LOS ARENALES COSTEROS DE LA PROVINCIA DE MURCIA; MINERALOGIA Y GRANULOMETRIA DE SUS ARENAS

POR

J. PEREZ MATEOS*, T. ALEIXANDRE* y A. DE LEIVA*

SUMMARY

A series of coastal sand pits have been studied, corresponding to beaches and dunes of the province of Murcia between San Pedro del Pinatar and the beach of Aguilas, including those along the Mar Menor. The techniques of mineralogical and granulometric sand analysis were applied. The mineral associations, their origin and alterations is shown; and also the statistical parameters of these sand-pits and their sorting have been studied. With the paper are some tables and graphs with general considerations about the results obtained.

I) INTRODUCCION Y LOCALIZACION DE MUESTRAS.

Con el estudio mineralógico de las arenas de playas, dunas y ramblas del litoral levantino en la provincia de Murcia, se continúa la serie iniciada hace varios años, sobre el estudio de los arenales costeros

* Instituto de Edafología y Biología vegetal. Sección de Petrografía sedimentaria. C. S. I. C. Madrid.

del levante español (2, 10, 11, 12). Los trabajos anteriores correspondieron a los arenales costeros de las provincias de Valencia, Castellón y Alicante; con ello seguimos la línea de trabajo emprendida por nosotros del estudio mineralógico de arenales costeros peninsulares.

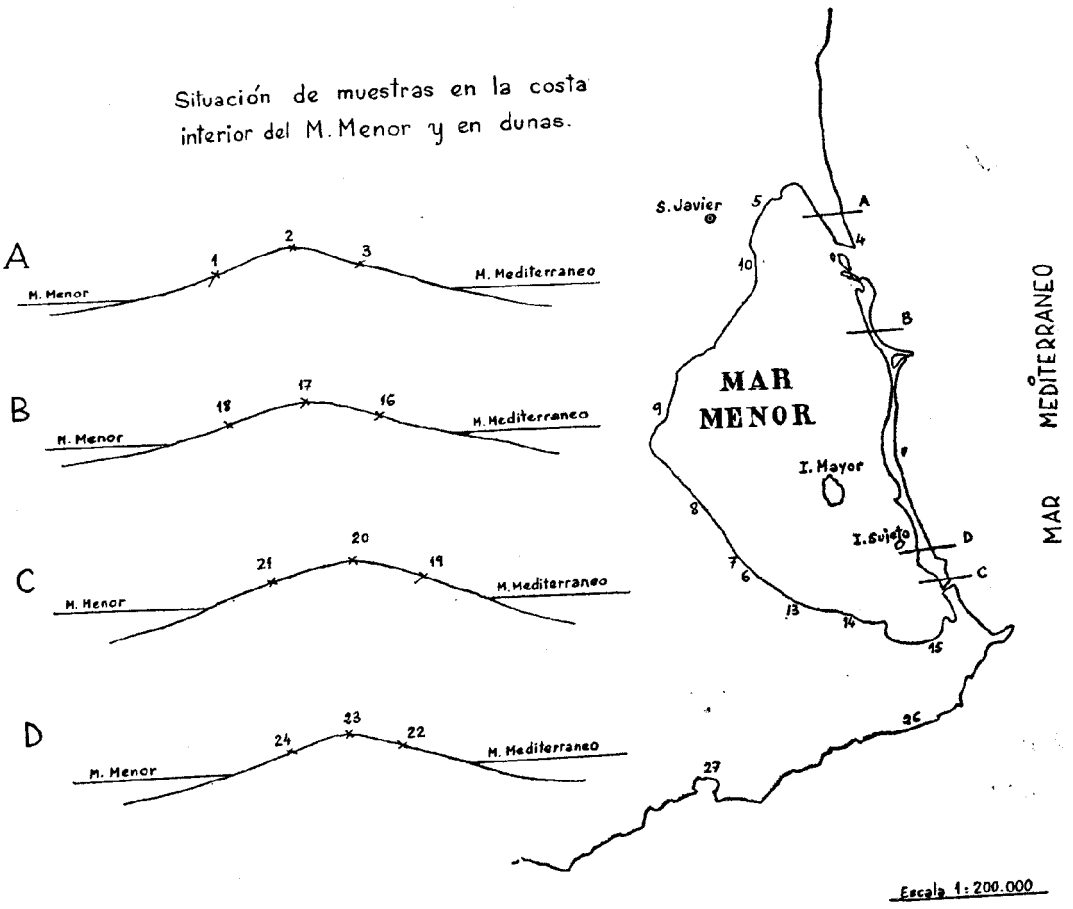


Fig. 1

Han sido tomadas muestras en cuatro zonas definidas:

Grupo 1.º: San Pedro del Pinatar (dunas) y playa de Los Escull de Punta de Algas (muestras núms.: 1, 2, 3 y 4) en el límite oriental de la costa del Mar Mediterráneo que se interrumpe en Punta de Algas.

Grupo 2.º: Arenales del interior del Mar Menor, playas y ramblas (muestras núms.: 5 - 15).

Grupo 3.º: Dunas de la barra o Manga del Mar Menor (muestras núms.: 16 - 24).

Grupo 4.º: Arenales de playa y ramblas de la costa meridional de la provincia de Murcia (muestras núms.: 25 - 40).

A continuación exponemos en la tabla I, la localización de cada muestra, tipo de arenal y formación geológica sobre la que descansa y las figuras 1 y 2 con los puntos de toma de muestras.

TABLA I

Núm. de muestra	Localización de muestras	Tipo de arenal	Formación geológica
1-2-3	San Pedro del Pinatar	dunas de playa	Pleistoceno (sobre Mioceno)
4	Los Escull de Punta de Algas	playa	"
5	La Puntica (interior del Mar Menor)	playa	"
6	Rambla del Beal (dcha.)	playa	"
7	Rambla del Beal (desembocadura)	playa	"
8	Los Alcázares (2 Km. al Sur)	playa	"
9	Los Urrutia (100 m. al Norte)	playa	"
10	La Ribera de Santiago	playa	"
11	Isla Mayor (frente a la costa)	playa	Pleistoceno (sobre andesitas)
12	Isla Mayor (en la costa frente al Mediterráneo)	playa	"
13	Playa de Los Nietos, al Norte	playa	Pleistoceno
14	Playa de Los Nietos, al Sur de la desembocadura (Rambla Punta de Vaca)	rambla	"

Núm. de muestra	Localización de muestras	Tipo de arenal	Formación geológica
15	Playa Honda	playa	Pleistoceno
16-17-18	Manga del Mar Menor (junto a Encañizada)	dunas	"
19-20-21	Manga del Mar Menor (junto a Punta Raja)	dunas	"
22-23-24	Manga del Mar Menor (frente a la isla del Sujeto)	dunas	Pleistoceno y Mioceno próximo
25	Cal-Blanque	playa	Pleistoceno sobre Estrato-cristalino
26	PortMan	Material de minas	Pleistoceno
27	Punta Azohía (Km. 24 de la carretera, desembocadura)	rambla	Pleistoceno sobre Trias y Estrato-cristalino
28	Playa de San Ginés	playa	Pleistoceno (sobre Triásico)
29	Rambla de las Torres (desembocadura)	rambla	Pleistoceno
30	A 100 m. al interior de la carretera que bordea la costa	rambla	Plioceno
31	Frente a la isla de la Plana	playa	"
32	A 1.500 m. de la carretera anterior	playa	"
33	Rambla Cabezo Mojón (cruce con la carretera)	rambla	"
34	Playa de Mazarrón	playa	"
35	Playa de Bolnuevo (desembocadura de la rambla)	playa	Aluvial sobre Plioceno

Núm. de muestra	Localización de muestras	Tipo de arenal	Formación geológica
36	Playa frente a la Isla (a espaldas de las salinas)	playa	Plioceno
37	El Hondón	playa	"
38	Las Covaticas	playa	"
39	Cabo Cope	playa	Aluvial
40	Aguilas	playa	"

Fig. 2

II) SINTESIS GEOLOGICA Y MORFOLOGIA DE LA COSTA.

A) De acuerdo con Hernandez-Pacheco (9) este tramo de la costa meridional de la provincia de Murcia, forma parte del s e g m e n t o t r a n s v e r s a l p e n i b é t i c o que comprende desde el Cabo de Gata hasta el de Palos. La parte del litoral entre Aguilas y Cabo de Palos ofrece gran variedad litológica existiendo un substrato

metamórfico sobre el que yacen, en discordancia, terrenos del Triásico de facies germánica, formaciones terciarias del Mioceno y Plioceno y terrenos mas modernos del Pleistoceno y aluviales.

Las formaciones volcánicas según San Miguel de la Cámara (15) son abundantes siguiendo, en general, las grandes líneas de fractura. La formación endógena puede dividirse en dos grupos, ya estudiados petrográficamente por T. Aleixandre (1): las formaciones mesozoicas formadas por *diabasas* en Cartagena, Murcia, Mazarrón y Orihuela; *ofitas* en Cartagena y Calasparra y las formaciones del Terciario con abundantes afloramientos de *liparitas* en Cartagena e Isla Mayor, *traquitas* en Cartagena, Murcia y Orihuela, *dacitas* en Mazarrón, *andesitas* en Cartagena, San Javier, Isla Perdiguera, Mazarrón y Calasparra, asi como *jumillita* también en Calasparra; *veritas* en Alhama de Murcia y *fortunitas* en Orihuela. Finalmente hay que citar los *basaltos* aflorantes en Cartagena y Calasparra.

El Cuaternario marino manifestado por la gran continuidad de las playas costeras, en ocasiones levantadas, tiene amplia representación.

B). Zona de segmento transversal subbético.

Las alineaciones orográficas subbéticas que en el sur tienen dirección general NW, a la altura del paralelo de Alicante cambian la dirección a W-E, formando asi entre Cabo de la Nao y Cabo Palos un amplio óvalo.

El tramo sur de las estribaciones de la subbética, está comprendido desde Alicante a Cabo de Palos, con playas abiertas y algunas depresiones interiores como la del Mar Menor separado del Mediterráneo por la barra o Manga, con afloramientos volcánicos.

Así, la diferencia fundamental entre el segmento de costa perteneciente a la subbética y el perteneciente a la penibética, consiste en que en la primera no existe, en el litoral, zócalo de terrenos paleozóicos, mientras que en la segunda o zona penibética están estos representados por el estrato-cristalino y el Triásico de facies germánica que son los que forman el substrato; además la zona subbética no es tan rica en elementos volcánicos como la zona penibética.

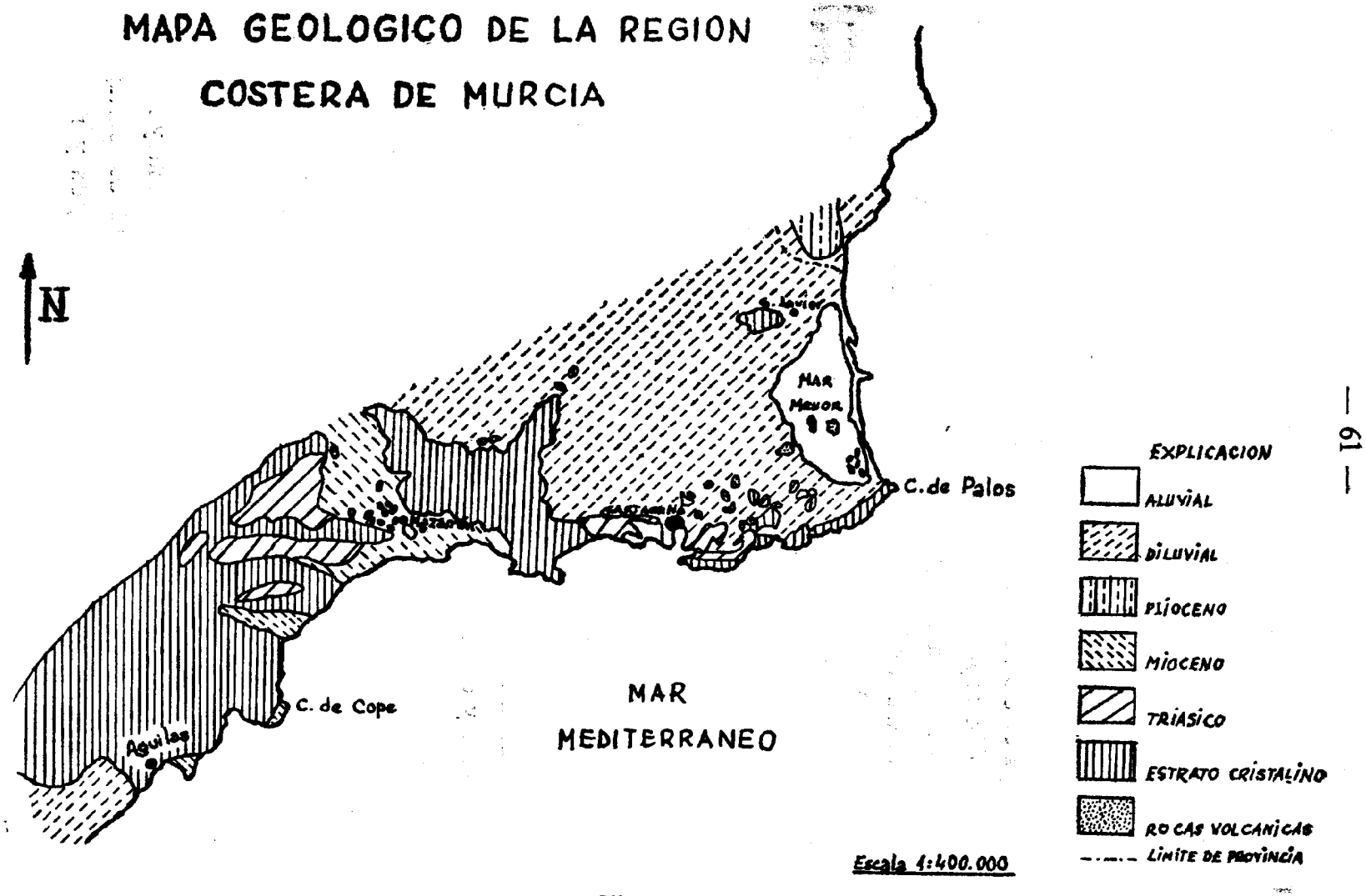

MAPA GEOLOGICO DE LA REGION
COSTERA DE MURCIA
N
MAR
MENOR
C.de Palos
C. de Cope
Aguilas
MAR
MEDITERRANEO
Escala 1:400.000
EXPLICACION
ALUVIAL
DILUVIAL
PLIOCENO
MIOCENO
TRIASICO
ESTRATO CRISTALINO
ROCAS VOLCANICAS
LIMITE DE PROVINCIA

Fig. 3

Tramo costero.

La toma de muestras fue iniciada al norte del tramo de costa comprendido en la Hoja Geológica núm. 956 —San Javier— a escala 1 : 50.000, estando su superficie localizada entre los 37° 50' y los 37° 40' latitud Norte y los 2° 50' y 3° 10' de longitud Este, en relación al meridiano de Madrid.

Ocupa el SE de la provincia de Murcia, quedando limitado entre la alineación septentrional de la Bética formada en esta zona por las sierras del Puerto de la Cadena, Columbares, Altaona y Escalona, y la alineación meridional formada por la Sierra de Cartagena.

La costa (8) de dirección general Norte-Sur tiene la particularidad de presentar el Mar Menor, separado del Mediterráneo, por una faja de dunas arenosas con algunas estrechas comunicaciones entre ambos mares.

El Mar Menor de unos 170 Km^2 de superficie, se originó en el periodo Cuaternario por regresión marina; en su parte sur existen varias islas: Mayor (Fot. 1 y 2), Perdiguera, La Galera y Los Sujetos, en íntima relación con los fenómenos que, en la Sierra de Cartagena, originaron las grandes fracturas de dirección general NE-SW y NW-SE.

En la zona costera interior del Mar Menor correspondiente a sus zonas norte y centro, el color de la arena es claro, mientras que en los Urrutia, frente al Cabezo andesítico del Carmolí, el color de la misma es oscuro.

La Manga del Mar Menor, que separa a este del Mar Mediterráneo, está formada por arenas blancas y finas que forman una larga alineación de dunas que recubren las areniscas amarillentas del Mioceno, y que afloran, no obstante, en algunos lugares, como en la Punta del Pudrider, Punta Cocedor, etc.

Transponiendo el Cabo de Palos, la costa se presenta muy recortada, constituyendo el extremo oriental de la Sierra de Cartagena, permo-triásica, con un nucleo estrato-cristalino, plegada y rota por movimientos hercínicos y alpinos. Las playas en este sector, son escasas.

Ya en la zona de costa que podríamos denominar de Cartagena, la orientación general costera es W-E. que forma el ramal más meridional del último segmento hacia el Este de la Bética; la costa aquí es francamente recortada y desigual ya que las fracturas han afectado en gran manera al territorio, dando escasas ocasiones a formación de playas.

Pasada Punta Azohia y al Oeste de la zona, se encuentran las playas de San Ginés, y La Chapinera al este de la bahia de Mazarrón. La rambla de las Torres (Fot. 3), que recoge las aguas y materiales de arrastre de una serie de barrancos, desemboca directamente al Mediterráneo por la playa de San Ginés. Esta rambla, como las del resto del territorio, están secas en época normal, pero en la época de las lluvias se convierten en verdaderos cauces torrenciales muy peligrosos por su potencia de arrollada.

Más al Oeste se penetra en territorio que denominaremos de Mazarrón (Fot. 4), el cual se encuentra al final de las últimas estribaciones austro-orientales, de la parte sur de la submeseta castellana. Este tramo de costa tiene formas mas suaves y abiertas al mar; las playas (Fot. 5) son más amplias y descansan los arenales sobre terrenos pliocenos y pleistocenos, con algunas ramblas características de la región levantina, siendo las más importantes: la del Cabezo del Mojón que se origina en terrenos del estrato-cristalino y triásicos, atravesando en su tramo final terrenos del Plioceno. La rambla de Bolnuevo, al oeste de Mazarrón que, dejando a ambos lados nucleos de rocas hipogénicas y calizas triásicas, cruza por terrenos pliocénicos hasta desembocar en el mar. La Rambla del Hondón, que se origina en las calizas triásicas y después de atravesar el estrato-cristalino, de características pizarrosas, y terrenos del Plioceno, desemboca en un tramo de costa bien abierto al Mediterráneo. Y por último las ramblas de Las Covaticas y Ramonete que tienen la misma particularidad de atravesar terrenos metamórficos, triásicos y pliocenos, como las anteriores, desembocando al mar en playas amplias muy arenosas.

III) ANALISIS MINERALOGICO DE ARENAS

Técnica analítica seguida:

Después del lavado de las muestras y descarbonatado con ácido clorhídrico diluído en frio, se procedió a la separación de la fracción granulométrica superior a 0,5 mm.; la de diámetro de grano inferior a este límite fue tratada en embudos separadores por bromoformo (*) para dividirla en otras dos fracciones de minerales "pesados" y "ligeros".

Se estudiaron por separado ambas fracciones en el microscopio petrográfico montando las preparaciones respectivas de los granos minerales, incluyendo los pesados en bálsamo del Canadá y los ligeros en una gota, sobre el porta, de una mezcla de clorobenzol y nitrobenzol en cantidades calculadas para que índice de refracción de la mezcla quede en equilibrio con el índice de refracción del cuarzo. (La marcha detallada de todas las operaciones, figuran en varios trabajos nuestros anteriores).

En las TABLAS II, III y IV se exponen a continuación, los resultados obtenidos del análisis mineralógico, para los minerales pesados (transparentes y opacos) y en las TABLAS V, VI, VII y VIII los porcentajes de los minerales ligeros: cuarzo y feldespatos (3).

(*) Peso específico del bromoformo utilizado = 2,89° a una temperatura aproximada de 20°C.

Grupo 1º - Límite oriental de la costa del Mar Mediterráneo (1 - 4)

Grupo 2º - Costa del Mar Menor (interior) (5- 15)

MUESTRAS Nº - arenal	Opacos naturales	Opacos de alteración	PORCENTAJE DE MINERALES PESADOS TRANSPARENTES ENTRE SI																				Observaciones Localidad
			Turmalina	Circón	Granate	Rutilo	Anatasa	Broquita	Titanita	Estaurolita	Distena	Andalucita	Silimonita	Epidota	Anfiboles	Piroxenos	Micas	Cloritas	Carbonatos	Sulfatos	Cloritoide	Alteritas	
1 duna	21	30	47	4	6	3	-	-	-	8	1	10	-	10	2	2	2	-	5	-	-	8	S. Pedro del Pinatar
2 duna	8	12	68	3	2	-	-	-	-	7	-	9	-	8	-	1	-	-	2	-	-	5	idem
3 duna	21	11	65	1	2	-	1	-	-	6	-	12	-	10	-	2	-	-	1	-	-	10	idem
4 playa	20	23	57	2	7	1	-	-	-	3	1	6	-	14	2	2	-	1	4	-	-	25	Los Escull de Punta de Algas
5 playa	23	18	55	4	6	2	-	-	-	6	-	15	-	7	1	3	1	-	1	-	-	5	La Puntica (Mar Menor)
6 playa	48	28	7	-	6	1	-	-	-	3	-	7	-	24	3	4	40	5	-	-	-	17	Rambla del Beal, dcha
7 playa	12	26	16	-	11	1	-	-	-	5	-	4	-	47	2	8	2	3	1	-	-	47	Id. desembocadura
8 playa	16	15	33	-	14	2	-	-	-	3	-	7	-	21	7	12	-	1	-	-	-	28	Los Alcázares
9 playa	17	32	23	-	27	4	-	-	-	3	-	5	-	20	3	10	-	4	-	-	1	22	Los Urrutia
10 playa	11	30	60	1	5	1	-	-	-	8	-	7	1	6	7	3	-	1	-	-	-	35	La Ribera de Santiago
11 playa	30	14	8	2	7	3	-	-	-	-	-	-	-	25	-	28	26	1	-	-	-	17	Isla Mayor frente a la costa
12 playa	39	23	3	4	7	6	1	-	-	-	-	-	1	20	2	46	10	-	-	-	-	22	Idem costa frente Mediterráneo
13 playa	18	16	9	1	22	1	-	-	-	4	-	2	-	30	5	6	18	2	-	-	-	22	Playa Los Nietos
15 playa	31	49	6	1	43	5	-	-	-	7	-	2	-	32	2	-	2	-	-	-	-	30	Playa Honda
En la nº 14 no ha podido realizarse el contaje por tener fracción densa escasa																							

IV) COMPOSICION MINERALOGICA DE LOS ARENALES Y ESTUDIO DE LAS ESPECIES MINERALES DOMINANTES

GRUPO 1.° Límite oriental de costa del Mar Mediterráneo hasta Punta de Algas.

Arenas; *minerales pesados* (p.e.>*2,9*).

Las muestras núms.: 1, 2 y 3 son arenas de dunas, de San Pedro del Pinatar y la núm. 4 de la playa de Los Escull de Punta de Algas. El mineral dominante es la *turmalina* que se encuentra en porcentajes del *47* al *86*% entre los transparentes, en asociación con *epidota-zoisita* y los minerales propios del metamorfismo: *estaurolita, andalucita*; presencia de las especies resistentes: circón, rutilo, granate y algunos del grupo de los piroxenos y anfiboles en muy bajos porcentajes.

T u r m a l i n a , variedad parda ferromagnesiana fuertemente pleocroica; se encuentran también granos verdoso-azulados y otros de turmalina bicolor pardo-verdosa, en granos que conservan el hábito prismático con las aristas desgastadas y algunos rodados más o menos redondeados o subredondeados. Inclusiones escasas, algunas agujas de rutilo, pequeños cristales de circón y opacas.

E p i d o t a - Z o i s i t a ; minerales del mismo grupo cuya presencia en los arenales de Murcia es constante. Identificamos la epidota en su variedad verde o "pistacita" moderadamente pleocroica, en cristales cortos de hábito prismático y en fragmentos y formas irregulares y subredondeadas; también hay granos incoloros y otros que presentan un aspecto turbio debido a su alteración superficial, principalmente los de zoisita que ofrecen la superficie resquebrajada con acumulación de material ferruginoso en las grietas.

E s t a u r o l i t a y A n d a l u c i t a . Se identifica la primera en cristales prismáticos y en formas subangulares de color pardo-amarillento, melado, con acusado pleocroismo y abundancia de inclusiones carbonosas; la andalucita se encuentra en formas subangulares, granos incoloros con pleocroismo rojizo apreciable en numerosos granos que

TABLA III

Grupo 3º - Manga del Mar menor

MUESTRAS Nº - arenal	Opacos naturales.	Opacos de alteración.....	PORCENTAJE DE MINERALES PESADOS TRANSPARENTES ENTRE SI																				Observaciones Manga del Mar Menor - Dunas
			Turmalina	Circón	Granate ...	Rutilo	Anatasa ...	Broquita...	Titanita....	Estaurolita.	Distena....	Andalucita	Silimonita.	Epidota....	Anfiboles.	Piroxenos.	Micas	Cloritas ...	Carbonatos	Sulfatos ...	Clorito-ide	Alter-ritas		
16 dunas	17	15	42	2	9	-	-	1	-	3	-	3	1	7	-	31	-	1	-	-	-	44		Encañizada de
17 "	6	30	56	-	5	-	-	-	-	3	-	2	1	11	2	18	-	2	-	-	-	35		Marchamalo (en la Manga del Mar Menor)
18 "	16	5	46	1	11	3	-	-	-	1	-	4	-	9	1	23	-	1	-	-	-	36		
19 "	8	13	45	3	6	1	-	-	-	8	-	6	-	6	-	25	-	-	-	-	-	37		Punta Raja
20 "	25	21	30	5	11	2	-	-	-	6	-	9	-	7	2	28	-	-	-	-	-	36		" "
21 "	14	18	55	2	6	3	-	-	-	2	-	4	-	3	-	25	-	-	-	-	1	35		" "
22 "	9	6	48	2	5	1	-	-	-	3	±	4	-	11	-	24	-	1	-	-	-	24		Frente a la Isla
23 "	7	5	46	1	3	-	-	-	-	1	-	10	-	5	-	33	-	1	-	-	-	45		del Sujeto
24 "	2	1	50	-	-	-	-	-	-	2	-	4	-	1	-	41	±	1	-	-	-	58		" "

TABLA IV

Grupo 4º - Tramo meridional costero de la provincia de Murcia.

MUESTRAS Nº - arenal		Opacos naturales	Opacos de alteración	PORCENTAJE DE MINERALES PESADOS TRANSPARENTES ENTRE SI																			Costa Sur prov. de Murcia Observaciones Localidad
				Turmalina	Circón	Granate	Rutilo	Anatasa	Broquita	Titanita	Estaurolita	Distena	Andalucita	Silimonita	Epidota	Anfiboles	Piroxenos	Micas	Cloritas	Carbonatos	Sulfatos	Alteritas Clorritoide		
25	playa	2	31	23	1	20	-	-	-	-	4	-	2	-	8	1	-	41	-	-	-	-	8	Cala Blaique
26	playa																							Portman
27	rambla	34	10	6	-	52	1	-	-	-	1	-	-	-	20	1	-	3	16	-	-	1	12	Punta Azohia
28	playa	10	8	2	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	23	12	-	-	-	19	Playa de S.Ginés
29	rambla	4	1	-	-	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	2	-	-	-	39	Rambla de las Torres
30	rambla	C	A	N	T	U	R	R	A	L														idem. 200 m. al interior
31	playa	10	2	7	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	20	8	-	11	12	-	-	-	8	Frente a la isla de la Plana
32	playa	3	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	60	13	-	-	-	2	A 1,5 Km. de la Oa de la costa
33	rambla	13	1	1	-	61	1	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	21	13	-	-	-	8	Rambla Cabezón Mojón
34	playa	3	2	3	-	6	2	-	-	-	2	-	3	-	35	15	-	15	19	-	-	-	7	Playa de Mazarrón
35	playa	5	2	3	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	21	2o	14	19	9	-	-	-	57	Playa de Bolnuevo
36	playa	10	4	6	-	22	1	-	-	-	-	-	-	-	30	20	5	6	10	-	-	1	25	Playa frente a la Isla
37	playa	6	21	2	-	12	1	-	-	-	-	-	-	1	28	12	2	36	6	-	-	-	31	El Gordón
38	playa	9	8	2	-	25	3	-	-	-	-	-	4	-	21	10	1	28	6	-	-	-	28	Las Coraficas
40	playa	4	17	1	-	22	-	-	-	-	30	-	6	3	30	2	1	5	-	-	-	-	10	Aguilas

En la 39 no se ha podido realizar el contaje por su escasez en fracción densa

también presentan inclusiones carbonosas frecuentes. Granos turbios por alteración y formación de sericita (Lámina 2).

Los minerales opacos naturales son escasos y también los opacos por alteración: limoníticos y leucoxénicos, siendo en cambio relativamente abundantes las "alteritas" (granos transparentes alterados e inidentificables). La presencia de ellos es constante en todas las muestras estudiadas y en parte podemos considerar aquí las alteritas como resultado de la alteración del grupo epidota-zoisita y de piroxenos (En las TABLAS de resultados II, III y IV damos el número de alteritas en la última columna, que corresponde a cada cien especies transparentes contadas).

Se identifica algún grano de carbonato (calcita-dolomita), no atacable por clorhídrico en frio.

Minerales ligeros (p.e.$<2,9$).

La fracción ligera es cuarzosa con presencia acusada de feldespatos (TABLA V).

El cuarzo aparece en granos subangulares, irregulares, bastante limpios y los feldespatos menos alterados que en otras muestras, aunque muchos anubarrados.

TABLA V

FRACCION LIGERA — GRUPO 1.°

N.° DE MUESTRA	CUARZO %	FELDESPATOS %	LOCALIDAD
1	87	13	S. Pedro del Pinatar
2	92	8	"
3	85	15	"
4	84	16	Los Escull de Punta de Algas

GRUPO I

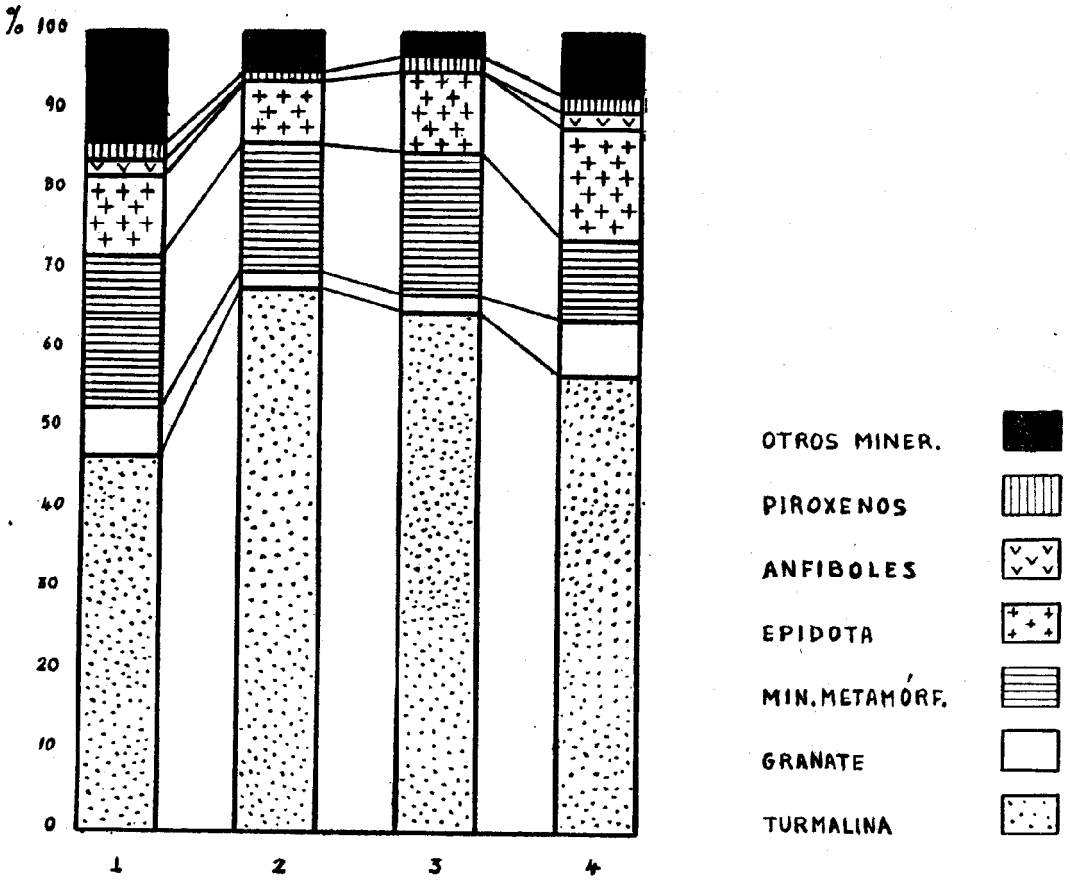


FIG. 4 HISTOGRAMA ACUMULATIVO

GRUPO 2.° Arenales de playa y ramblas del interior del MAR MENOR.

Arenas.—*Minerales pesados*:

Se define la asociación, *turmalina-granate-epidota-zoisita,* con presencia acusada de piroxenos.

T u r m a l i n a . En las arenas de La Puntica, La Ribera, Los Alcázares, Los Urrutia, Los Nietos y Playa Honda, los cristales son de hábito prismático, rodados, con las aristas romas que dán formas subredon-

LAMINA 1

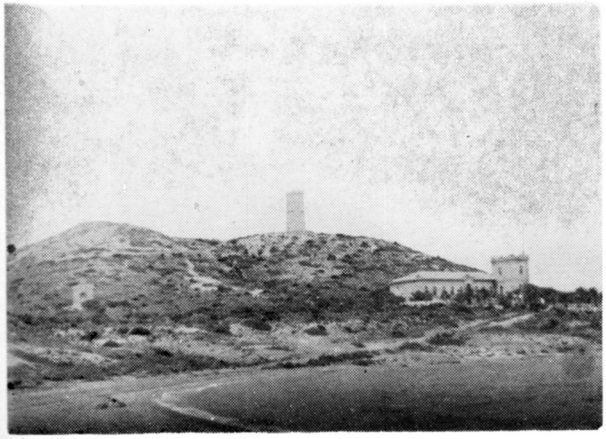


Foto 1.—Playa en la Isla Mayor situada en el interior del Mar Menor.

Foto 2.—Detalle del material tal como se presenta en la zona de la Isla Mayor frente al borde interior del Mar Menor.

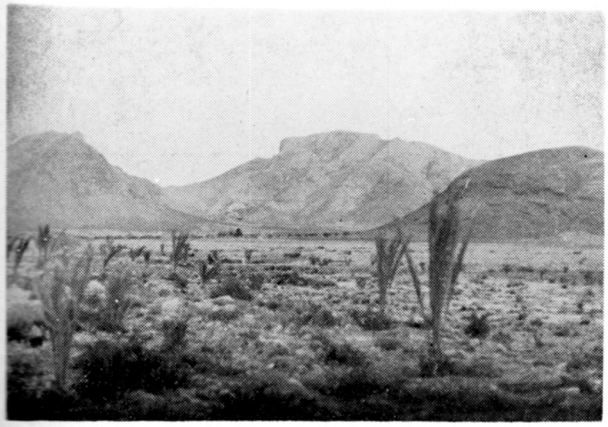


Foto 3.—Macizo y Rambla de Las Torres.

Foto 4.—Playa cementada y levantada. Al fondo Mazarrón.

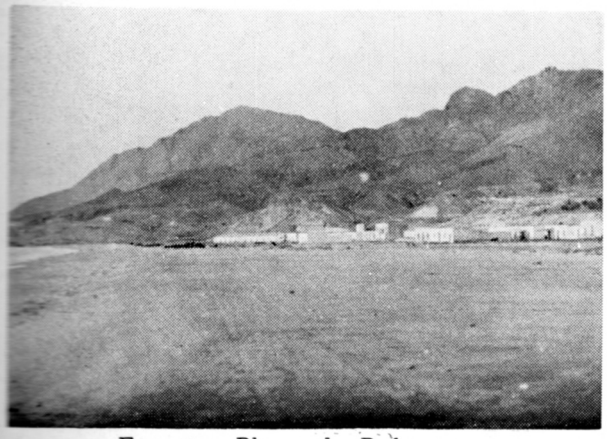


Foto 5.—Playa de Bolnuevo.

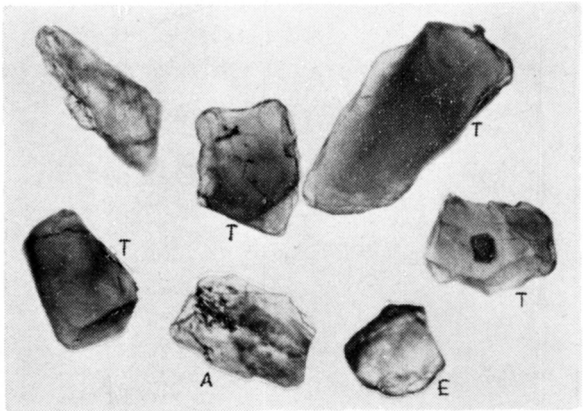


Foto 1.—Turmalinas (T) de hábito prismático y subangulares en asociación con andalucita (A) prismática y epidota (E) subredondeada. Duna de San Pedro del Pinatar (x63)

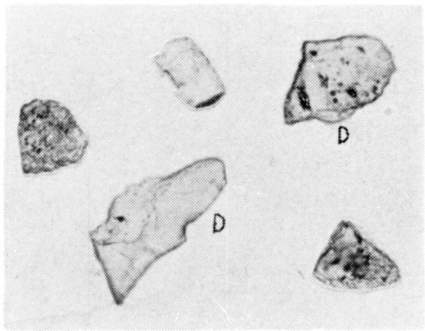


Foto 2.—Diópsidos de hábito prismático y formas subangulares (D). Isla Mayor (x63).

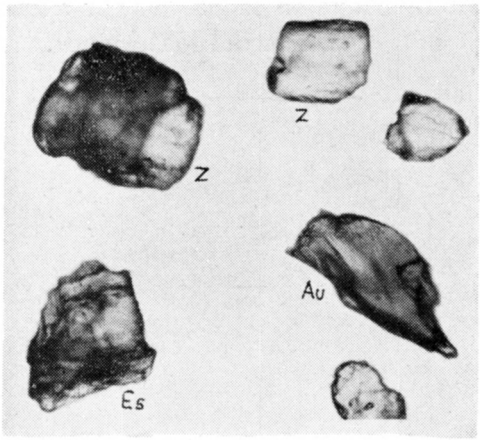


Foto 4.—Augita (Au) subangular con estaurolita (Es) y zoisitas (Z) prismáticas. Playa Honda (x63).

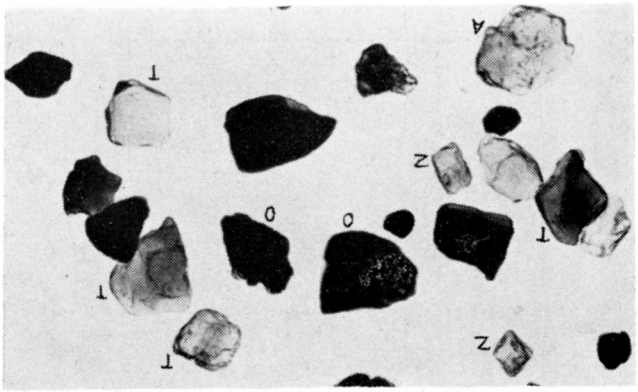


Foto 3.—Turmalinas (T) prismáticas y subangulares, junto con andalucita (A) subangular, zoisitas (Z) prismáticas y opacos (O). Playa Ribera de Santiago (x63).

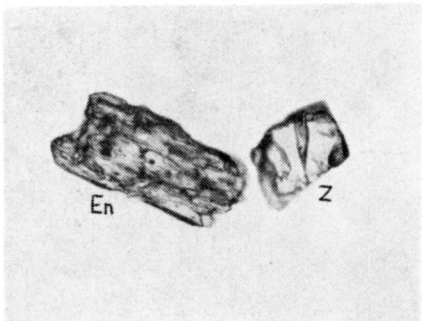


Foto 5.—Enstatita (En) prismática denticulada y zoisita (Z) prismática. Duna de la Manga del Mar Menor junto a la Encañizada (x63).

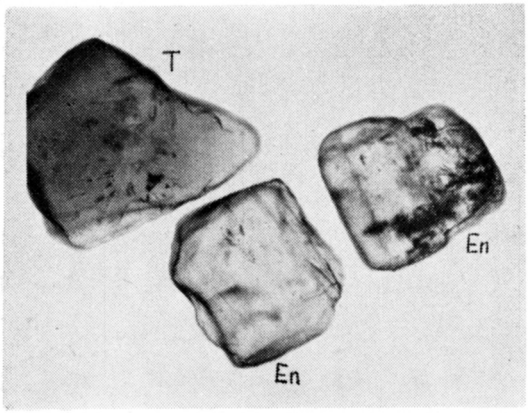


Foto 6.—Enstatitas (En) prismáticas y turmalina (T) subangular. Duna de la Manga del Mar Menor frente a la Isla del Sujeto (x63).

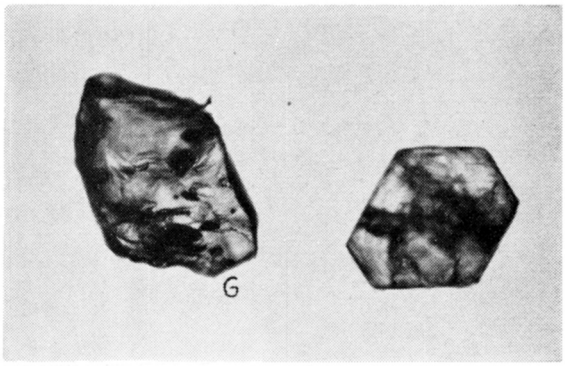


Foto 7.—Granate (G) subangular y una sección exagonal de granate. Desembocadura de la Rambla de las Torres (x63).

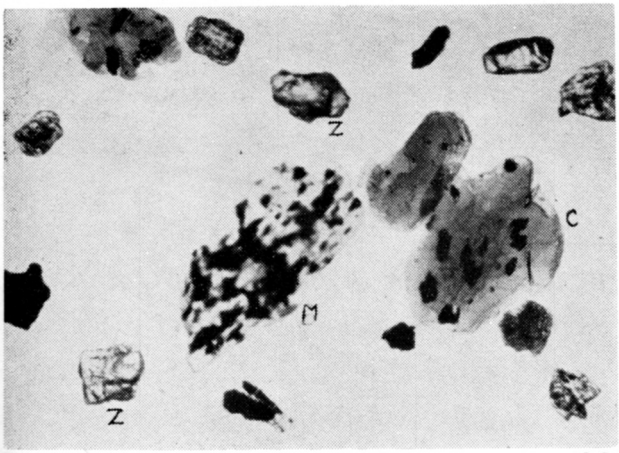


Foto 8.—Láminas de clorita (C) y moscovita (M) en asociación con cristales prismáticos de zoisita (Z). Playa frente a la Isla de la Plana (x63).

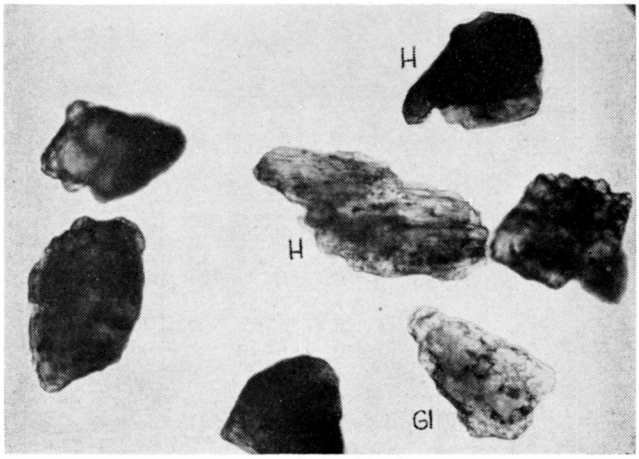


Foto 9.—Grupo de anfiboles: hornblenda (H) y glaucofana (Gl). Playa de Bolnuevo (x63).

deadas; es dominante la variedad parda, ferromagnesiana con presencia de granos bicolores y otros de las variedades ferrosas verde-azuladas, pobres en inclusiones.

G r a n a t e , en su variedad rosada (almandino), granos rugosos en su superficie, más o menos equidimensionales, subangulares y algunos más rodados (redondeados).

Los granos minerales del grupo e p i d o t a - z o i s i t a predominan en la mayoría de las muestras, en formas de hábito prismático o fragmentos subangulares, más o menos alterados superficialmente, conservándose más fresca la variedad "pistacita" de la epidota; los granos de zoisita aparecen agrietados y más alterados.

Otros minerales de origen metamórfico que se identifican en estos arenales, son: e s t a u r o l i t a - a n d a l u c i t a, con las características ya descritas y riqueza en inclusiones carbonosas.

A n f i b o l e s y P i r o x e n o s , acusan su presencia en los arenales del Mar Menor; entre los primeros predomina la h o r n b l e n d a común, en fragmentos aplanados y fibrosos de color verde negruzco y se identifica algun grano de g l a u c o f a n a (hornblenda sódica) muy astillados y de coloración violacea (lavanda), característica. Entre los piroxenos aparece constante la e n s t a t i t a en granos de hábito prismático con estriación paralela al eje c y los extremos rotos, de coloración blanco-sucio o ligeramente grisáceo o verdosa. También se identifica algún grano de h i p e r s t e n a pardo-verdosa de fuerte relieve y alta birrefringencia, principalmente en la playa de Los Urrutia y al Norte de Los Nietos. Domina el piroxeno monoclínico "diópsido" en las muestras procedentes de la isla Mayor, se presenta en granos incoloros de hábito prismático, aunque son más frecuentes las formas subangulares apreciándose algunos granos con extremos dentados conteniendo inclusiones de magnetita, ilmenita y circón. Se identifica algún grano de augita (muestra núm. 15). (Lámina 2).

Es de notar que en los arenales de la Rambla del Beal y playa de la isla Mayor (frente a la costa), abunda la b i o t i t a , encontrándose esta mica bastante alterada, en láminas casi opacas rojizas, ocráceas, debido a la formación de hidróxidos de hierro; algunas láminas de bio-

GRUPO II

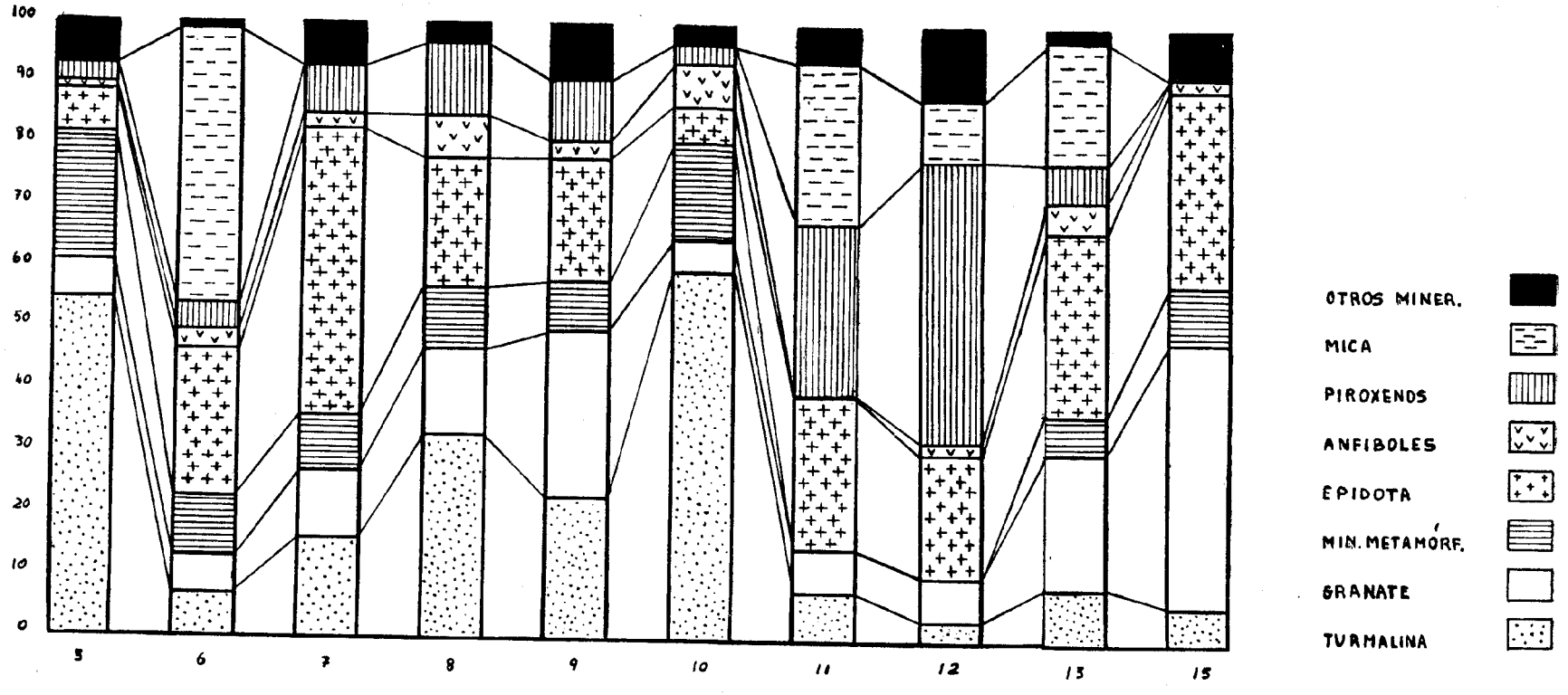


FIG. 5 HISTOGRAMA ACUMULATIVO

tita aparecen decoloradas perdiendo hierro en esta alteración por lixiviación con pérdida de color.

Los minerales opacos naturales son de óxidos de hierro (hematites, magnetita) apareciendo esta última en cadenas de granos atraidos entre sí; presencia de ilmenita con manchas blanquecinas de leucoxeno. Granos alterados, opacos, blanquecinos y ocráceos de leucoxenos y limonita respectivamente; bastantes alteritas.

Minerales ligeros.

Predominio del cuarzo con presencia acusada de feldespatos. En las muestras núm. 6 y 7 principalmente, de la Rambla del Beal y desembocadura de esta en la playa, se observa la presencia de granos de cuarzo formados por agregados de pequeños granos, que delatan su origen a partir de pizarras y neis, con frecuentes inclusiones opacas metálicas y también de mica, clorita y anfibol; este mismo tipo de granos de cuarzo se observa en las playas de Los Urrutia y Los Nietos preferentemente; también se identifican en los granos de cuarzo, inclusiones cloríticas y micáceas y alguna de hornblenda.

TABLA VI

FRACCION LIGERA		GRUPO 2.°	
N.° DE MUESTRA	CUARZO %	FELDESPATOS %	LOCALIDAD
5	90	10	La Puntica
6	84	16	Rambla del Beal
7	85	15	" desembocadura
8	93	7	Los Alcazares
9	95	5	Los Urrutia
10	91	9	La Ribera
11	88	12	Isla Mayor
12	90	10	Isla Mayor
13	89	13	Los Nietos
14	88	12	Punta de Vaca
15	93	7	Playa Honda

GRUPO 3.º Arenas de las dunas de la Manga del Mar Menor.

Minerales pesados: La composición mineralógica es parecida a la de los arenales del Grupo 2.º, del Mar Menor, pero con un predominio acusado de los piroxenos; se define la asociación "*turmalina-piroxenos*" (dominantes) con granate-epidota-zoisita.

T u r m a l i n a. Lo mismo que en los arenales anteriores, predomina la variedad parda ferromagnesiana con sus mismas características morfológicas, aunque aquí se conservan cristales prismáticos con terminaciones romboédricas pero con aristas desgastadas.

Entre los piroxenos abundantes que forman aquí asociación con la turmalina, identificamos: e n s t a t i t a , h i p e r s t e n a y a u g i t a , dominando el primero con sus características habituales ya descritas. Debido a la fracturación mecánica de estos materiales abundan los fragmentos o cristales rotos de enstatita y por la misma fragilidad del mineral que presenta siempre sus extremos rotos o astillados o denticulados agudamente.

Los minerales del grupo e p i d o t a - z o i s i t a , abundan menos en estos arenales dela Manga, y aparecen con las características ya descritas, pero acusando menor alteración superficial y mayor fracturación mecánica.

Lo mismo podríamos decir de los minerales de metamorfismo, presentes aunque no abundantes: e s t a u r o l i t a , a n d a l u c i t a , s i l i m a n i t a .

El g r a n a t e , presente en todas las muestras, aparece con escaso brillo superficial (variedad rosada); algunos presentan colores de interferencia anómalos. (Lámina 2 y 3).

En cuanto a los granos m i n e r a l e s o p a c o s , son los mismos óxidos de hierro y de hierro y titanio ya descritos (hematites, magnetita, ilmenita) y los originados por alteración de estos y de los piroxenos (granos hematíticos, limoníticos, goethíticos y leucoxénicos). Abundan igualmente las alteritas.

GRUPO III

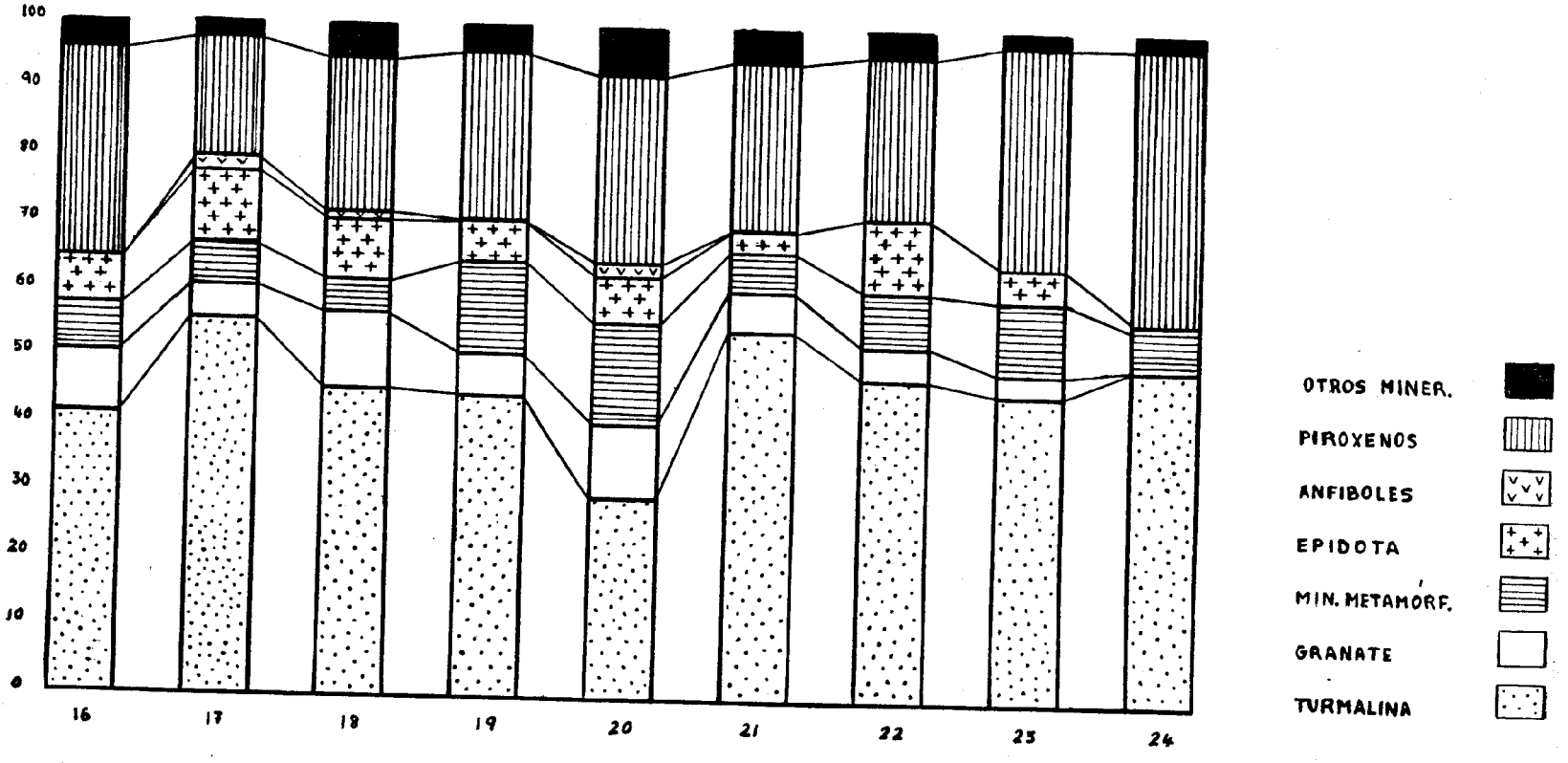


Fig. 6 HISTOGRAMA ACUMULATIVO

Minerales ligeros:

Estas arenas de dunas, de La Manga, son todas ellas muy cuarzosas sobrepasando el cuarzo el 90% de los minerales de la fracción ligera.

Algunos granos de cuarzo presentan la morfología característica del material transportado por el viento, con la superficie deslustrada y con pocas inclusiones en general.

T A B L A VII

FRACCION LIGERA — GRUPO 3.º

N.º DE MUESTRA	CUARZO %	FELDESPATOS %	LOCALIDAD
16	90	10	Encañizada de Marchamalo.
17	85	15	"
18	90	10	"
19	92	8	Punta Raja (playa)
20	97	3	"
21	92	8	"
22	91	9	Costa frente a la Isla del Sujeto
23	96	4	"
24	94	6	"

GRUPO 4.º Arenales de playa y ramblas de la costa meridional de la provincia de Murcia.

Minerales pesados: La composición mineralógica de estas arenas costeras de la costa sur del litoral murciano, varía con respecto a los arenales litorales del interior del Mar Menor y los de la Manga. La presencia de piroxenos es rara, disminuyendo también la turmalina; se mantiene constante la presencia de epidota-zoisita y destaca el aumento en minerales del grupo de los anfiboles (hornblenda, glaucofa-

na); se eleva también el porcentaje en granate y sobre todo destaca la frecuencia y abundancia del grupo micas-cloritas.

No se define, por tanto, una asociación clara dentro de los minerales pesados transparentes, pero si se acusa el predominio: "*micas-cloritas*" y "*granate-epidota*", aunque existen variaciones de unos arenales a otros como puede observarse en la TABLA IV.

De la muestra núm. 26 tomada en la playa de Port-Man, no ha sido posible hallar el porcentaje de minerales transparentes, pues los aportes procedentes de las explotaciones mineras del interior, han recubierto de tal manera las primitivas arenas de playa, que aparecen éstas totalmente ennegrecidas; también el pequeño puerto pesquero de Port-Man está hoy inutilizado por esta avalancha de materiales residuales.

Refiriéndonos ahora a los minerales dominantes: micas, cloritas, granate, epidota, las m i c a s aparecen en láminas alteradas las de biotita y las de moscovita con profusión de inclusiones opacas de óxidos de hierro que han aumentado su peso específico, pasando por ello a la fracción pesada de la arena; las láminas de moscovita son de un promedio de tres veces mayores de tamaño que los demás minerales y presentan también inclusiones cristalinas de turmalina, circón, rutilo..., pero son más abundantes las opacas metálicas, la presencia de estas y su extinción a veces serpenteante, delata un origen metamórfico. Algunas láminas micáceas incoloras pueden proceder de la biotita decolorada por alteración, puesto que en algunas se observa en la misma una zona parda y otra incolora o decolorada.

C l o r i t a s : abundan las láminas cloríticas, verdes, con inclusiones opacas y algunas cristalinas transparentes, lo mismo que la moscovita.

A n f i b o l e s , son relativamente abundantes en algunas arenas de esta zona, correspondiendo el predominio a la hornblenda común y presencia de glaucofana; ambos anfiboles se presentan en fragmentos fibrosos, agudos. Se destaca este predominio de los anfiboles verde-azulados ricos en sodio (glauco-anfiboles) característicos de materiales originarios de rocas metamórficas. Se identifican hornblendas en paso a cloritas.

P i r o x e n o s . En la playa de Bolnuevo en la muestra tomada a la desembocadura de la rambla, se acusa la presencia de los piroxenos rómbicos: hiperstena y enstatita.

Los g r a n a t e s son abundantes: espesartina y almandino (del grupo alumínico); en las arenas de rambla son angulosos con chagrinado superficial mientras que en las arenas de playa son redondeados y de superficie más brillante.

Se mantiene la constancia de la presencia de e p i d o t a - z o i - s i t a en los arenales de este tramo, con idénticas características. (Lámina 3).

Los m i n e r a l e s o p a c o s son los mismos que hemos encontrado en otros arenales de este litoral: hematites, magnetita e ilmenita. Las inclusiones opacas, metálicas, que tan abundantes se encuentran en las láminas de mica, son preferentemente de óxido férrico (oligisto, hematites). Hay pocos granos opacos por alteración, pero abundan las alteritas.

Minerales ligeros:

Las fracciones ligeras de estas arenas son muy cuarzosas con presencia de feldespatos. A partir de Punta Azohia (Núm. 27) aparece el cuarzo en granos muy triturados con inclusiones metálicas; los granos aparecen como constituídos por partes más pequeñas silíceas aglomeradas; y en las últimas playas, desde Mazarrón, hay cuarzo de dos procedencias, en parte como los descritos y otros limpios y angulosos. Se identifican laminas decoloradas de biotita en los bordes y que conservan el núcleo coloreado y algunas laminillas tenues de clorita. Los feldespatos son muy escasos y visiblemente alterados.

GRUPO IV

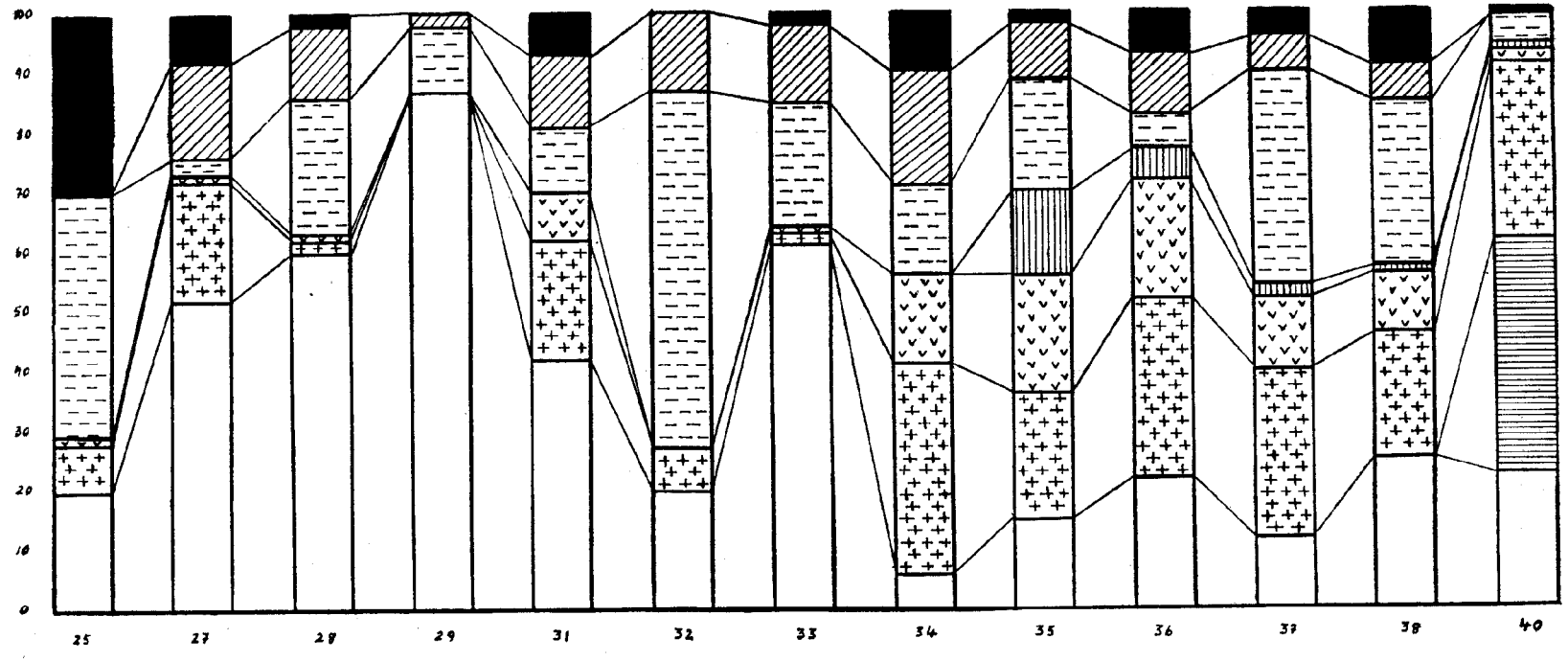


FIG. 7 HISTOGRAMA ACUMULATIVO

TABLA VIII

FRACCION LIGERA GRUPO 4.°

N.° DE MUESTRA	CUARZO %	FELDESPATOS %	LOCALIDAD
25	94	6	Cal-Blanque
26	88	12	Port-Man
27	94	6	Punta Azohia
28	92	8	San Ginés
29	97	3	Rambla de las Torres
30	96	4	Isla de la Plana
31	92	8	Id., carretera costa
32	94	6	Id., Km. 1,500
33	95	5	Cabezo Mojón
34	93	7	Playa de Mazarrón
35	88	12	Playa de Bolnuevo
36	92	8	Playa frente a la Isla
37	90	10	El Hondón
38	91	9	Las Covaticas
39	74	26	Cabo Cope
40	89	11	Aguilas

Minerales que se presentan alterados.

La abundante presencia de "alteritas", indica las acciones erosivas de tipo químico que obraron sobre estos materiales. Se acusan por lo tanto cambios diagenéticos que han sufrido los minerales durante su deposito o posteriormente a su deposición.

En el cuarzo y feldespatos no se acusan estos cambios aunque aparecen algunos feldespatos anubarrados con señales de alteración superficial.

La epidota-zoisita puede ser alógena o autígena y en este caso de-

riva aquí de piroxenos y anfiboles (13) y es el mineral que sin duda dá el mayor número de "alteritas" en estas arenas.

La mica oscura (biotita) se altera pasando a clorita y a vermiculita, alteración esta última más frecuente en sedimentos como aquí se comprueba; también la flogopita (identificada aquí en muy pequeña cantidad), sufre alteración a vermiculita.

La clorita existente proviene de la alteración de minerales ferromagnesianos (augita, hornblenda, biotita...), estos minerales dan lugar también a la formación de epidota y óxidos e hidróxidos de hierro que encontramos entre los granos opacos de alteración; lo mismo le ocurre a la estaurolita. La andalucita está presente en las arenas de duna de la barra, o MANGA del Mar Menor, y también en los arenales del Grupo 4.º, aparece, en parte, en granos turbios de contorno impreciso debido a su transformación en agregados de moscovita, sericita y caolín.

En todos los arenales de esta zona, hay (aparte de las "alteritas" abundantes), otros granos opacos limoníticos, goethíticos y leucoxénicos derivados también de los opacos naturales: hematites, magnetita, ilmenita, además de los que derivan de minerales ferromagnesianos.

Por último, es de advertir, que la existencia de ramblas, tan características en esta zona levantina peninsular, influye considerablemente en la mineralización de los arenales por los materiales que arranca y transporta. Una de las ramblas de mayor influencia es aquí la del Beal que arrastra gran cantidad de material micaceo (mica muy alterada y clorita); también tienen influencia las ramblas de Cabezo Mojón y de las Torres; esta última recoge aguas y materiales de arrastre de una serie de barrancos, enriqueciéndose en granates, hasta alcanzar entre los minerales pesados transparentes un 87 por 100, en su desembocadura; esta rambla arranca del Estrato cristalino, fuente de estos granates. Esta misma rambla influye en la mineralización de la playa de San Ginés en cuyas arenas alcanza también el granate un elevado porcentaje, lo mismo que ocurre en la rambla de Punta Azohia que transporta materiales de un asomo metamórfico muy pró-

ximo a la Punta. (La muestra Núm. 30 procedente de la rambla de las Torres a 200 metros al interior desde la zona costera, en el cruce de la carretera con el teleférico de una antigua explotación minera, es de material muy grosero o canturral).

VI. CONSIDERACIONES GENERALES

Los arenales de la provincia de Murcia descansan en terrenos del Pleistoceno o Diluvial, los de los cuatro Grupos en los que los hemos distribuido, variando el sustrato sobre el que descansan los materiales diluviales (TABLA I): Mioceno, Plioceno, Triásico, Estrato-cristalino y asomos eruptivos, pudiendo reducirse a tres, las unidades estratigráficas: Terciario, Trías germánico y Estrato cristalino.

Las asociaciones de minerales que se definen en las arenas, son las siguientes:

Grupo 1.° "turmalina-epidota zoisita-estaurolita-andalucita".
Grupo 2.° "turmalina-granate-epidota zoisita".
Grupo 3.° "turmalina-piroxenos-granate-epidota".
Grupo 4.° "granate-epidota-minerales micáceos".

Sobre la mineralogía de estos arenales vamos a hacer algunas consideraciones.

En la fracción ligera el mineral dominante es el c u a r z o cuyo origen hemos de atribuirlo aquí a las areniscas miocenas consolidadas y a las rocas metamórficas principalmente, propias del Estrato-cristalino: neis y micacitas; si los granos de cuarzo derivan de areniscas preexistentes, los clasificamos como de 2.° ciclo y en el otro caso como del ciclo 1.°; estos granos de cuarzo derivados de esquistos contienen frecuentemente inclusiones de clorita, mica y alguna de anfibol. También la presencia de granos agregados de cuarzo, integrados como por granillos trabados formando un todo de partes, nos dá una pista en cuanto a la fuente o material originario a partir de esquistos o pizarras.

Los f e l d e s p a t o s hallados, también en la fracción ligera, aparecen en parte alterados o anubarrados por los productos de alteración que los recubren sericíticos y caoliníticos; estos feldespatos derivan

principalmente de las rocas metamórficas y son o r t o c l a s a s en su mayoría, aunque hay también p l a g i o c l a s a s en ciertas arenas de rambla y playa que recibieron materiales derivados de los asomos eruptivos.

Las m i c a s son relativamente abundantes y las encontramos incluidas tanto en la fracción ligera como en la de peso específico superior, (las más ferriferas), aunque podemos generalizar en lo relativo a esta abundancia ya que solo lo son en los arenales del Grupo IV correspondientes a las arenas de rambla y playa de la costa sur de Murcia y en las arenas de arrastre recogidas a la desembocadura de la rambla del Beal (muestra núm. 7).

Las c l o r i t a s las hallamos en algunas muestras pero no en porcentajes altos; en los arenales del Grupo IV se incrementa su contenido presentándose en asociación con la biotita; unas y otras aparecen alteradas.

La presencia constante de g r a n a t e viene a confirmar el origen metamórfico de gran parte de los materiales que integran estas arenas, así como la presencia de otros minerales de metamorfismo: e s t a u r o l i t a - a n d a l u c i t a.

Los minerales del grupo e p i d o t a - z o i s i t a aparecen constantes en todas las muestras siendo en algunas también abundantes.

Los minerales resistentes: t u r m a l i n a, c i r c ó n, r u t i l o, aparecen bastante rodados en estas arenas, por lo que remitimos el material originario a un primer ciclo lo mismo que el cuarzo de tipo hialino que proviene de areniscas miocenas preexistentes.

En cuanto a los minerales ferromagnesianos: p i r o x e n o s y a n f i b o l e s, su origen se remite a los aportes derivados de las rocas igneas distribuidas en la geografía de esta provincia. Existe una variabilidad litológica manifiesta dentro de este tipo localizado de rocas: diabasas, ofitas, traquitas, dacitas, liparitas, andesitas, veritas, fortunitas, basaltos y jumillita, distribuidas en las localidades de Cartagena, Mazarrón, Murcia, Orihuela, Calasparra, San Javier, Alhama de Murcia e Islas Mayor y Perdiguera (*). Entre los piroxenos predominan, el

(*) T. ALEIXANDRE: "Estudio mineralógico de unos suelos de origen volcánico de la provincia de Murcia". (1964).

rómbico o enstatita y el monoclínico, augita, descritos ya anteriormente.

Los escasos carbonatos que identificamos y que han resistido el tratamiento ácido en la preparación de materiales, son dolomíticos principalmente, procedentes del Mioceno margoso.

VII. MORFOSCOPIA Y GRANULOMETRIA

La mayoría de estos arenales tienen restos de conchas o bien en algunas playas como se verá más adelante existe una acumulación de los mismos; para realizar su estudio morfoscópico y granulométrico, se ha procedido a su eliminación aplicando la técnica citada a continuación.

Técnicas empleadas.

a) *Determinación de carbonatos*: Para determinar el contenido en carbonato cálcico se ha seguido la técnica del Ministerio de Agricultura (1) utilizando el calcímetro de Bernard, y aunque sería muy interesante el saber la repartición de carbonatos en las distintas fracciones granulométricas, solo han sido determinados estos en muestra media, viniendo los resultados expresados en los cuadros: 1, 2, 3 y 4.

b) *Morfoscopía*: Por realizarse este estudio sobre los granos de cuarzo, se ha observado con lupa binocular y luz incidente, la fracción ligera de la arena de dimensiones comprendidas entre (0,5-0,02 mm.) una vez destruidos los carbonatos, incluyendo los granos minerales entre dos portaobjetos.

c) *Granulometría*: Eliminados los carbonatos se partió de una cantidad determinada de arena limpia y seca sometiéndola a tamizaje durante 10 minutos, utilizando la serie de tamices A. F. N. O. R. y aparato vibrador correspondiente.

Hay que hacer notar que en algunas muestras por acumulación en un determinado tamiz de gran cantidad de arena, se subdividió y tamizó esta separadamente.

---

(1) Instrucciones para análisis de tierras formulado por la estación de química agrícola.

Con los resultados en peso obtenidos, se hallaron los porcentajes de las distintas fracciones arena: gruesa, media, fina y muy fina con límites de dimensiones de grano ya establecidos, determinándose también "el modo".

Obtenidos los tantos por ciento acumulativos, llevándolos en ordenadas y en abscisas los logarítmos de las dimensiones de partículas se construyeron las curvas acumulativas semilogarítmicas (fig. 8, 9, 10 y 11) a partir de las cuales se determinaron sus parámetros estadísticos y se hallaron los índices de clasificación y coeficiente de asimetría, este último expresado en $\log_{10}$ SK dando los resultados obtenidos en las tablas correspondientes.

Grupo 1.º

a) *Descripción de las muestras*: Las muestras tomadas en la duna de San Pedro del Pinatar son de color grisáceo con ligero tinte pardo, de grano muy fino y con fragmentos de conchas de tamaño pequeño.

Su contenido en CO_3Ca es bajo como puede verse en el cuadro correspondiente.

CUADRO 1

N.º muestra	CO_3Ca%
1	34,4
2	28,6
3	27,0
4	31,4

La núm. 4 procedente de la playa Los Escull de Punta de Algas es de coloración grisácea, de grano muy fino y al igual que las anteriores con fragmentos de conchas.

b) *Morfoscopía*: Los granos de cuarzo correspondientes a la duna son predominantemente romos distinguiéndose subredondeados, siendo menos frecuentes los redondeados todos ellos brillantes; hay también otros romos subangulares de cuarzo lechoso, y pocos redondeados mates con señales de erosión por el viento.

En la núm. 4 el dominio corresponde a granos romos subangulares identificándose también algunos subredondeados brillantes, acompañados por algunos subredondeados lechosos.

c) *Granulometría*: En la tabla VIII damos los tantos por ciento en peso obtenidos para las distintas fracciones de arena, de las muestras de este grupo.

TABLA VIII

N.° muestra	>2 mm °/o	Arena gruesa 2-1 mm °/o	Arena media 1-0,50 mm °/o	Arena fina 0,50-0,20 mm °/o	Arena muy fina 0,20-0,02 mm °/o
1	—	—	—	11,74	88,25
2	—	—	—	28,07	71,92
3	—	—	—	23,67	76,32
4	—	—	—	18,35	81,64

Son muy homogéneas y formadas casi exclusivamente por arenas muy finas y careciendo de fracciones > 0,50 mm.

TABLA IX

N.° muestro	Q_1	Md	Q_3	Mo	So	Qdphi	Sk	$\log_{10}$ Sk
1	0,176	0,20	0,205	0,16	1,04	0,15	0,90	— 0,045
2	0,168	0,192	0,198	0,16	1,04	0,15	0,90	— 0,045
3	0,16	0,164	0,19	0,16	1,04	0,15	1,50	— 0,176
4	0,164	0,16	0,186	0,125	1,04	0,1	1,19	— 0,078

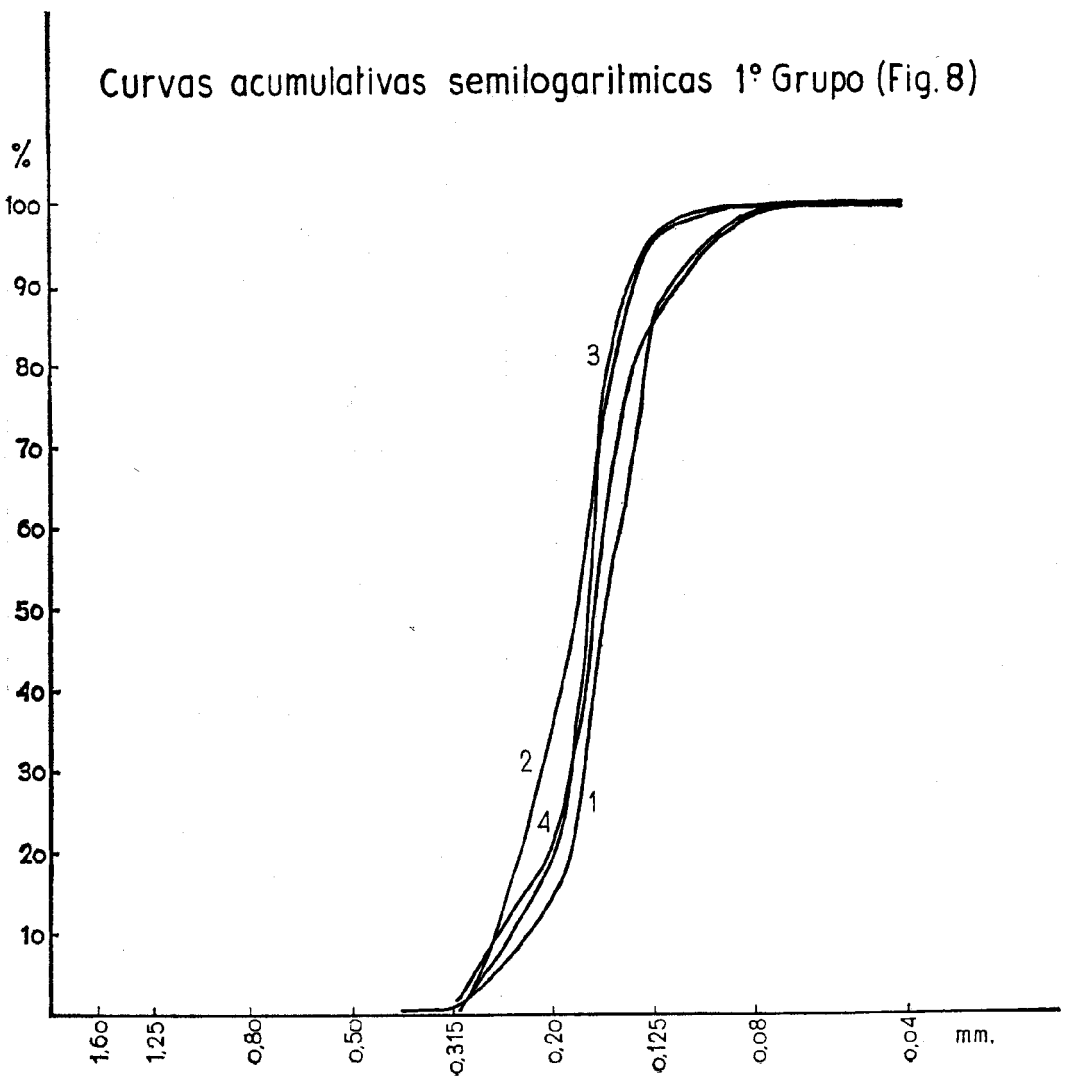
Las tres primeras recogidas en distintos puntos de la duna de San Pedro del Pinatar dan valores similares para los parámetros estadísticos. (Tabla IX).

También presentan el máximo de frecuencia en la misma dimensión de grano, y correspondiéndose con arena muy fina.

Las curvas acumulativas representadas en la figura 8 tienen una fuerte pendiente característica de los materiales bien clasificados, calculados los índices de clasificación obtenemos para So de Trask un valor de 1,04 propio de arenas muy bien clasificadas corroborándolo el valor obtenido para el Qdphi de Krumbein.

La asimetría que presentan estas curvas es pequeña, en las dos primeras por obtener valores < 1 esta mejor clasificada la arena fina, por el contrario la núm. 3 tiene mejor clasificada la arena muy fina.

La muestra núm. 4 tomada en la playa Los Escull de Punta de Algas, situada al sur de la duna es también de arena muy fina, con el modo comprendido en 0,125 mm. muy bien clasificada y con asimetría débil (1,19).



Grupo 2.º

a) *Descripción de las muestras*: Formado por once muestras correspondientes a playas y ramblas del interior del Mar Menor.

Por su color las muestras que lo forman las podemos dividir en dos grupos: uno, aquellas que presentan coloración grisácea núm. 5 al 10, gris pardo la núm. 6, y otro en el que el color es pardo con tinte rojizo en las nums. 11, 12 y 15, pardo oscuro en la núm. 14 y pardo claro la núm. 13.

En todas hay fragmentos de conchas y en algunas existe un acúmulo de ellas: núms. 5, 9, 10, 11, 12, 13 y 15.

Su contenido en carbonatos es como sigue:

Cuadro 2

Nº muestra	CO_3Ca %	Nº muestra	CO_3Ca %
5	60,4	11	53,0
6	65,9	12	54,2
7	67,0	13	92,5
8	68,4	14	20,6
9	65,4	15	77,0
10	87,5		

Salvo en las muestras núms. 7, 8 y 13 en las restantes hay presencia de cantos subangulares y subredondeados de cuarcita y en algunas las acompañan fragmentos de pizarras (núms. 9, 13, 14 y 15).

b) *Morfoscopía*: En todas las muestras dominan los romos brillantes, subredondeados, llamados por Cailleux (6) ovoideos brillan-

TABLA X

Nº muestra	>2 mm %	Arena gruesa 2-1 mm. %	Arena media 1-0,50 mm. %	Arena fina 0,50-0,20mm %	Arena muy fina 0,20-0,02 mm. %
5	--	0,07	0,63	67,64	31,63
6	--	0,61	2,16	60,99	36,22
7	1,09	3,88	11,46	53,16	30,37
8	--	--	--	43,09	56,90
9	2,55	3,43	7,19	43,89	42,92
10	0,19	1,73	1,57	42,33	52,44
11	8,99	65,38	21,16	1,49	2,96
12	2,49	62,50	26,93	2,97	3,13
13	4,56	7,03	12,12	49,97	26,30
14	3,57	5,03	6,26	79,56	5,55
15	1,21	4,30	14,37	39,43	40,65

tes, menos abundantes son los redondeados brillantes, sustituidos en las muestras núms. 6, 7 y 15 por romos subangulares brillantes. También identificamos romos subangulares o subredondeados de cuarzo lechoso, poco numerosos.

c) *Granulometría*: En la tabla X recogemos los valores obtenidos para las fracciones arena.

Este grupo se caracteriza por la presencia en casi todas ellas de gravilla con porcentajes muy variables, siendo el valor más alto (8,99) el correspondiente a una de las playas de la isla Mayor; salvo la muestra núm. 8 que carece de arenas gruesa y media, en todas las demás están representadas ambas fracciones, llegando la primera a ser $>50\%$.

En las restantes domina la fracción fina o bien la arena muy fina como puede verse en la tabla X.

Las núms. 9 y 15 están distribuídas irregularmente por tener porcentajes similares en las fracciones fina y muy fina.

En la tabla XI damos los valores de los cuartiles e índices de clasificación.

Todas ellas están muy bien clasificadas por tener valores de So <2 y de Qdphi comprendidos entre (0,21 y 0,72).

El parámetro central de frecuencia se sitúa en la mayoría de las muestras en las dimensiones correspondientes a arena muy fina, excepto en las núms. 5, 13 y 14 en las que se corresponde con arena fina, en dimensiones próximas a arena muy fina.

Una excepción la forman las muestras de la isla Mayor en las que el modo se sitúa en arena gruesa, coincidiendo con la mediana.

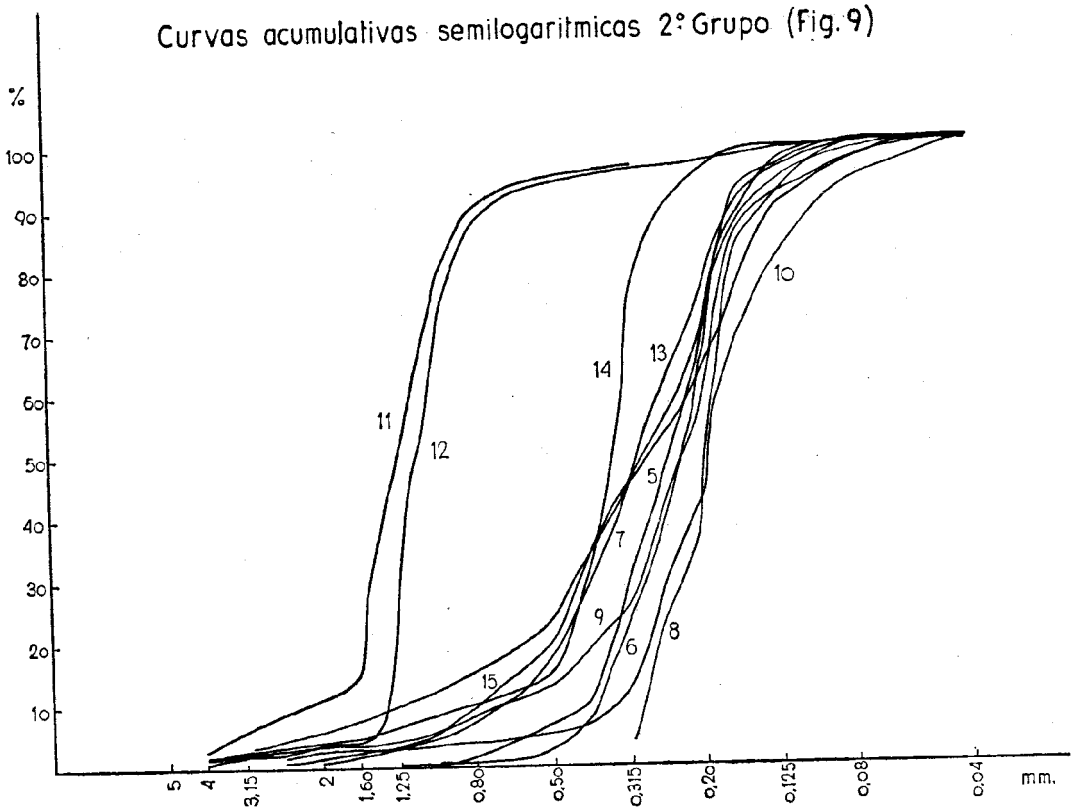
Los valores de asimetría obtenidos en estas muestras superiores a la unidad indican una clasificación mejor del elemento fino; en cambio las muestras núms. 7, 10 y 15 tienen asimetría nula por hacerse este valor igual a la unidad.

Se separan del resto de las muestras las núms. 11 y 12 con valores inferiores a la unidad como corresponde a una mejor clasificación de la parte gruesa de la arena.

En resumen podemos decir que cuando más se aleja el coeficiente de clasificación So de la unidad, menos uniforme es el total.

TABLA XI

Nº muestra	Q_1	Md	Q_3	Mo	So	Qdphi	Sk	$\log_{10}$ Sk
5	0,186	0,245	0,330	0,25	1,30	0,45	1,02	0,009
6	0,190	0,225	0,385	0,16	1,42	0,45	1,44	0,159
7	0,190	0,285	0,430	0,16	1,48	0,60	1,00	0,000
8	0,170	0,192	0,245	0,16	1,18	0,25	1,12	0,052
9	0,179	0,220	0,315	0,16	1,30	0,42	1,16	0,065
10	0,144	0,194	0,265	0,16	1,03	0,45	1,00	0,000
11	0,990	1,220	1,480	1,25	1,18	0,24	0,98	-0,008
12	0,940	1,100	1,260	1,00	1,14	0,21	0,97	-0,010
13	0,200	0,290	0,480	0,25	1,55	0,63	1,14	0,057
14	0,300	0,340	0,430	0,31	1,02	0,27	1,11	0,047
15	0,164	0,270	0,450	0,125	1,52	0,72	0,99	-0,001



Grupo 3°

a) *Descripción de muestras*: Lo forman las arenas procedentes de las dunas de la barra del Mar Menor, tomadas a lo largo de esta.

Su coloración es francamente grisácea (núms. 16 y 18) o parda clara (núms. 20 y 21) y en las demás grisácea-pardusca. En todas ellas hay fragmentos de conchas, y algún canto de cuarcita en las muestras de la duna situada junto a la Encañizada.

Su contenido en carbonatos es menor que el de las muestras procedentes de las playas del interior del Mar Menor.

Cuadro 3

Nº muestra	CO_3Ca %
16	46,4
17	51,4
18	50,6
19	43,4
20	50,2

Nº muestra	CO_3Ca %
21	40,6
22	40,6
23	43,6
24	57,6

b) *Morfoscopía*: Predominan los granos romos subredondeados y redondeados brillantes, en asociación con otros de morfología igual pero de cuarzo lechoso. Son escasos los granos redondeados mate característicos de la erosión eólica.

c) *Granulometría*: En la tabla XII damos la composición en tantos por ciento de sus fracciones arena.

En las tres primeras muestras correspondientes a la duna junto a la Encañizada se acusa un predominio de la fracción 0,50-0,20 mm. mientras que en las situadas a la altura de punta Roja domina la arena muy fina y por último las formadas frente a la isla del Sujeto el porcentaje de arena fina se hace dominante excepto en la núm. 22.

Los valores obtenidos para sus índices de clasificación y cuartiles vienen expresados en la tabla siguiente:

Aunque pertenecientes a tres dunas distintas situadas muy próximas entre sí, los valores obtenidos para la mediana oscilan entre 0,19 y 0,30 mm.

El parámetro central de frecuencia se sitúa en la mayoría de ellas a 0,16 mm. únicamente en las núms. 16, 23 y 24 los modos se corresponden con arena fina, en la primera a 0,25 mm. y en las otras dos a 0,31 mm.

TABLA XII

Nº muestra	> 2 mm %	Arena gruesa 2-1 mm. %	Arena media 1-0,50 mm. %	Arena fina 0,50-0,20mm %	Arena muy fina 0,20-0,02 mm. %
16	--	0,05	1,34	69,16	29,43
17	0,08	0,50	1,57	64,78	33,05
18	0,36	0,43	1,83	59,46	37,90
19	--	--	0,07	32,05	67,86
20	--	--	0,17	40,93	58,88
21	--	0,07	0,14	35,30	64,48
22	--	--	--	40,69	59,30
23	--	0,01	0,61	82,95	16,41
24	--	--	0,23	94,15	5,61

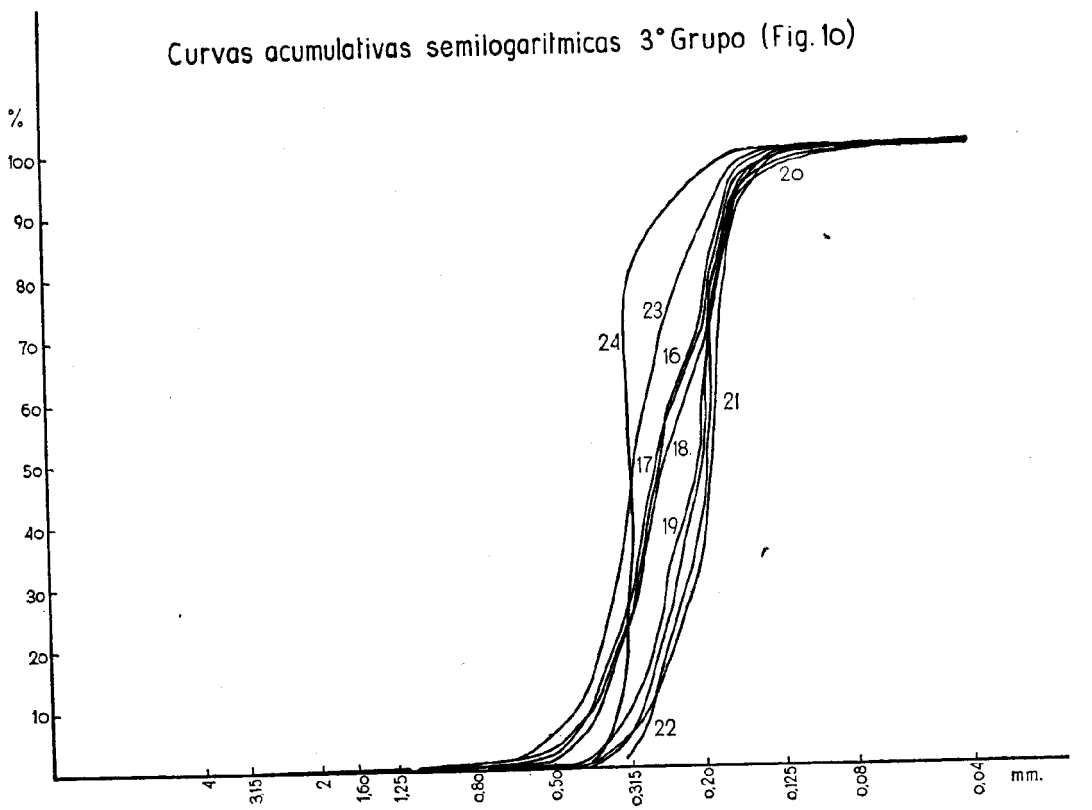
TABLA XIII

Nº muestra	Q_1	Md	Q_3	Mo	So	Qdphi	Sk	$\log_{10}$ Sk
16	0,196	0,255	0,310	0,25	1,23	0,33	0,93	-0,030
17	0,190	0,260	0,320	0,16	1,27	0,37	0,89	-0,047
18	0,168	0,250	0,310	0,16	1,35	0,45	0,83	-0,080
19	0,180	0,200	0,255	0,16	1,18	0,25	1,14	0,059
20	0,184	0,196	0,250	0,16	1,14	0,22	1,19	0,078
21	0,174	0,190	0,225	0,16	1,10	0,17	1,08	0,035
22	0,184	0,190	0,235	0,16	1,10	0,17	1,19	0,078
23	0,235	0,300	0,350	0,31	1,18	0,30	0,91	-0,040
24	0,310	0,305	0,320	0,31	1,01	0,025	1,06	0,026

Los valores obtenidos para los parámetros en los tres grupos de dunas no presentan casi diferencias y dentro de cada uno de ellos estas se hacen mínimas, separándose únicamente la núm. 22 con valores más bajos que las otras dos muestras que forman el grupo frente a la isla del Sujeto.

Los índices de clasificación So bajos comprendidos entre 1,01 y 1,35 y de Qdphi oscilando entre 0,025 y 0,45 se corresponden con arenas muy bien clasificadas y de todas ellas la que presenta una clasificación más selectiva es la núm. 24, con el 94% comprendido entre 0,50 y 0,20 mm.

Todas las muestras tienen una asimetría débil, apreciándose una mejor clasificación de las fracciones más gruesas en las muestras de la duna formada junto a la Encañizada; y en el resto de ellas, por el contrario, son las fracciones finas las mejor calibradas.



Grupo 4.º

a) *Descripción de las muestras*: Se reune aquí el material arenoso procedente de ramblas y playas de la costa meridional murciana.

El color de las arenas que forman este grupo va del pardo claro (núms. 28, 34), pardo (núms. 31, 36, 38), pardo-rojizo (núm. 25), gris parduzco (núms. 27, 32, 39), gris (núms. 33, 40) y por último la playa de Port-Man que por estar invadida por los productos de minas es de color negro, como ya se ha dicho anteriormente.

Se diferencian de las playas del interior del Mar Menor por ser en general de arenas de grano más grueso, en algunas hay bastante gravilla, faltan los restos de conchas en la mayoría y no hay acumulación de las mismas en ninguna playa. Por el contrario se encuentran cantos rodados de cuarcita, y otros aplanados de micacitas y pizarras en casi todas las playas, excepto en las núms. 25, 26, 27 y 36 en las que hay laminillas de mica y en la playa de Cal-Blanque presencia de areniscas cementadas por conchas.

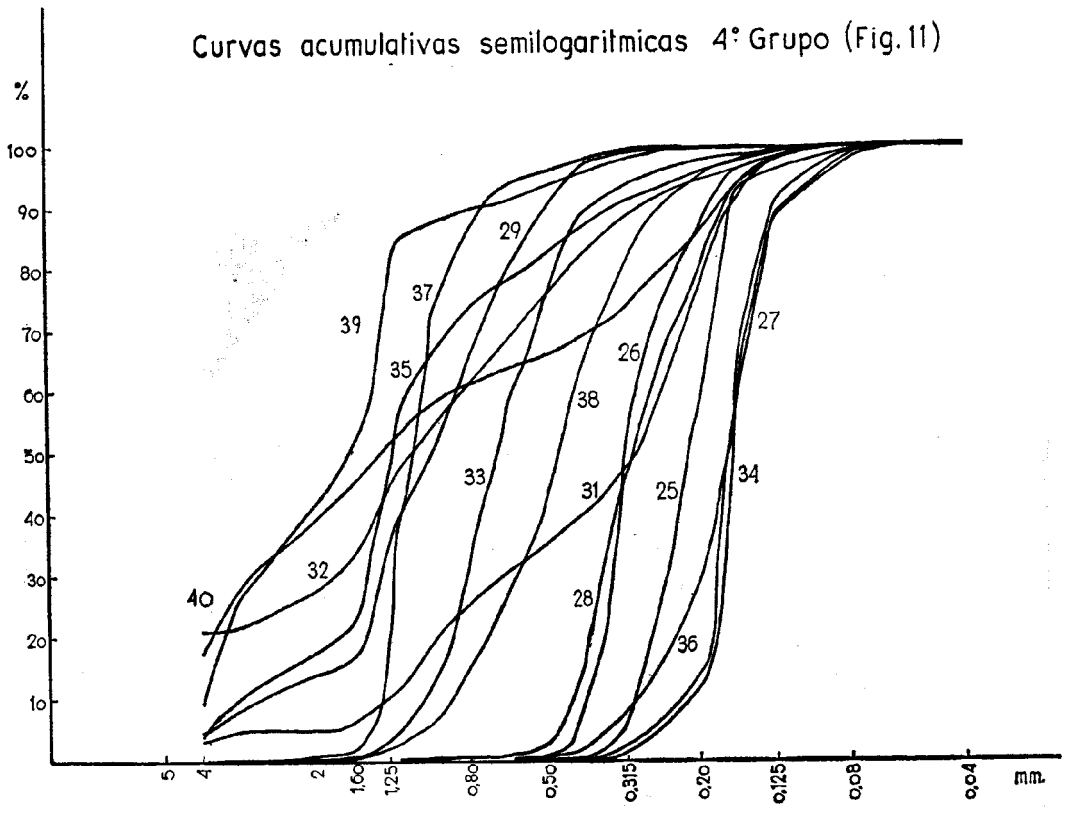
Este grupo es el que da el porcentaje más bajo en carbonatos, de todos los estudiados.

Cuadro 4

Nº muestra	CO_3Ca %	Nº muestra	CO_3Ca %
25	45,2	33	26,0
26	8,6	34	24,2
27	21,8	35	12,6
28	20,0	36	30,0
29	35,0	37	20,0
31	22,0	38	20,2
32	18,0	39	6,6
		40	9,8

b) *Morfoscopía*: Dominan los granos de cuarzo romos subangulares, brillantes o de cuarzo lechoso, identificándose también en menor proporción granos ovoideos brillantes o traslúcidos, excepto en las muestras núms. 25, 34, 36 y 39 en las que los más frecuentes son los ovoideos brillantes o lechosos, en asociación con redondeados brillantes o de cuarzo lechoso y algunos romos subangulares con análoga superficie.

Por último en las playas del Hondón, Covaricas y Aguilas coexisten en igual proporción los granos romos subangulares y ovoideos de cuarzo lechoso principalmente y algunos brillantes.



ç) *Granulometría*: Los resultados de sus fracciones arena vienen dados en la tabla XIV.

En unas playas domina la arena gruesa como en las de Bolnuevo, El Hondón y Cabo Cope; también tienen un porcentaje elevado

TABLA XIV

Nº muestra	>2 mm.%	Arena gruesa 2-1 mm %	Arena media 1-0,50 mm. %	Arena fina 0,50-0,20mm %	Arena muy fina 0,20-0,02 mm. %
25	--	--	0,17	57,40	42,42
26	--	--	0,73	83,56	15,79
27	--	--	0,12	13,87	86,00
28	--	0,31	2,36	74,80	22,52
29	12,09	38,40	38,26	9,94	1,29
31	5,22	13,79	15,58	35,36	30,02
32	24,58	29,93	18,80	19,80	6,87
33	0,51	12,21	59,48	22,59	5,18
34	--	--	0,09	12,68	87,22
35	14,13	51,65	16,00	12,77	5,42
36	--	0,06	0,37	29,57	69,99
37	0,92	70,18	25,36	2,36	1,16
38	0,33	5,56	36,54	51,30	6,25
39	34,24	52,92	4,56	7,68	0,59
40	33,10	24,95	7,39	17,82	16,71

Nº muestra	Q_1	Md	Q_3	Mo	So	Qdphi	Sk	Log_{10} Sk
25	0,174	0,210	0,255	0,16	1,18	0,28	1,00	0,002
26	0,248	0,310	0,340	0,31	1,14	0,24	0,87	-0,059
27	0,140	0,168	0,182	0,16	1,14	0,20	0,90	-0,045
28	0,210	0,295	0,254	0,31	1,27	0,37	0,85	-0,069
29	0,680	1,000	1,400	1,25	1,43	0,52	0,95	-0,022
31	0,200	0,290	0,800	0,16	1,42	1,00	1,90	0,279
32	0,510	1,100	2,400	1,25	2,17	1,12	1,01	0,004
33	0,500	0,670	0,850	0,63	1,30	0,39	0,94	-0,024
34	0,148	0,166	0,176	0,16	1,04	0,13	0,94	-0,024
35	0,750	1,260	1,500	1,25	1,42	0,50	0,70	-0,150
36	0,142	0,168	0,215	0,16	1,23	0,30	1,08	0,034
37	0,950	1,100	1,260	1,00	1,14	0,20	0,98	-0,005
38	0,340	0,465	0,650	0,40	1,38	0,47	1,02	0,009
39	1,300	1,640	3,250	1,25	1,58	0,64	1,57	0,196
40	0,290	1,320	3,400	1,25	3,42	1,77	0,56	-0,248

de fracción gruesa las de Aguilas y la situada frente a la isla Plana, en ambas la gravilla alcanza porcentajes de 33% y 24% respectivamente. La arena>0,50 mm. predomina en la Rambla de las Torres; la arena media alcanza un 59% en la Rambla Cabezo del Mojón; en cambio las playas del Cal-Blanque, Port-Man, San Ginés y las Covaticas son de arena fina, sobrepasando en todas ellas el 50% del total y formadas casi exclusivamente por arena muy fina son las de Punta Azohía y Mazarrón. En cambio en la muestra núm. 31 la fracción<0,50 mm. llega a un 65%, presentando esta muestra lo mismo que los núms. 29, 32 y 40 una distribución irregular.

Los cuartiles e índices de clasificación nos dan los siguientes resultados: Tabla XV.

Los valores obtenidos para las medianas, que nos indican el grosor del material, oscilan entre amplios límites (0,16 a 1,52 mm.). En cambio los modos corresponden a arena muy fina en cinco de las muestras. En las playas de Port-Man, San Ginés y de las Covaticas se sitúan en arena fina y únicamente presentan valores de arena gruesa en ramblas o playas en las que estas desembocan, o en playas donde aquella alcanza porcentajes elevados. Se diferencia la rambla Cabezo del Mojón en la que el modo se encuentra en la fracción arena media. Los resultados de los coeficientes de clasificación: So<2 y < 1 de Qdphi señalan una buena clasificación de estas arenas, los valores más altos los obtenemos en las muestras procedentes de ramblas en las que la selección del material es peor y en las playas con una distribución irregular.

Se separan del conjunto las correspondientes a la playa de Aguilas y la situada frente a la Isla, con coeficientes de clasificación de Trask: 3,42 y 2,17 respectivamente, ambas quedan dentro del grupo de materiales normalmente calibrados.

En general todas ellas tienen asimetría débil y hay una mejor clasificación de los elementos más gruesos de la arena, excepto en las muestras núms. 25, 32 y 38 en las que la asimetría tiene valores iguales a la unidad, o muy próximos a ella, indicando una clasificación análoga de los elementos gruesos y finos de la arena.

Se separan del conjunto las muestras núms. 31 y 39 con asimetría más acusada y una mejor calibración de la fracción fina.

VIII. RESUMEN Y CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En los arenales costeros estudiados predominan en general las arenas finas con valores de mediana comprendidos entre 0,16 y 0,46 mm. salvo en ocho muestras en las que las fracciones gruesas alcanzan valores más altos y la mediana se hace mayor, siendo el valor máximo obtenido de 1,64 mm.

Los valores obtenidos para los parámetros estadísticos y coeficientes de Trask y de Krumbein unido a la débil asimetría que tienen estas muestras señalan su origen marino reflejándose esto en los granos predominantes en las arenas que debido a la acción mecánica del agua aparecen redondeados en mayor o menor grado y con superficie brillante. En aquellas playas en las que desembocan ramblas típicas del levante español, en las que los materiales están mal calibrados por su especial modo de transporte, no han influido de manera apreciable en la clasificación y características de aquellas, ya que los valores de parámetros estadísticos e índices son análogos a los obtenidos por otros autores Cailleux, Duplaix, Sainz Amor (18) y Asensio Amor (4) en playas, confirmándolo la morfoscopía de los granos de cuarzo todos ellos romos, no encontrándose granos angulosos como sería lógico en materiales procedentes de ramblas sometidas a transporte a corta distancia.

En cuanto a las dunas estudiadas es indudable que su origen hay que atribuirlo a la formación costera inicial como fuente de los materiales que las forman, habiendo adquirido su forma característica debido a la acción de los vientos de dirección E-W; como es lógico se han formado "in situ" y se observa que estos materiales no muestran de manera clara la acción del viento, por ser este un proceso lento de adquirir según Cailleux (6), el cual afirma que si dos agentes han actuado sobre un mismo material, en nuestro caso mar y viento, el más antiguo deja sus huellas por mucho tiempo sobre los granos minerales, así en el estudio morfoscópico de estas dunas, nos encontramos

con una mayoría de granos con superficie brillante y muy pocos mates y con superficie picoteada ambas características son para Cailleux signo de erosión eólica, aunque otros autores lo discuten: Strahkov (21) opina que la erosión eólica da granos con superficie brillante y pulida y además las arenas de las dunas deben tener mejor clasificación que las procedentes de playas, mientras que para Cailleux las dunas tienen un calibrado semejante a las playas.

Para Walter (22) el aspecto de los granos indica un cambio intenso de temperatura y no de erosión eólica.

Por los resultados obtenidos en la granulometría y morfoscopía de nuestro trabajo y basándonos en los datos dados por Cailleux, deducimos que las dunas estudiadas están formadas por material de origen marino fundamentalmente.

BIBLIOGRAFIA

1 ALEIXANDRE CAMPOS, T. (1965).—Estudio mineralógico de unos suelos de origen volcánico de la provincia de Murcia. *Anal. de Edaf. y Agrob.* Tomo XXIV; núm. 9-10. Madrid.

2 ALONSO PASCUAL, J. y PEREZ MATEOS, J. (1961).—Los arenales costeros del levante español: consideraciones de conjunto sobre las tres provincias: Valencia, Castellón de la Plana y Alicante. Tomo II. *Reunión de Sedimentología.* Sevilla.

3 AREVALO CARRETERO, P. (1959).—Diferenciación óptica de los feldespatos en sedimentos. *Anal. Edaf. y Fisiol. Veg.* Tomo XVIII; núm. 7-8. Madrid.

4 ASENSIO AMOR, I. (1966).—Sedimentología litoral: Los cordones playeros del Golfo de la Masma (Lugo). *Bol. R. Soc. Esp. H. Nat.* (G) T. 64; núm. 2.

5 BERTHOIS, L. (1942).—Les mineraux lourds dans les sédiments actuels. *Bull. Soc. Sc. Bretagne.* Tomo XVIII, fas. 3-4.

6 CAILLEUX, A. et TRICART, J. (1959).—Initiation à l'étude des sables et des galets. Tomo I y II. *C. D. U.* París.

6 bis DOEGLAS, D. J. (1939-1940).—The importance of heavy mineral analyses for regional sedimentary petrology. *U. S. A. Nat. Research Counc. Rep. Sedimentation.*

7 Inst. Geológico y Minero de Esp. Mapa Geolg. Esp. 1:50.000

Memoria nº.	Hoja nº.		
191	956	San Javier	1952
193	978	Llano	1952
216	976	Mazarrón	1953
192	977	Cartagena	1952

8 HERNANDEZ PACHECO, E. (1932).—Las costas de la Península Hispánica y sus movimientos. Asoc. Esp. Progr. Ciencias. Congreso Lisboa. Tomo V. Madrid.

9 HERNANDEZ PACHECO, E. (1934).—Síntesis fisiográfica y geológica de España. *Trabajos del Museo Nnal. de Ciencias Naturales.* Serie Geol. núm. 38. Madrid.

10 PEREZ MATEOS, J. y ALONSO PASCUAL, J. (1957).—Los arenales costeros del levante español: I Las playas de Valencia. *Anal. Edaf. y Fisiol.* Veg. Tomo XVI, núm. 4. Madrid.

11 PEREZ MATEOS, J. y ALONSO PASCUAL, J. (1959).—Los arenales costeros del levante español: II La costa de Castellón; estudio mineralógico de sus arenales. *Estudios Geológicos del Inst. Lucas Mallada*; Vol. XV, Tomo homenaje al Prof. San Miguel de la Cámara. Madrid.

12 PEREZ MATEOS, J. y ALONSO PASCUAL, J. (1961).—Los arenales costeros del levante español: III La costa de Alicante. Tomo II de la II Reunión de Sedimentología. Madrid.

13 PEREZ MATEOS, J. (1965).—Análisis mineralógico de arenas: métodos de estudio. Manuales de Ciencia Actual. núm. I; 265 pág. Madrid.

14 PORTA, J. (1956).—Bibliografía sobre el Cuaternario marino de las costas mediterráneas de España. *Estudios Geol. Inst. de Invest. Geol. Lucas Mallada.* Tomo XII. núm. 29-32. Madrid.

15 SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M. (1936).—Estudio de las rocas eruptivas de España. *Mem. Ac. C.* T. VI; pág. 660. Madrid.

16 RIVIERE, A. (1961).—Contribution à l'étude geologique des sediments sableux. *Ann. Inst. Oceanog.*, nouvelle serie. T. 17; fas. 4.

17 SAINZ AMOR, E. y AMOROS, J. L. (1962).—Composición mineralógica

de las arenas de la ría de Vigo. *Bol. R. Soc. Nat.* (Geol.) Tomo LX. núm. 2.

18 SAINZ AMOR, E. (1962).—Estudio granulométrico de los arenales de la ría de Vigo. *Bol. R. Soc. Esp. H. Nat.* (G) T. 60.

19 SMITSHON, F. (1950).—The mineralogy of arenaceus deposits. *Science Progress*. núm. 149.

20 SOLE SABARIS, L. (1961).—Oscilaciones del Mediterráneo español durante el Cuaternario. *Public. del C. S. I. C.* Barcelona.

21 STRAKHOV, M. N. (1958).—Méthodes d'étude des roches sédimentaires. (trad. J. Pietresson de Saint Aubin, A. Vatan et autres). *An Serv. Inf. Geol. Bureau de Recherches Geol. Geogr. et Min.* T. II. París.

22 WALTER, H. (1951).—Neue morphologisch-physikalische Erkenntnisse über Flugsand and Dünen. *Rhein-Main. Forschungen.* H. 31. Frankfurt a M.