

OSCIL·LACIONS DEL NIVELL DEL MAR I SEDIMENTS ASSOCIATS DURANT L'HOLOCÈ A LA COSTA BRAVA MERIDIONAL (GIRONA)

C. Roqué i Pau i L. Pallí i Buxó

Unitat de Geologia. Dept. de Ciències Ambientals, Universitat de Girona. Pl. Hospital, 6. 17071. Girona

RESUM

S'estudia un conjunt de dipòsits marins localitzats a la Costa Brava meridional, els quals apareixen esglaonats a diferent altura per sobre i per sota del nivell del mar actual. Per la seva gènesi s'han agrupat en tres conjunts: nivells de conglomerats de base de penya-segats, platges emergides sense cimentar i platges submergides cimentades. L'edat de les platges submergides s'ha pogut establir amb precisió a partir del seu contingut ceràmic i de datacions radiocarbòniques. L'ordenació temporal de tots aquests dipòsits, junt amb l'establiment de les seves característiques estratigràfiques i paleontològiques, han permès confeccionar una seqüència de les oscil·lacions del nivell del mar en aquesta zona en els darrers estadis de la transgressió versiliana.

RESUMEN

Se estudia un conjunto de depósitos marinos localizados en la Costa Brava meridional, los cuales aparecen escalonados a diferente altura por encima y por debajo del nivel del mar actual. Por su génesis se han agrupado en tres conjuntos: niveles de conglomerados de base de acantilado, playas emergidas sin cementar y playas sumergidas cementadas. La edad de las playas sumergidas ha podido establecerse con precisión a partir de su contenido cerámico y de dataciones radiocarbónicas. La ordenación temporal de todos estos depósitos, junto con el establecimiento de sus características estratigráficas y paleontológicas, han permitido confeccionar una secuencia de las oscilaciones del nivel del mar en esta zona en los últimos estadios de la transgresión versiliana.

ABSTRACT

Several marine deposits in the southern Costa Brava shoreline have been studied. They appear at different heights above and below the present sea level. Three groups are defined in relation to their origin: conglomerate levels at the bottom of the cliffs, not-cemented emerged beaches and cemented submerged beaches. The age of the emerged beaches has been accurately determined by means of the ceramic content and radiocarbon dating. Chronological succession of the deposits and their stratigraphic and paleontological characteristics allow to define a sequence of the sea level changes during the latest stages of the versiliane transgression in the studied area.

Keywords: Costa Brava, Holocene, sea level changes.

INTRODUCCIÓ

Al llarg del quaternari la costa mediterrània ha experimentat diverses variacions del nivell del mar com a conseqüència de les successives etapes glacials i interglacials. Cadascuna d'aquestes fases presenta, a la vegada, un conjunt de petites oscil·lacions climàtiques, anomenades subetapes, que generen uns altres canvis en el nivell del mar, però de menor entitat. Amb més detall, es poden diferenciar, per a cada subetapa, unes pulsacions d'ordre més petit.

Les dades de què es disposa avui dia, basades en diferents treballs (Labeyre et al., 1976; Pallí, 1976; Aloisi et al., 1978; L'Homer et al., 1981; Riba, 1981; Dubar, 1987; Zazo et al., 1994a i b), assenyalen que des del plistocè superior fins a l'actualitat s'han assolit quatre nivells màxims, comptant-hi l'actual, durant els quals el mar ha pujat fins a cotes properes a la que té avui dia. Aquestes pujades del nivell del mar, o transgressions, anomenades, de més antiga a més recent, eutirreniana, neotirreniana, neortotirreniana i versiliana (o fiandriana), es relacionen amb les subetapes de clima càlid integrades en el context de la darrera fase de glaciació (Würm). Entre elles estan limitades per fases de nivell baix, o regressions, que coincideixen amb les subetapes de fred intens. L'últim d'aquests subestadis freds, esdevingut fa uns 20.000 anys, va fer baixar el nivell del mar fins a uns 100 m per sota de la seva cota actual. A partir d'aquest moment es va iniciar la transgressió versiliana (i l'estatge holocè), durant la qual el nivell del mar va anar pujant, seguint un conjunt de petites oscil·lacions, esdevingudes com a conseqüència de pulsacions d'ordre menor, fins a situar-se a la cota d'avui.

L'estudi d'un conjunt de dipòsits sedimentaris marins, localitzats en diferents indrets de la Costa Brava meridional, ha aportat un seguit de dades concretes que permeten determinar, fins a cert punt, la seqüència d'oscil·lacions de nivell del mar en els darrers mil·lennis en aquest sector. En general es tracta de dipòsits aïllats, totalment desconnectats els uns dels altres, per la qual cosa es fa difícil establir-ne les relacions espacials i temporals. De fet, la Costa Brava meridional es caracteritza per la presència d'imponents penya-segats, retallats per in comptables caps i cales, essent una costa alta típica, en què hi ha un manifest domini dels processos d'erosió litoral enfront dels de sedimentació. No és estrany, doncs, que els dipòsits sedimentaris marins antics hi siguin escassos i inconnexos, ja que també ho són els actuals.

CARACTERÍSTIQUES DELS DIPÒSITS

Els sediments litorals antics que han estat estudiats es localitzen als massissos de Begur, de les Gavarres i d'Ardenya (Barbaza, 1970; Pallí, 1978 i 1985; Pallí i Roqué, 1990 i 1992; Roqué, 1993; Roqué i Pallí, 1991, 1994, 1995 i 1996) (fig.1). Atenent la seva gènesi i composició, se subdivideixen en tres conjunts: nivells de conglomerats aplegats al peu de penya-segats, platges emergides sense cimentar i platges submergides cimentades. L'extensió d'aquests dipòsits és d'ordre mètric a decamètric, i el seu gruix rares vegades sobrepasa els 2 m. Se situen uns quants metres per sobre i per sota del nivell del mar actual.

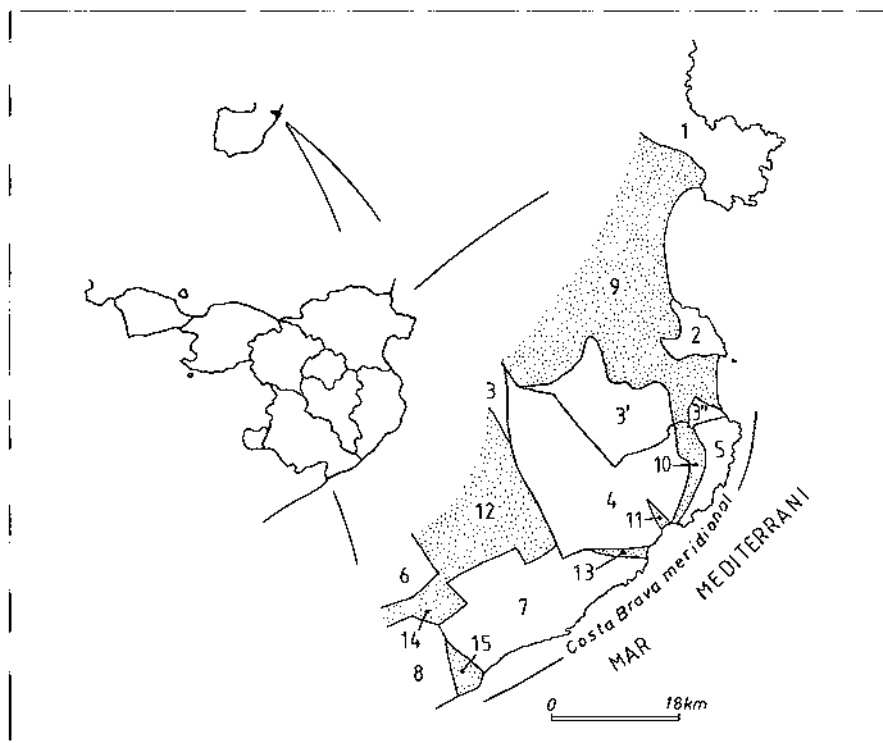


Figura 1. Situació geogràfica. Llegenda. Massissos enlairats: 1. Pirineu axial. 2. massís del Montgrí. 3. blocs de Camós i de Sant Daniel. 3'. Pregavarres. 3''. muntanyes de Puls. 4. massís de les Gavarres. 5. massís de Begur. 6. massís de les Guillerries. 7. serra de la Selva Marítima. 8. serra del Montnegre. Depressions: 9. plana de l'Empordà. 10. corredor de Palafrugell. 11. vall de Calonge. 12. depressió de la Selva. 13. vall d'Aro. 14. serra de Clarà. 15. vall de la Tordera.

Conglomerats de peu de penya-segat

Es tracta de nivells constituïts per blocs i graves ben cimentades. Es disposen en forma de cordons paral·lels a la línia de costa que ressegueixen, de manera discontinua, el peu de penya-segats de gran salt, com els del sector de cap de Begur a platja Fonda (Begur) o els de cala Vigatà (Sant Feliu de Guíxols) a Vallpresona (Santa Cristina d'Aro). La seva extensió lateral és decamètrica, mentre que l'amplada i el gruix són d'ordre mètric. En general se situen entre +1 i -1,5 m snma (sobre el nivell del mar actual).

El seu origen és degut a l'acumulació al peu dels penya-segats de gran quantitat de fragments de roques, que cauen per inestabilitats gravitatòries. Lògicament, la composició dels clastos és la mateixa que la de les roques aflorants al penya-segat. Una part dels blocs, aquells que han estat retreballats per les ones, adquireix un elevat grau d'arrodoniment. Altres, els que ocupen una posició més enlairada, romanen encara amb l'angulositat original.

L'altura a la què es troben aquests dipòsits avui dia i la fauna que apareix adherida als clastos testimonien que el nivell del mar en el moment de la seva sedimentació se situava en una cota molt propera a l'actual. També, la cimentació dels conglomerats va haver de fer-se sota unes condicions de baixa energia, en un lapse de temps durant el qual les ones no haurien incidit sobre els clastos. Aquestes condicions es podrien haver assolit després d'una pujada relativa del nivell del mar.

Si bé la seva edat és incerta, l'escassa distància a què es troben aquests dipòsits de la base dels penya-segats i el fet de situar-se just per sota dels blocs que actualment s'acumulen a la seva base, fan suposar que són dipòsits holocens (Roqué i Pallí, 1995 i 1996).

Platges emergides

Es tracta de dipòsits de sorres i graves sense cimentar situats a +2 m snma, els quals apareixen a l'interior d'algunes cales, on constitueixen una terrassa de superfície plana que limita mitjançant un petit escarpament amb les platges actuals. Han estat localitzades, entre altres indrets, a les platges d'en Piferré i de ses Torretes (Calonge), i a les de Santa Cristina i de Canyelles (Lloret de Mar).

Per les seves característiques han estat interpretades com a dipòsits d'antigues platges que es van formar amb el nivell del mar situat uns 2 m per sobre de l'actual. Si bé no hi ha dades concretes sobre la seva edat, han estat relacionades amb les darreres pulsacions de la transgressió versiliana (Roqué i Pallí, 1994, 1995 i 1996).

Platges submergides

Es tracta de dipòsits de sorres i graves cimentades que constitueixen plataformes paral·leles a la línia de costa, disposades amb una lleugera inclinació cap a mar obert. La seva extensió lateral és decamètrica i l'amplada mètrica. El seu gruix no supera els 2 m. En general se situen entre +0,5 i -2 m snma, si bé en alguns casos arriben fins a -5 m. Han estat localitzades a platja Fonda (Begur); Tamariu, Llafranc i punta dels Burricaires (Palafugell); cap de Planes (Palamós); platja des Monestri, cala de la Roca del Paller, cap Roig i platja de la Belladona (Calonge); cala del Pi (Platja d'Aro); Sant Pol (Sant Feliu de Guíxols); cala Futadera, cala Giverola i mar Menuda (Tossa de Mar). No se'n coneix cap més fins passat el delta del Tordera, fora de la zona estudiada.

Aquestes plataformes submergides corresponen a antigues platges cimentades; ho demostra el grau d'arrodoniment dels clastos i la seva composició a base de grava i sorra gruixuda. L'estratificació encreuada planar que s'hi observa, invariablement inclinada cap a mar obert, coincideix també amb aquesta interpretació. En aquest mateix sentit, la textura i composició dels dipòsits fòssils és molt semblant a la de les platges actuals més properes.

Les plataformes localitzades s'han subdividit en dos grups d'acord amb la seva profunditat. Un, el més abundant, l'integren les situades entre 0 i -2,5 m snma, que anomenem superficials. L'altre, el constitueixen les que es troben entre -2 i -5 m snma, a les quals ens referirem com a profundes. Aquestes darreres es localitzen només al cap Roig, Sant Pol, cala Futadera i mar Menuda.

A Sant Pol, on la plataforma submergida ha pogut ser estudiada amb molt de detall, s'observen tres nivells superposats (Roqué i Pallí, 1995) (fig 2):

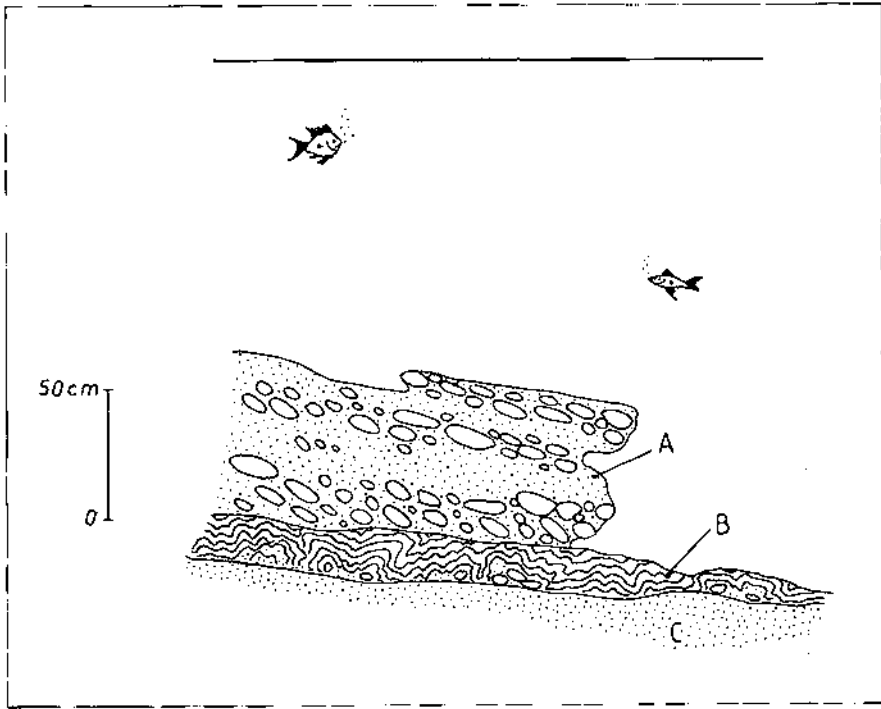


Figura 2. Tall idealitzat de la plataforma submergida de Sant Pol. Llegenda: A. nivell superior. B. nivell mitjà. C. nivell inferior.

Nivell superior. El sostre se situa entre 0 i -1,5 m snma; la seva potència és de 0,8 a 1 m. Està formada per sorres gruixudes i graves cimentades molt ben arrodonides. En els nivells on dominen les graves apareixen fragments molt rodats de ceràmica i de closques de bivalves (*Lima (L.) lima*, *Spondylus (S.) gaederopus* i *Acanthocardia (Rudicardium) tuberculata*). Aquest nivell correspon al grup de plataformes superficials.

Nivell mitjà. Se situa entre -1,75 i -2 m snma. El seu gruix és de 0,3 a 0,5 m. Es tracta d'un dipòsit de composició carbonatada, format per creixements incrustants d'algues coral·linàcies que envolten detrítics. Presenta diversos organismes associats, entre els quals dominen els mol·luscs (*Petricola (Rupellaria) lithophaga*, *Irus (I.) irus*, *Venus (V.) verrucosa*, *Arca (A.) noae*, *Spondylus (S.) gaederopus*, *Cerithium (Theridium) vulgatum*, *Thais (Stramonita) haemastoma* i *Cyclope (Panormella) pellucida*), a més de foraminífers (miliòlids), briozous, equiníids (*Sphaerechinus granularis*) i serpulíds. En aquest nivell apareixen també trossos de ceràmica, però molt menys rodats que en el superior. Conté fins a un 17% d'elements detrítics, essencialment grans de quars ben arrodonits. Aquest dipòsit calcari se situa just al límit entre les plataformes superficials i les profundes.

Nivell inferior. S'ha observat a una profunditat d'entre -2 i -2,5 m snma. El seu

gruix mínim és de 0,2 m, i la seva base no és visible. Es compon de sorra mitjana a fina, fortament cimentada. Aquest nivell es relaciona amb el conjunt de plataformes profundes.

De la cota en què es troben aquests dipòsits avui dia es pot extrapolar que el nivell del mar en el moment de la seva sedimentació es trobava lleugerament per sota de l'actual. En el cas concret de les plataformes superficials, la cota se situaria a uns -0,5 m, mentre que en el de les profundes a -2,5 m.

La composició del ciment que uneix aquests sediments, a base de calcita magnesiàna, indica que va precipitar en el medi marí. Les condicions de calma necessàries perquè es produís aquesta cimentació s'haurien assolit, molt probablement, com a conseqüència d'una pujada relativa del nivell del mar. El nivell mitjà de la platja de Sant Pol, format per creixements incrustants d'algues coral·linàcies, assenyalava també l'establiment d'unes condicions de baixa energia i sense aportament de detrítics. Cal relacionar-lo amb una pujada relativa del nivell del mar.

L'edat d'algunes de les plataformes fòssils submergides s'ha pogut establir a partir de criteris geomorfològics, de les restes arqueològiques i de les datacions radiocarbòniques absolutes.

Des d'un punt de vista geomorfològic, el fet que les plataformes se situïn a pocs metres de la platja actual i, sovint, a tocar els penya-segats, indueix a pensar que són dipòsits subactuals. En el cas concret de les plataformes del cap de Planes s'ha pogut fer un càlcul de la seva edat. La velocitat de retrocés del penya-segat és, en aquella zona, d'uns 0,5 cm/any, segons s'ha constatat a partir de construccions humanes recents. Com que la platja fòssil se situa a una mitjana de 10 m de la base del penya-segat, és raonable atorgar-li una edat d'entre 2.500 i 1.500 anys BP (*before present*, abans de 1950).

Els fragments de ceràmica continguts en els nivells mitjà i superior de la plataforma de Sant Pol permeten determinar-ne l'edat amb precisió. Entre el material recollit en el nivell mitjà hi ha un fragment d'àmfora de la forma Tarraconesa 1, que data d'entre el 40 aC i el 5 dC. Els altres fragments ceràmics corresponen a diversos trossos de ceràmica comuna de cuina i d'àmfores romanes altoimperials (s. I-II dC). Pel fet d'estar poc rodats i trobar-se envoltats per les algues incrustants, considerem que aquests materials són contemporanis a la formació del nivell mitjà, que es pot datar al voltant de l'any 0 (1.950 anys BP). Del nivell superior també s'han recollit alguns fragments de ceràmica comuna de cuina d'època altoimperial i molts trossos rodats de teules planes també d'època romana. L'edat d'aquests materials se situa entre 1.950 i 1.800 anys BP, i són lleugerament anteriors a la sedimentació del nivell superior.

També, el nivell mitjà de la platja fòssil de Sant Pol ha estat datat a partir del seu contingut en carboni-14, i ha donat una edat de 2011 +/- 49 anys BP (110 aC / 12 aC). Aquest valor és perfectament coincident amb els obtinguts a partir dels materials arqueològics que s'hi han recollit.

VARIACIONS DEL NIVELL DEL MAR

A partir de les característiques dels dipòsits sedimentaris estudiats i d'acord amb les datacions que s'han pogut realitzar, s'ha establert una seqüència aproximada de les oscil·lacions del nivell del mar, en aquest sector, en els darrers estadis de la transgres-

sió versiliana. Aquestes oscil·lacions s'han relacionat amb les pulsacions climàtiques postglacials dels Alps (Chaline, 1985) (fig.3).

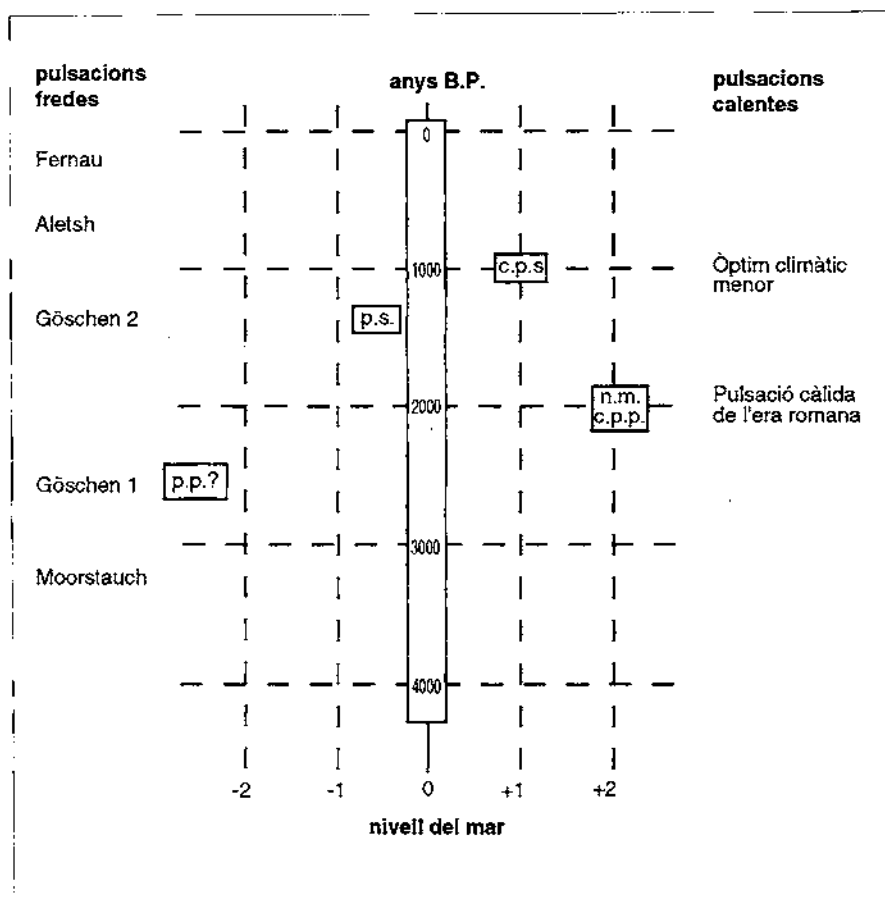


Figura 3. Relació entre les pulsacions postglacials dels Alps i els dipòsits marins estudiats. Legenda: pp, sedimentació de les plataformes profundes. cpp, cimentació de les plataformes profundes. nm, formació del nivell mitjà de la platja de Sant Pol. ps, sedimentació de les plataformes superficials. cps, cimentació de les plataformes superficials.

La sedimentació de les platges fòssils que constitueixen les plataformes profundes va tenir lloc amb el nivell del mar situat a una cota aproximada de -2,5 m s.n.m. La seva edat exacta és dubtosa, però sens dubte anterior a 1.950 anys BP. Aquest nivell baix es pot relacionar amb la pulsació freda de Moorstauch (3.350 a 3.050 anys BP) o la de Göschchen 1 (2.850 a 2.250 anys BP).

La cimentació de les plataformes profundes, que considerem contemporània amb la formació del nivell mitjà de la platja de Sant Pol, es va produir amb el mar situat a una

cota d'uns 2 m per sobre de l'actual. L'edat d'aquest nivell mitjà, establerta a partir de datacions radiocarbòniques i arqueològiques, situen aquest màxim transgressiu al voltant de 1.950 anys BP. Coincidiria plenament amb la pulsació càlida de l'era romana (2.250 a 1.550 anys BP).

La sedimentació de les plataformes submergides superficials es relaciona amb una baixada relativa del nivell del mar fins a una cota de -0,5 m snma. Atès que l'edat d'aquests dipòsits ha de ser lleugerament posterior a la dels materials ceràmics que contenen (datats d'entre 1.950 i 1.800 anys BP), aquest nivell regressiu pot correspondre a la pulsació freda de Göschen 2 (1.550 a 1.250 anys BP).

La cimentació de les plataformes superficials s'hauria produït amb una nova fase transgressiva, amb el nivell del mar situat per sobre de la seva cota actual. Aquestes condicions poden relacionar-se amb l'òptim climàtic menor (1.250 a 850 anys BP).

En les pulsacions fredes posteriors d'Aletsch (850 a 650 anys BP) i de Fernau o Petita Edat Glacial (450 a 100 anys BP), és probable que aquestes plataformes superficials arribessin a emergir. En aquest sentit, cal assenyalar que a la superfície d'algunes d'elles s'observen formes d'erosió que podrien correspondre a rasclers degradats. A més, a la plataforma de Sant Pol hi ha, a 1 m de profunditat, unes anelles de ferro clavades en els gresos, que probablement servien per a amarrar-hi embarcacions.

És probable que les platges emergides a +2 m s'hagin format durant el període càlid de l'era romana, al mateix temps que el nivell mitjà de la platja de Sant Pol, o bé, en l'òptim climàtic menor posterior, durant la cimentació de les plataformes superficials. A falta de dades precises sobre la seva edat, és difícil establir amb quins estadis es poden relacionar els cordons de blocs.

CONCLUSIONS

Les dades aportades pels dipòsits sedimentaris marins localitzats a diferents indrets del litoral de la Costa Brava meridional han permès determinar algunes de les petites oscil·lacions que el nivell del mar ha tingut en aquesta zona en els darrers estadis de la transgressió versiliana.

Les pujades i baixades detectades coincideixen a grans trets amb les pulsacions de les glaceres dels Alps segons Chaline (1985). En aquest sentit, cal assenyalar la perfecta coincidència entre l'anomenat període càlid de l'era romana i el màxim transgressiu que delimita les plataformes submergides profundes i superficials, durant el qual es va dipositar el nivell mitjà de la platja de Sant Pol.

La manca de datacions precises impedeix, ara per ara, concloure en quins estadis es van formar les platges emergides i els cordons de blocs.

Aquest treball ha estat subvencionat per la Universitat de Girona (Projecte de Recerca núm. 9196010).

Bibliografia

- ALOISI, J.C.; MONACO, A.; PLANCHAIS, N.; THOMMERET, J.; THOMMERET, Y. 1978. The Holocene Transgression in the Golfe du Lion. *Geogr. Phys. Quat.* 32 (2): 145-162.
- BARBAZA, Y. 1970. Morphologie des secteurs rocheux du litoral catalan septentrional. Eds. du Centre National de la Recherche Scientifique. 11. 150 pp.
- CHALINE, J. 1985. Histoire de l'homme et des climats au quaternaire. Doin Éditeurs, Paris. 366 pp.
- DUBAR, M. 1987. Données nouvelles sur la transgression holocene dans la région de Nice. *Bull. Soc. Géol. France.* 8 (3): 195-198.
- LABEYRE, J.; LALLOU, C.; MONACO, A.; THOMMERET, J. 1976. Chronologie des niveaux eustatiques sur la cote du Rousillon de -33.000 ans BP à nos jours. *C.R. Acad. Sci. D* 282: 349-352.
- L'HOMER, A.; BAZILE, F.; THOMMERET, J.; THOMMERET, Y. 1981. Principales étapes de sédimentation du delta du Rhone de 70.000 ans BP à nos jours. *Oceanis.* 7 (4): 389-408.
- PALLÍ, L. 1976. Morfologia del sector sur de la Costa Brava. *Ancora.* 1440: 6.
- PALLÍ, L. 1978. Mapa geològic de Sant Feliu de Guíxols. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia. Col. Univ. de Girona.
- PALLÍ, L. 1985. Mapa geològic de Santa Cristina d'Aro. Escala 1:10.000 Ed. Unitat de Geologia. Col. Univ. de Girona.
- PALLÍ, L.; ROQUÉ, C. 1990. Mapa litomorfològic del massís de Begur. Escala 1:25.000. Ed. Unitat de Geologia. Est. General de Girona.
- PALLÍ, L.; ROQUÉ, C. 1992. Mapa geològic de Calonge. Escala 1:10.000. Ed. Unitat de Geologia. Univ. de Girona.
- RIBA, O. 1981. Canvis de nivell i de salinitat de la Mediterrània occidental durant el neogen i el quaternari. *Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.* 9: 45-62.
- ROQUÉ, C. 1993. Litomorfologia dels massissos de les Gavarres i de Begur. Tesi doctoral. 513 pàg. Ed. microfita. Univ. Autònoma de Barcelona
- ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. 1991. Modelat del massís de Begur. *Estudis sobre el Baix Empordà.* 10: 5-48.
- ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. 1994. Geologia del massís de les Gavarres. *Estudis sobre el Baix Empordà.* 13: 5-98.
- ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. 1995. Playas fósiles sumergidas en la Costa Brava Meridional (Girona). A: T. Aleixandre i A. Pérez (ed.) *Reconstrucción de paleoambientes y cambios climáticos durante el Cuaternario*: Centro de Estudios Medioambientales. Monografías.3: 15-25.
- ROQUÉ, C.; PALLÍ, L. 1996. Sediments antics del litoral del Baix Empordà entre es Forn (Begur) i Vallpresona (Santa Cristina d'Aro). *Estudis sobre el Baix Empordà.* 15: 5-33.
- ZAZO, C.; GOY, J.L.; HILLAIRE-MARCEL, C.; DABRIO, C.J.; HOYOS, M.; LARIO, J.; BARDAJI, T.; SOMOZA, L.; SILVA, P.G. 1994a. Sea-level changes: isotopic stages 7, 5 and 1 in the spanish peninsular (S and SE) and insular coasts. En: *Gibraltar during the Quaternary*. AEQUA Monografías. 2: 26-35.
- ZAZO, C.; GOY, J.L.; SOMOZA, L.; DABRIO, C.J.; BELLUOMINI, G.; IMPORTA, S.; LARIO, J.; BARDAJI, T.; SILVA, P.G. 1994b. Holocene Sequence of Sea-Level Fluctuations in Relation to Climatic Trends in the Atlantic-Mediterranean Linkage Coast. *Journal of Coastal Research.* 10 (4): 933-945.