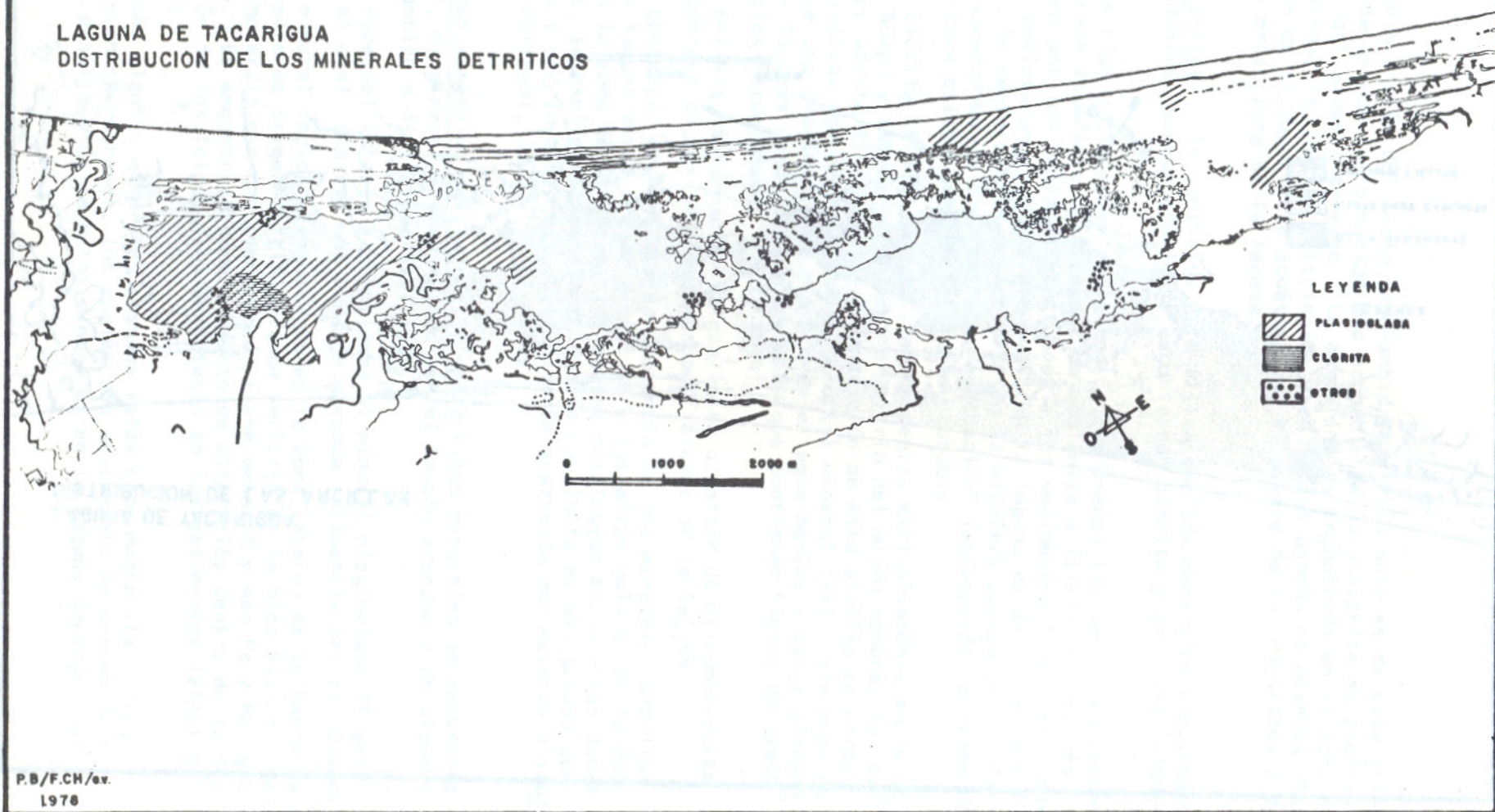
LAGUNA DE TACARIGUA
DISTRIBUCION DE LAS ARCILLAS



LEYENDA

- ILLITA UNICAMENTE
- ILLITA > SUP. CAOLINITA
- CAOLINITA > ILLITA

LAGUNA DE TACARIGUA
DISTRIBUCION DE LOS MINERALES DETRITICOS



- a) Fuentes de suministro
- b) Transporte por corrientes lagunares

Conclusiones: existen evidencias de que la gran parte de los sedimentos encontrados en la laguna son de origen detrítico; sin embargo algunos, en especial los evaporitos y la pirita, parecen ser neoformados. Estudios más intensos y específicos de las condiciones físico-químicas de la laguna podrían disipar las dudas acerca de su origen y de su modo de formación. Hasta el presente las muestras recogidas de los alrededores de la laguna sugieren que tanto los evaporitos como la pirita son formados in situ.

El color característico de los sedimentos lagunares, gris verdo so a negro, es producto de la presencia de materia orgánica y/o pirita.

En la albufera de Tacarigua se observó que, en los lugares donde aparece la pirita, no se encuentra por regla general ni la goethita ni la hematita, por ser estos inestables en presencia del ácido sulfídrico.

En cuanto a los evaporitos y a los carbonatos, su formación depende de ciertos factores químicos, físicos y orgánicos que probablemente coexisten en la laguna. Además una interrelación entre el yeso y la pirita es posible y debe ser analizada más profundamente.

Las arcillas encontradas en la laguna, así como otros materiales tales como la goethita, la hematita y la gibbsita, sugieren una formación laterítica de caolinita e illita en la faja piedmontina cercana y un posterior acarreamiento de estos minerales a la laguna por agentes fluviales.

VIII) CONCLUSIONES

La formación de la laguna de Tacarigua, se realizó en el Holoceno durante la última transgresión marina. Actualmente sufre de un relleno rápido como consecuencia de los aportes sedimentarios de los ríos y las quebradas que desembocan en ella. La disminución del volumen de agua y de la superficie de la laguna traen como consecuencia una variación en las condiciones hidrográficas, las cuales están directamente relacionadas con las especies de organismos que pueden subsistir en la albufera, así como con los minerales que se forman en ella.

La presencia de diversos grupos minerales tales como evaporitos, carbonatos, pirita y arcillas, está relacionada con las condiciones hidrográficas, con la abundancia del material orgánico y con los intercambios químicos entre el sedimento y el agua intersticial.

De sumo interés se considera a la evolución de la materia orgánica con los minerales durante la diagénesis de los sedimentos.

La llanura costera de Barlovento, por sus características morfo

lógicas, fue durante el Terciario la sede de diversos ciclos transgresivos-regresivos. Este factor, aunado a las influencias sobre ella - ejercidas por los depósitos deltáicos y a la gran cantidad de material orgánico depositado en la llanura, configuran un panorama típico de las formaciones de carbón y/o petróleo.

Aunque no existen evidencias de acumulaciones explotables, un estudio pormenorizado de geofísica y perforaciones estratigráficas permitiría dilucidar tanto la evolución sedimentaria de esta cuenca como su estructura geológica. Esto probablemente produciría una base para el mejor conocimiento y entendimiento de las formaciones de hidrocarburos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es auspiciado por la División de Geología Marina de la Dirección de Geología del Ministerio de Energía y Minas y por la Universidad de París.

Agradecemos al Dr. Alirio Bellizzia, al Dr. José Antonio Galavís S., a la Dra. Nelly Pimentel de Bellizzia y al Dr. Jean Marie Martin, quienes apoyaron este estudio desde sus comienzos. A los Dres. José A. Galavís y Dimitri Grigoriev por la lectura y crítica del manuscrito; así como al Dr. Peter Moticska y al Dr. Serge Gofas que realizaron los análisis mineralógicos y paleontológicos respectivamente.

Así mismo, deseamos agradecer al Dr. Hernán Pérez Nieto que nos facilitó los laboratorios del INTECMAR en la Universidad Simón Bolívar para las investigaciones correspondientes; a Antonio Lopenza, José Manuel Nãñez, Pedro María Muziotti, Edic ta Villegas, David Alonzo y a la Cooperativa de Pescadores de Tacarigua de la Laguna, y por último a la secretaria de la División, la Sra. Mary Pily C. de Chacartegui, quien realizó la mecanografía del informe.

BIBLIOGRAFIA

- BALDA F.A., 1975 , Geología y ambientes sedimentarios de la región de Unare, en conexión con el estudio de las lagunas costeras Piñón, Unare y Tacarigua, Estados Anzoátegui y Miranda: II Congreso Latinoamericano de Geología, pp. 1331-1339.
- BASSBECKING L.G.M., KAPLAN, y MOORE, 1960 , Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation-reduction potentials: Jour. Geol., Vol. 68, pp. 243-284.
- BLATT H., MIDDLETON G. y MURRAY R., 1972 , Origin of Sedimentary Rocks: Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 634 pp.
- CHACARTEGUI F.J., 1978 , Zonación de minerales arcillosos en las cuencas oceánicas: Bol. Cient. Esc. Est. Sup. Mar. Mer., Vol. 1 N° 1, pp. 24-31.
- CURRAY J.R., 1961 , Late Quaternary Sea Levels: a discussion: Geol. Soc. of America Bull., Vol. 72, pp. 1707-1712.
- DEGENS E.T., 1965 , Geochemistry of sediments, a brief survey: Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs., N.J., 342 pp.
- EMERY K.O. y STEVENSON R.E., 1958 Treatise on marine ecology and paleoecology, Vol. 1: Geol. Soc. of America Mem., 67, pp. 673-693.
- FOLK R.L., 1974 , Petrology of sedimentary rocks: Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 182 pp.
- FONT, 1978 , Estudio hidráulico de la Laguna de Tacarigua: Informe Incostas S.A., 43 pp.
- GAMBOA B.R., GARCIA A.S., BENITEZ J. y OKUDA T., 1971 , Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la Laguna de Tacarigua: Bol. del Inst. Ocean. Univ. de Oriente, Vol. 2 N° 10, pp. 55-72.
- GARRELS y CHRIST, 1965 , Solutions, minerals and equilibria: Harper and Row, N.Y., 450 pp.
- HAMILTON E.L., SHUMWAY G., MENARD H.W. y SHIPEK C.J., 1956 , Acoustic and other physical properties of shallow water sediments off San Diego: Jour. Acoust. Soc. Am., Vol. 70, pp. 1-15.
- KRAFT J.C., 1968 , Transgressive facies patterns in the Delaware coastal area: AAPG. Bull., Vol. 52, N° 3, p. 537

- MADGIN W.N. y SWALES D.A., 1956 , Solubilities in the system CaSO_4 - NaCl - H_2O at. 25° and 35°C : Jour. of App. Chem., (London), Vol. 6, pp. 482-487.
- MEE L.D., 1977 , The chemistry and hydrography of some coastal lagoons Pacific coast of Mexico: PhD Thesis, Univ. of Liverpool, 117 pp.
- MILLIMAN J.D. y MERY K., 1968 , Seal Levels during the past 35.000 years : Science, Vol. 162, pp. 1121-1123.
- MC FARLAN E. Jr., 1961 , Radiocarbon dating of late Quaternary deposits, South Louisiana: Geol. Soc. of America Bull., Vol. 72, pp.129-158.
- OKUDA T., 1969 , Estudio comparativo de las condiciones hidrográficas de las lagunas de Unare y Tacarigua, Venezuela, en "Lagunas Costeras - un simposio" : Mem. Simp. Internacional Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, México, D.F., pp. 291-300.
- REDFIELD A.C., 1967 , Post glacial change in sea level in the western North Atlantic Ocean: Science, Vol. 157, pp. 687-691.
- REINECK H.E. y SINGH I.B., 1975 , Depositional sedimentary environments : Springer Verlag, N.Y., Heidelberg, Berlin, 439 pp.
- RIVIERE A. y VERNHET S., 1964 , Contribution a l'etude de la sedimentologie des sediments carbonates, en "Deltaic and Shallow Marine deposits"; Van Straaten ed.: Elsevier Pub. Comp., pp. 356-361.
- SHEPARD F., 1960 , Rise of sea level along northwest Gulf of Mexico, pp. 338-344, en "Recent sediments northwest Gulf of Mexico: AAPG. Mem., pp. 394.
- TRASK P.D., 1950 , Applied sedimentation: John Wiley and Sons, N.Y. 707 pp.
- VATAN A., 1967 , Manuel de Sedimentologie: Technip Edit., Paris, 397 pp.
- VISHER G.S., 1969 , Grain size distribution and depositional processes: Jour. Sed. Petrol., Vol. 39, pp. 1074-1106.