

Mineralogía de los arenales costeros del litoral catalán: Sant Feliu de Guíxols - Portbou

E. SAINZ-AMOR

Instituto de Ciencias de la Tierra (Jaime Almera) CSIC, Barcelona.

RESUMEN

La proporción de carbonatos es reducida en la costa norte catalana y el aumento de su porcentaje coincide con la existencia de macizos calcáreos en la costa o con los aportes del río Ter.

Entre los minerales ligeros domina el cuarzo, que está más concentrado en la fracción fina. Las plagioclasas se hallan, en mayor proporción que los feldespatos potásicos, en las proximidades de los afloramientos granodioríticos de la costa y al sur de la desembocadura del río Ter, que tiene rocas básicas en su cuenca. Los feldespatos potásicos son más abundantes en la parte norte de la costa donde predominan las rocas ácidas y en el macizo de Begur, en donde afloran rocas graníticas.

Los minerales pesados de la costa estudiada proceden de diferentes fuentes. Los basaltos de Olot suministran el cortejo básico formado por olivino y augita, en el que siempre es más abundante el primero a pesar de su más fácil alteración. Las rocas metamórficas de la cuenca del río Ter y los afloramientos costeros, proporcionan andalucita a veces acompañada de sillimanita y estaurolita y la asociación formada por hornblenda, epidota y apatito puede tener dos orígenes las rocas costeras y los sedimentos del río Muga de la bahía de Rosas. El mineral más frecuente y abundante es la andalucita, excepto en algunas playas con afloramientos graníticos.

En la distribución de los minerales pesados existe en esta costa selección granulométrica, que modifica la relación existente entre los minerales en función de su tamaño.

Palabras clave: Mineralogía. Sedimentología. Minerales pesados. Costa Catalana.

ABSTRACT

Carbonate is commonly present in small quantity and only its percentage is higher, when it can be related to carbonate rocks cropping out in the coast and with the river Ter alluvions.

Quartz is the most abundant mineral in the light fraction and it is concentrated in the smaller size. Plagioclase is dominant over potassic feldspars near granodioritic outcrops and in the south of the river Ter mouth, which has basic rocks in the drainage basin. Potassic feldspars are more frequent in the north of the coast related to the acid rocks of the area; and in the massif of Begur with granitic outcrops.

The heavy minerals of north Catalonia coastal sand have different sources: the volcanic rocks from Olot, the metamorphic and granitic rocks from the Pyrenees and Coastal Ranges.

From Olot basaltic rocks come the basic association olivine and augite. The proportion of olivine is substantially higher than the augite in spite of the higher alterability of the former one. The metamorphic association with andalusite, and sometimes sillimanite and staurolite come from the river Ter basin in the Pyrenees and the coastal rocks and the association formed by hornblende, epidote and apatite can have two origins the coastal rocks, and the sediments of the river Muga from the gulf of Rosas.

Andalusite is the most frequent mineral except in the samples from beaches with granitic outcrops.

In the North Catalan coast there is an important granulometric selection in the distribution of heavy minerals which modify the relationship among them.

Key words: Mineralogy. Sedimentology. Heavy minerals. Catalan coast.

INTRODUCCIÓN

La región estudiada está comprendida entre Sant Feliu de Guíxols en la Cordillera Costero Catalana y Portbou próximo a la frontera con Francia (Fig. 1). En ella pueden distinguirse zonas abruptas y acantiladas como las formadas por los granitos y granodioritas de la cordillera costera en donde se encuentran las playas de Sant Feliu y Sant Pol (Martínez *et al.* in IGME, 1983a); el macizo de Begur, constituido por calizas, calcoesquistos y filitas parcialmente metamorfizadas, corneanas, granitos y granodioritas (Martínez *et al.* in IGME, 1983b); y el macizo metamórfico del cabo de Creus formado por cuarcitas, rocas sedimentarias, esquistos y otras rocas metamórficas (IGME, 1971). Las zonas con amplias playas corresponden al aluvial de playa de Aro, a la bahía de Palamós, al cuaternario del delta del Ter y al golfo de Rosas ya estudiado (Sainz-Amor, 1988) y del que no trataremos en el presente trabajo.

De los ríos de la zona sólo el Ter tiene importancia en el aporte de materiales, e influye en la composición de los arenales costeros de todo el litoral. El aporte de sedimentos de los restantes cursos de agua tiene sólo influencia local.

MINERALOGÍA

Carbonatos

Desde Sant Feliu de Guíxols hasta Llafranc se encuentra la proporción más baja de carbonatos 2.9 a 4.4% que corresponde a los afloramientos de granitos y granodioritas costeros. En el macizo de Begur, Aiguablava rodeada de granitos, tiene 8.8%; y Aiguafreda y Sa Tuna, entre calizas, 15 y 16%. En la franja Pals-L'Estartit, la proporción de carbonatos oscila entre 5 y 11%, siendo más abundantes en la zona de L'Estartit. Proceden estos carbonatos, en su mayoría de origen inorgánico, del macizo del Montgrí y de los aluviones del río Ter en cuya cuenca se hallan materiales calcáreos. En las playas de la zona del cabo de Creus, constituídas por materiales metamórficos, los carbonatos varían entre el 4 y el 9%, la proporción más elevada coincide con la existencia de pequeños afloramientos calcáreos próximos.

Cuarzo y feldespatos

En la diferenciación de los minerales ligeros se ha utilizado, una vez eliminados los carbonatos, el mé-

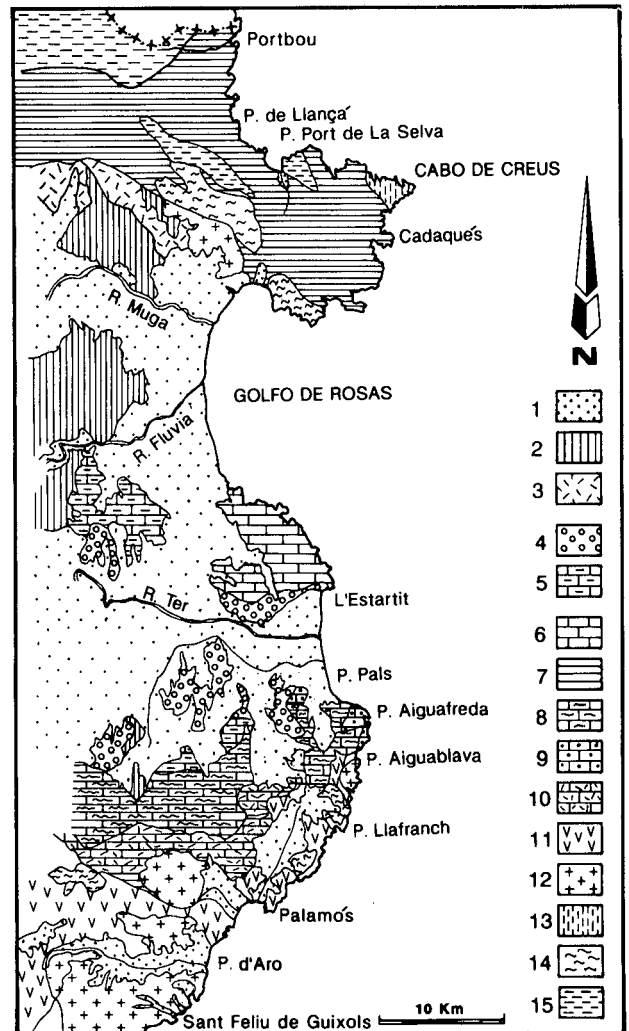


Figura 1.- Esquema geológico de la zona estudiada.

Figure 1.- Geological sketch of the studied area.

todo del cobaltinitrito sódico (Cailleux y Tricart, 1965).

El cuarzo es el mineral dominante (Fig. 2). Su proporción oscila desde el 57 al 84% y es abundante

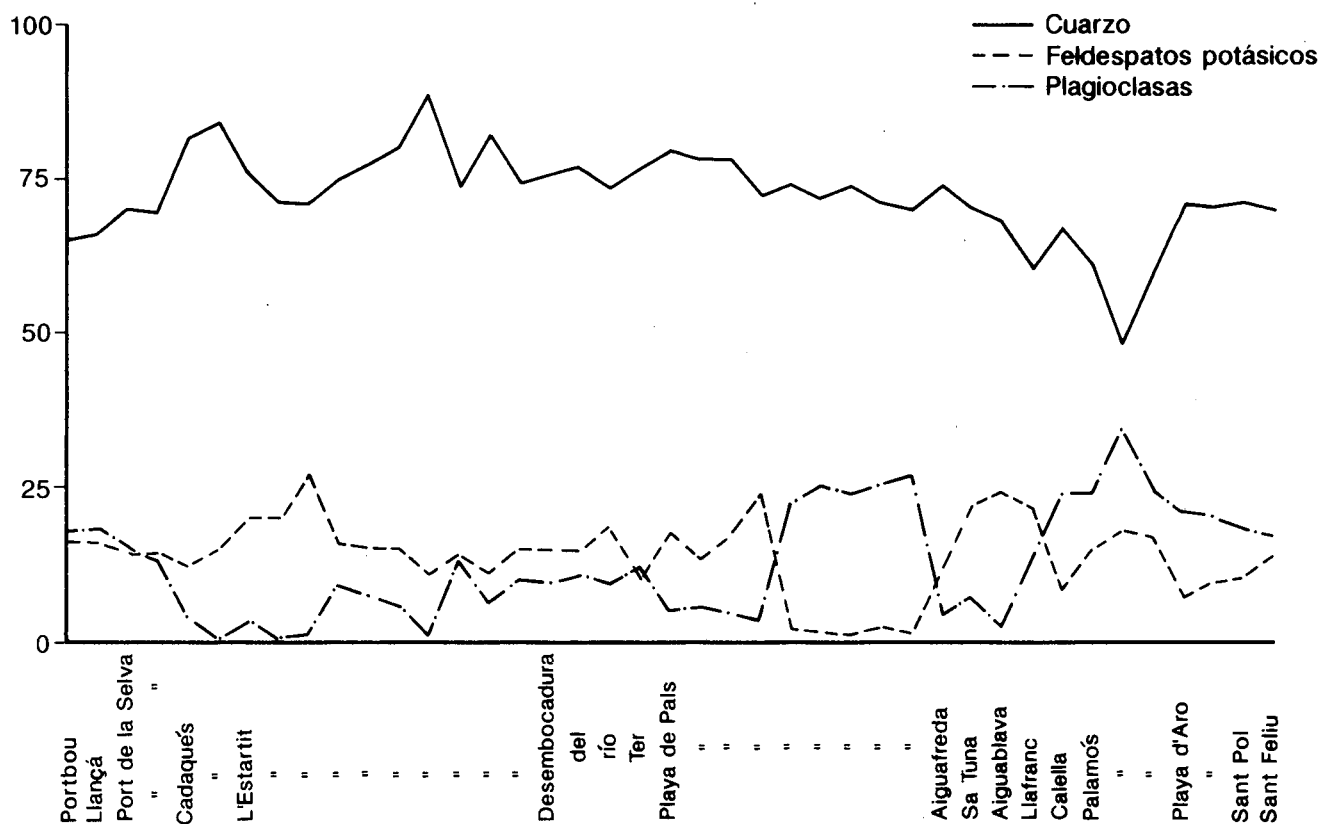


Figura 2.- Distribución de los porcentajes de cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas.

Figure 2.- Distribution of quartz, potassic feldspars and plagioclases.

tanto en las fracciones gruesas como en las más finas, aunque se halla especialmente concentrado en las fracciones de menor tamaño.

La proporción de plagioclasas varía entre el 1 y el 34%. Las proporciones más elevadas se encuentran en las playas de Sant Pol, Llafranc y Calella y al sur de la desembocadura del río Ter. En el primer caso su proporción está de acuerdo con las rocas que constituyen la franja costera que son principalmente grano-

dioritas y en el segundo caso con el área fuente del río Ter, en cuya cuenca se encuentran rocas básicas de tipo basáltico.

La proporción de feldespatos potásicos oscila entre el 2 y el 27%. Dominan sobre las plagioclasas desde Portbou hasta la desembocadura del río Ter en donde no hay afloramientos importantes de rocas básicas y en las playas del macizo de Begur en donde existen afloramientos de rocas graníticas.

En Sant Feliu de Guíxols, a pesar de encontrarse entre macizos graníticos, la proporción de plagioclasas es ligeramente superior a la de los feldespatos potásicos 17 a 13%. Lo que puede ser debido a las corrientes costeras que arrastran materiales desde los afloramientos de granodioritas próximos.

MINERALES PESADOS

Sant Feliu de Guíxols - Palamós

En la zona de Sant Feliu de Guíxols formada por rocas ígneas ácidas pertenecientes a la Cordillera Costero Catalana, las playas están formadas por arena gruesa procedente de la erosión de estos macizos, que proporcionan un cortejo de minerales micáceos que no han sido cuantificados. Los minerales hallados son hornblenda, epidota, apatito y como minerales comunes circón y turmalina (Fig. 3). De forma esporádica se encuentra olivino, augita y andalucita arrastrados por las corrientes marinas (Tabla I).

En el aluvial que forma la playa de Aro, bordeado al norte y al sur por granitos y granodioritas, no ha sido posible separar minerales pesados dado el gran tamaño de la arena en la que sólo son visibles laminillas de mica.

La bahía de Palamós, ampliamente abierta hacia el sur, tiene al norte granodioritas y esquistos y al sur granodioritas y llegan a ella de norte a sur las rieras de Aubí y de Calonge que discurren por terrenos metamórficos y granodioríticos (IGME, 1984) y Marcet y Solé Sabarís (in IGME, 1942).

El material que constituye esta playa procede de los afloramientos costeros y de los materiales arrastrados por las rieras que llegan a ella. Los primeros proporcionan hornblenda de pequeño tamaño fácilmente eliminable, epidota, apatito y granate y como minerales comunes circón y turmalina. Las rieras aportan además de estos minerales andalucita e indicios de sillimanita y estauroлита. El que la arena sea de grano relativamente grueso favorece que los agentes dinámicos realicen una selección dimensional, lo que origina un aumento de la proporción de andalucita, casi siempre con inclusiones carbonosas, que unas veces se presenta alterada y otras fresca y bien conservada, en detrimento de la hornblenda que al ser de menor tamaño es eliminada fácilmente.

La presencia de hornblenda, en proporción relativamente elevada en las playas de Sant Feliu de Guíxols y Sant Pol, se debe a que no están cuantificados los minerales micáceos, que son mayoritarios en la fracción pesada de estas muestras. Doboul-Razavel y Monaco (1966) encontraron hornblenda en proporciones varia-

bles en las playas de esta costa; y entre Blanes y Tossa, la proporción de hornblenda varía en las diferentes muestras, desde estar ausente en algunas hasta casi un 20% en otras, estando cuantificadas las micas (Sainz-Amor, 1971).

Dado que la hornblenda es escasa en las rocas costeras (Martínez *et al.* in IGME 1983a) e (IGME, 1984), su concentración en algunos puntos puede ser debida a las condiciones dinámicas de este litoral y a las del propio mineral, debido a su forma hojosa y a su densidad, una de las más ligeras entre los minerales pesados, lo que le proporciona unas condiciones hidráulicas que se reflejan en su flotabilidad y transporte.

El borde marítimo del macizo de Begur

En el macizo de Begur afloran materiales paleozoicos, filitas, calizas, calcoesquistos, corneanas, granitos y granodioritas (Martínez *et al.* in IGME, 1983b). Sus playas son profundas y pequeñas, con arenas de grano relativamente grueso en las que se encuentran tres asociaciones minerales: la metamórfica con andalucita y muy poca sillimanita y la efusivo básica con olivino y augita; en algunas playas se encuentra la asociación formada por hornblenda, epidota y apatito. El mineral más abundante en todas las muestras es la andalucita, que en Aiguablava entre terrenos graníticos llega a alcanzar el 24% de la fracción pesada. Estas elevadas proporciones de andalucita se deben a la selección granulométrica que afecta a este mineral debido a su tamaño relativamente grande. Las asociaciones metamórfica y granítica las suministra el desmantelamiento del macizo de Begur y la volcánica es arrastrada por las corrientes desde el próximo delta del río Ter.

El delta del río Ter

El delta del río Ter y las playas de Pals y de L'Estartit forman una amplia franja arenosa que en el interior presenta campos de dunas hoy cubiertos por vegetación (Martínez *et al.* in IGME, 1983c y d). La arena de la playa de L'Estartit es bastante fina y la playa de Pals está formada por arena gruesa con una pequeña proporción de arena fina. Existe en estas arenas, como en las del macizo de Begur, una mezcla de minerales que indica el complejo origen de los sedimentos (Duboul-Razavel y Monaco, 1966).

En esta costa es perceptible una importante selección dimensional que origina perturbaciones en la frecuencia de ciertos minerales. Las variaciones de frecuencia de la hornblenda y en menor grado de la epidota, ilustran sobre la selección granulométrica existente. Como en el caso del macizo de Begur se presenta este mineral en granos pequeños lo que pro-

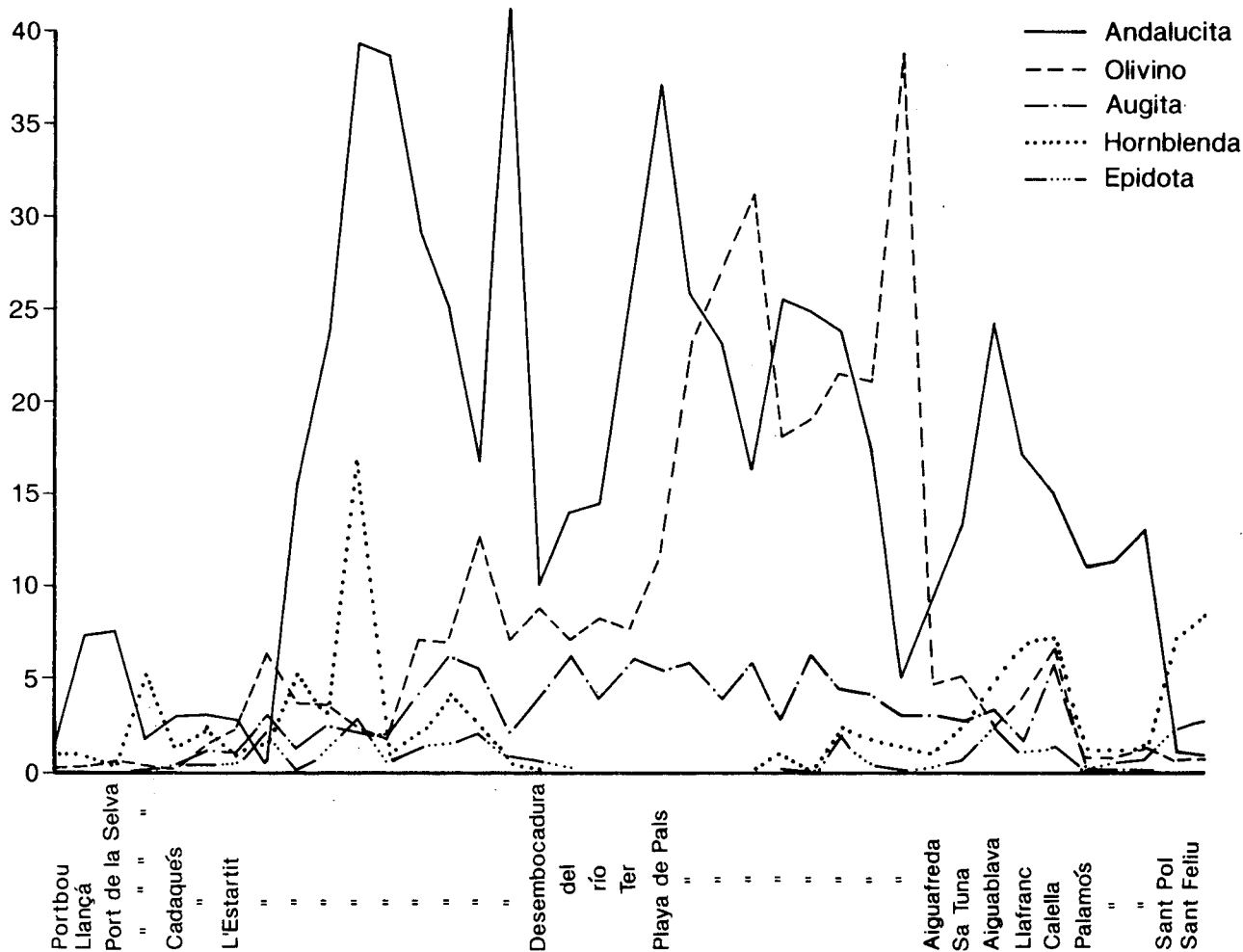


Figura 3.- Porcentajes relativos de los principales minerales pesados.

Figure 3.- Relative percentages of the main heavy minerals.

duce su rápida desaparición, motivo por el que no es frecuente en las arenas de la playa de Pals formadas esencialmente por materiales más gruesos.

El río Ter divide la franja arenosa Pals-L'Estartit en dos partes mineralógicamente diferenciadas: Pals-desembocadura del Ter y desembocadura del Ter-L'Estartit.

Desde Pals a la desembocadura del río Ter se encuentran dos asociaciones, la formada por olivino - augita, en la que es más frecuente el primero a pesar de que se altera más fácilmente, y la metamórfica con andalucita, casi en la misma proporción que el olivino, muy poca sillimanita y estauroлита que alcanza en la muestra nº 24 cierta concentración. Se encuentra además

algo de hornblenda y epidota. Del norte de la desembocadura del río Ter hasta L'Estartit, domina la andalucita con estauroлита que en alguna muestra está concentrada y poca sillimanita, seguidas por el cortejo efusivo básico con olivino y augita en el que es también más abundante el primero. Existe en esta zona debido al pequeño tamaño de la arena una tercera asociación formada por hornblenda, epidota y apatito y como minerales comunes circón y turmalina, esta asociación podría proceder de los aportes del río Muga en la bahía de Rosas de donde pueden haber sido arrastrados por las corrientes costeras.

El que en algunas muestras se haya encontrado estauroлита en proporción relativamente elevada, siendo este un mineral poco frecuente en las rocas meta-

Tabla I.- Composición mineralógica de la fracción pesada.

Table I.- Mineralogical composition of heavy minerals.

	Opacos + Alterados	Anatasa	Apatito	Casiterita	Circón	Granate	Rutilo	Titanita	Turmalina	Anfíboles (hornblenda)	Epidota Zoisita	Andalucita	Distena	Estaurolita	Sillimanita	Olivino	Piroxenos (Augita)	Otros
1 Portbou	79,37				6,01	0,33		4,39	1,68	1,01	4,72		0,33	0,67	0,33	0,67	0,33	
2 Llansá	77,85				7,76			0,34	2,76	1,72	1,03	7,76		0,34				
3 Port de la Selva	83,24		0,59		4,79				0,59	0,59	0,59	7,78			0,59	0,59		0,59
4 " "	83,81	0,57			3,46				0,57	5,20	0,57	5,77						
5 Cadaqués	91,73				1,66				1,66	0,82	3,30						0,82	
6 " "	81,92				5,49				0,54	2,73	7,66					1,09	0,54	
7 L'Estartit (Norte)	91,27								1,16	0,58	2,90	0,58				2,32	1,16	
8 " "	75,11		1,35		1,35	2,26		0,45	0,90	1,80	2,26	3,61			0,45	6,33	3,16	0,90
9 " "	68,07		0,36	0,36	3,24			0,36	0,72	5,51	0,36	15,07			0,73	3,66	1,47	
10 " "	59,99		0,60			2,24			0,60	3,03	1,21	24,24		1,21	0,60	3,63	2,42	
11 " "	28,20		1,16		3,48	1,16			0,58	17,60	2,50	39,41				2,35	2,35	1,16
12 " "	46,49				3,78	0,54			0,54	1,62	0,54	38,26		3,78	0,54	1,62	2,16	
13 " "	53,40		0,39		0,39	0,79		0,39	0,39	1,97	1,18	28,24	0,39	0,72		7,11	3,56	0,78
14 " "	50,23	0,36	1,08		1,08	0,72			0,36	3,36	1,47	25,09		2,88	0,36	7,04	5,90	
15 " "	51,29	0,39			6,24	1,19		0,79		2,27	1,98	17,06				12,69	5,55	
16 " "	36,92				0,88	0,44	0,44		0,44	0,44	40,32			9,33		7,10	3,08	0,44
17 Desemb. Ter	69,42				4,65	1,99				0,66	10,66				0,66	7,26	4,66	
18 " "	56,11				5,58	4,34				0,62	0,31	13,99		4,34	0,62	7,49	5,68	0,62
19 " "	63,21		0,43		5,16	4,30						14,42				8,17	4,30	
20 " "	39,59				5,56	2,23						37,13			0,37	7,77	6,31	0,37
21 Playa de Pala	42,06				3,34	1,11						36,31				11,87	5,02	
22 " "	38,93		0,42		2,52	0,84						27,13				23,39	6,17	0,42
23 " "	36,81		1,02		2,04	4,10						23,65				27,76	4,10	
24 " "	35,37			0,25	1,25		0,25		0,50			16,53		7,50	0,50	31,55	5,85	0,25
25 " "	47,63			0,43	0,86	0,43			0,86	1,31		25,87				18,86	3,50	
26 " "	51,49				0,37	1,11						22,57		0,37		17,02	6,66	0,37
27 " "	40,31		0,53				0,53	1,07		2,68	2,15	23,65			1,07	22,04	5,91	
28 " "	48,41				1,48	2,23			0,74	1,87	0,37	17,97			0,37	21,34	4,87	
29 " "	44,17		0,68		1,36	2,72			0,68	1,36		5,04				39,29	3,36	0,68
30 Aiguafreda	76,10		0,88	0,88		0,88			1,76			9,29	0,44	0,44	0,88	4,86	3,53	
31 Sa Tuna	69,28	0,99	0,99		1,98	0,99		0,99	1,98			13,86			0,99	4,95	2,99	
32 Aiguablava	54,40		0,45		0,45	3,18			0,45	5,00	2,72	24,09	1,36		1,36	2,27	3,63	0,45
33 Llafranc	63,52				0,61	3,69			1,23	6,15	1,23	17,22				4,92	1,23	
34 Calella	56,41	0,42	0,85		2,99	1,27			0,42	6,83	1,70	15,38			1,28	6,45	5,98	
35 Palamós(r. Aubí)	70,58		0,59	0,59	1,79	8,55			0,59	1,19	0,59	11,21		0,59	0,59	1,19	0,59	1,19
36 " "	78,00		1,50		1,00	3,50	0,50		1,00	1,00	0,50	11,50				1,00	0,50	
37 " "	68,25		0,75		0,75	11,25				1,50	0,75	13,50			0,75	0,75	0,75	0,75
40 Sant Pol	54,10		1,02		4,08	4,59			0,51	22,44	6,12	3,57	1,02			2,04	0,51	
41 Sant Feliu	55,89		1,40		0,35	3,85		0,70	1,05	25,20	8,40	2,10				0,70	0,35	

mórficas de los Pirineos y de las cadenas Costero Catalanas, puede ser debido a concentraciones efectuadas por las acciones hidrodinámicas marinas que podrían determinar una fuerte selección de las especies minerales en función de su forma, tamaño y densidad, Duboul-Razavet y Monaco (1966) lo citan en el macizo de Begur, en proporción bastante alta y en la desembocadura del río Ter.

La costa de Cadaqués-Portbou

En la zona metamórfica de Cadaqués y norte del cabo de Creus, los materiales que forman las playas son de calibre muy variado, encontrándose cantos, gravas y arenas. Son estas muestras pobres en minerales pesados y dentro de éstos casi todos son opacos.

La asociación dominante entre los minerales transparentes es la metamórfica formada por andalucita y granate casi exclusivamente. El origen de estos minerales es la destrucción de los afloramientos metamórficos de la zona.

CONCLUSIONES

1.- La proporción de carbonatos, principalmente inorgánicos no es elevada, sólo al sur del macizo del Montgrí y en algunas playas del macizo de Begur situadas entre calizas tiene valores que alcanzan el 16%.

2.- Las plagioclasas dominan al sur de la desembocadura del río Ter y en las playas de Sant Pol, de Aro, Palamós, Llafranc y Calella, llegando a alcanzar en algunos casos el 34% de la fracción ligera, lo que indica la existencia de rocas básicas (basaltos de la cuenca de Olot) como fuente de la constitución de estos sedimentos, además de las granodioritas costeras. Desde Portbou hasta la desembocadura del río Ter son dominantes los feldespatos potásicos y su proporción llega a alcanzar el 27%. Su presencia coincide con la existencia de rocas ácidas ígneas y de rocas metamórficas en la franja costera.

3.- Tres asociaciones de minerales pesados se encuentran en esta costa, la metamórfica formada basicamente por andalucita, con algo de sillimanita y estauroilita a veces concentrada; la volcánica con olivino y augita y la formada por hornblenda, epidota y apatito. Como minerales comunes se encuentran circón, granate y turmalina. Excepto en la zona de Sant Feliu de Guíxols la andalucita está presente y es dominante en todas las muestras. Su origen está en la destrucción de los macizos metamórficos que abundan en la zona y en la cuenca pirenaica del río Ter.

4.- El cortejo olivino - augita, procede de la cuenca del río Ter y se encuentra, al haber sido arrastrada por las corrientes costeras, desde L'Estartit hasta pasado el macizo de Begur.

5.- La asociación hornblenda, epidota y apatito procede en las playas situadas hacia el sur, de los afloramientos graníticos costeros, y en la playa de L'Estartit podrían tener su origen en los aluviones del río Muga de la bahía de Rosas, que han rebasado el macizo del Montgrí arrastrados por las corrientes.

6.- La grano selección existente en numerosos puntos del litoral hace que sea dominante la andalucita en detrimento de la hornblenda y otros minerales, debido

a la selección granulométrica que afecta a este mineral a causa de su tamaño relativamente grande.

BIBLIOGRAFÍA

- CAILLEUX, A. et TRICART, J., 1965: *Initiation à l'étude des sables et des galets*, T. I., 366 p, 71 figs., 54 tables; T. II, 194 p; T. III, 202 p. Centre de documentation Universitaire. Paris.
- DUBOUL-RAZAVET, C. et MONACO, A., 1966: Étude minéralogique des sables du littoral catalan espagnol. *Vie et Milieu*, XVII: 217-241.
- MARCET, J. y SOLÉ SABARÍS, L., IGME, 1942: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 1ª Serie, 334, Gerona. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 140 p, 1 mapa pleg.
- MARTÍNEZ, F., F. *et al.*, IGME, 1983a: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie, 366, Sant Feliu de Guíxols. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 28 p, 1 mapa pleg.
- MARTÍNEZ, F. *et al.*, IGME, 1983b: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie, 335, Palafrugell. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 22 p, 1 mapa pleg.
- MARTÍNEZ, F. *et al.*, IGME, 1983c: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie, 296, Torroella de Montgrí. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 44 p, 1 mapa pleg.
- MARTÍNEZ, F. *et al.*, IGME, 1983d: Mapa Geológico de España, E. 1:50.000, 2ª Serie, 297, L'Estartit. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 22 p, 1 mapa pleg.
- IGME, 1971: Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, 25, Figueras. Serv. Publ. Ministerio de Industria, 29 p, 1 mapa pleg.
- IGME, 1984: Mapa Geológico de España, E. 1:200.000, 35, Barcelona, Serv. Publ. Ministerio de Industria, 31 p. 1 mapa pleg.
- SAINZ-AMOR, E., 1971: Los arenales costeros del litoral catalán, tramo V: Blanes-Tossa. *Est. Geol.*, vol. XXVII, 313-318.
- SAINZ-AMOR, E., 1988: Los arenales costeros del litoral catalán (La bahía de Rosas). *Acta Geol. Hispánica*, 23 (1): 55-60.

Recibido, julio 1989