

TRETS GEOLÒGICS DE LA PLANA LITORAL DE L'ALT EMPORDÀ

Holocè, plana deltaica-dominada, ambients palustres, cordons, maresmes litorals

Joan Bach*

Los depósitos holocenos, de la llanura litoral del Golfo de Roses, se interpretan como un modelo de sedimentación deltaica con dominio de la acción del oleaje sobre los aportes fluviales, dando lugar a una progradación de cordones litorales (beach ridges) que encierran zonas de lagoon y de marisma.

Holoceno, llanura deltaica-dominio oleaje, ambientes palustres, cordones, marismas litorales.

The Gulf of Roses coastal plain deposits (Holocene) are here interpreted as the result of sedimentation in a wave-dominated deltaic environment in which beach ridges progradation took place bounding lagoon and marsh areas.

Holocene, coastal plain, wave-dominated deltaic environment, beach ridges, salt marsh.

Les dépôts holocènes, de la plaine littoral du Golf de Roses, s'interprètent comme un modèle de sédimentation deltaïque dominée par l'action des vagues sur les apports fluviaux qui donnent lieu à une accrétion de cordons littoraux (beach ridges) qui enferment zones lagunaires et de marais.

Holocène, plaine deltaïque-domination houles, milieu palustre, cordons, marais littoraux.

13

INTRODUCCIÓ

Els terrenys al·luvials, palustres i de maresmes que conformen la plana empordanesa, s'han format en un pas-sat geològic molt recent. A partir de la caracterització de les unitats morfolitològiques en superfície, de la informació obtinguda en les columnes de sondeigs i pous, i de la consulta de documentació i mapes antics, es vol donar una visió global de la sedimentació holocena d'aquesta plana litoral de l'Alt Empordà i exposar els grans trets de la seva evolució.

La descripció es centra en els trets geològics d'aquesta plana, tot i que, moltes de les característiques que s'exposaran són comunes per a la plana del Baix Empordà (Mas/Pallí/Bach 1989), salvant les diferències geogràfiques.

L'Empordà en general, entès com la depressió de l'Empordà, des d'un punt de vista geològic és considerat clàssicament com d'origen tectònic (Fontboté/Villalta/Virgili 1958), és a dir, correspon a un gran compartiment enfonsat en diferents blocs per l'acció d'importants fractures del terreny. La seva formació seria deguda a un règim tectònic distensiu que actuaria des del començaments del Neogen (Terciari superior) fa uns 25 milions d'anys fins a l'actualitat. Exponents d'aquesta activitat són les manifestacions volcàniques d'Arenys d'Empordà, Baseia i Vilacolum a l'Alt Empordà i les de Foixà-la Pera, Sant Martí i Paríabà, entre altres, al Baix Empordà, considerades més o menys coetànies en el temps i d'una edat aproximada d'uns 9 a 10 milions d'anys.

Aquests moviments afecten, en general, el marge occidental de la Mediterrània i originen les fosses

* Unitat de Geodinàmica Externa i d'Hidrogeologia. Fac. de Ciències. Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Barcelona).

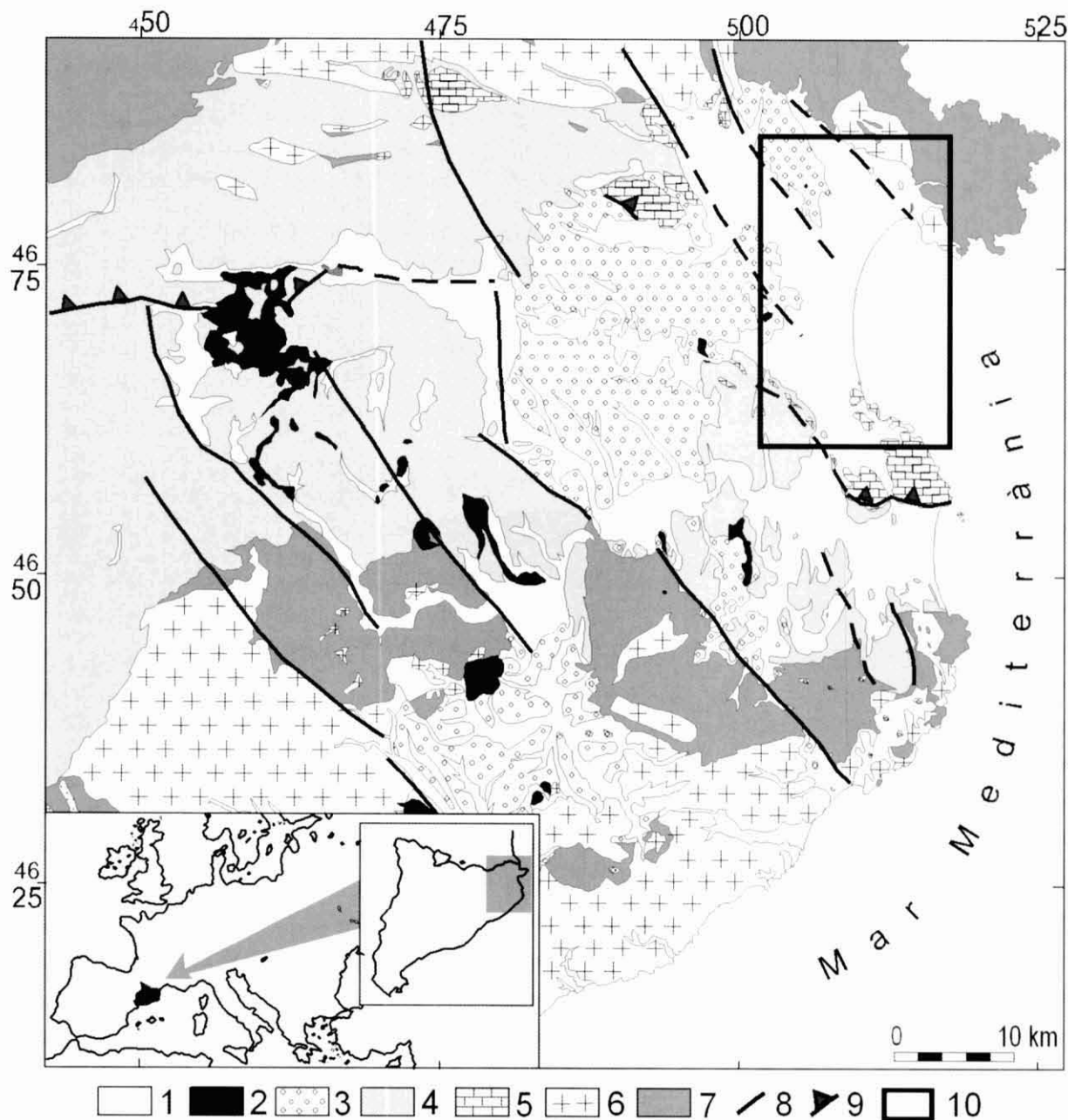


Figura 1. Principals unitats geològiques de l'Empordà i rodalies. 1: Quaternari sedimentari, 2: Vulcanisme neogen i quaternari, 3: Neogen sedimentari, 4: Paleogen, 5: Mesozoic, 6: Paleozoic plutònic, 7: Paleozoic metamòrfic, 8, Falles normals, 9: Encavalcaments, 10: Àrea estudiada.

tectòniques que s'obren esglaonadament entre el Pirineus i la Serralada Ibèrica. De nord a sud: l'Empordà, la Selva, el Vallès-Penedès, la de Valls-Reus i el Baix Ebre.

Els blocs aixecats que limiten la zona deprimida de l'Empordà són: al nord, part dels Pirineus empordanesos (l'Albera i la Serra de Rodes-Peni), acabament oriental del Pirineu Axial (Fig. 1); al sud, la Serra de les Gavarres i el massís de Begur, parts més septentrionals del Sistema Mediterrani (Catalànids o Serres Costeres Catalanes); i a ponent, els relleus que formen els materials

eocènics (dins del Terciari inferior) de la Garrotxa, de la unitat morfològica anomenada Sistema Transversal Català.

La zona deprimida està omplerta per formacions neògenes i quaternàries, que cobreixen els materials més antics i les fractures que l'han formada. Com a element particular i característic morfològicament d'aquesta zona és l'existència, a la seva part central, del massís del Montgrí, que permet dividir la depressió empordanesa en dues unitats: l'Alt Empordà al nord i el Baix Empordà al sud.

MARC GEOLÒGIC

Aquesta plana litoral, la més septentrional dins la depressió empordanesa, queda emmarcada per les següents unitats i materials (Fig. 1):

Al nord, la ja esmentada serra de Rodes-Pení, com a bloc aixecat, constituïda per dues unitats litològiques ben delimitades, per una banda, una sèrie de roques sedimentàries detrítiques de mida de gra fi (llims i argiles), de l'Era Primària, afectada per un metamorfisme regional (de baixa pressió) durant l'orogènia herciniana (finals de l'Era Primària). Així les roques resultants són esquists, en els que es manifesta un increment del metamorfisme en direcció NE, la qual cosa fa que passin de tenir clorita i moscovita a tenir biotita i altres minerals que denoten l'augment de les condicions de pressió i temperatura en la seva formació. Localment s'hi observen zones que han arribat a la fusió (migmatites) i abundants masses de roques filoníanes, principalment pegmatites.

Per altra banda, dos massissos gnèissics alineats NE-SW, anomenats Gneissos de Rodes i Gneissos de Roses, que deriven de roques plutòniques de composició generalment granodiorítica.

Els relleus que formen aquests materials descrits de la Serra de Rodes-Pení i la plana pròpiament dita enllacen mitjançant una formació de pseudomont quaternària (pleistocènica), que forma una superfície suauement inclinada cap a la plana, gairebé continua des del nord de Roses fins al sud de Pau, interrompuda pels relleus que formen les roques primàries, que sobresurten d'ella com a turons. Forma part de la unitat litogeogràfica anomenada "els aspres". Es tracta d'argiles sorrenques, marronoses, un xic vermelloses, amb còdols angulosos dispersos de quars i roques metamòrfiques.

Al sud, arran de mar, el massís del Montgrí. Aquest està format, a la vessant que mira a la plana alt empordanesa, per materials d'edat Mesozoica (Era Secundària), que també es troben en petits retalls a la plana (Cincaus, Sant Martí d'Empúries), en el Corredor d'Albons (Bellcaire i W d'Albons) i adossats a la serra de Valldavià (rodalies de Sant Mori i Vilaür).

Aquests materials formaven part de la conca sedimentària pirinenca, que en l'orogènia alpina (dins del Terciari inferior) haurien relliscat cap al sud, aprofitant la gran plasticitat dels sediments (argiles i guixos) subaflorants mesozoics, la qual cosa dóna lloc a una escata de corriments.

Els materials que integren aquesta escata són, sobretot, calcàries, generalment massives, a les quals s'intercalen nivells menys potents de margo-calcàries o calcàries margoses.

Cap a l'interior, la serra de Valldavià, en la que afloren a la part alta argiles vermelles amb nivells de conglomerats i gresos (Fm. Artés), que corresponen al tram més alt de l'Eocè superior (Pallí 1972). A les parts bai-

xes, adossats als relleus que formen els materials anteriors hi afloren materials més recents, del Neogen (Terciari superior) que es descriuen al parlar del límit oest. En aquesta zona la unió amb la plana es fa, també, mitjançant una formació quaternària (pleistocènica), al·luvial-col·luvial, formada per graves i sorres cimentades.

Entre la serra de Valldavià i el massís del Montgrí s'estén l'anomenat "Corredor d'Albons" que constitueix la unió entre la Plana de l'Alt i la del Baix Empordà.

A l'oest, el límit de la Plana correspon als menuts relleus que originen les formacions neògenes (Terciari superior). Aquestes conformen la unitat litogeogràfica anomenada "Terraprim d'Empordà". Els materials que l'integren representen l'ompliment neogen d'aquesta depressió. L'estratigrafia d'aquests dipòsits ha presentat i presenta encara dificultats d'interpretació, sobretot, respecte a l'edat. Una successió ordenada de l'ompliment ens la dóna el sondeig realitzat l'any 1952 prop de Vilacolum (sondeig Riumors) que assoleix 547 m de profunditat. D'ell s'interpreta, a grans trets, que la sèrie pliocènica abastaria fins els 225 m de fondària i estaria formada per materials d'origen marí de poca profunditat amb influències continentals. Els nivells infrajacent als anteriors fins els 547 m, pertanyerien al Miocè, format per materials d'origen continental amb fases lacunars i diferents episodis efusius de tipus basàltic intercalats.

En superfície solament trobem materials pliocènics integrats, a la part basal, per argiles, una mica margoses, sorrenques, amb abundants fòssils d'origen marí (els jaciments típics són Siurana d'Empordà, Sant Mori-Sant Miquel de Fluvià, Arenys d'Empordà, ...). Es tractaria de dipòsits marins costaners. Al seu damunt hi afloren sorrenques i conglomerats ben cimentats que correspondrien a una zona de transició marina-continental (Vilamallà, Siurana, ...). Finalment, la sedimentació pliocena acabaria amb la deposició d'argiles clares, gris verdoses, amb algun llot sorrenc intercalat i recobertes a les parts altes o passant lateralment a formacions conglomeràtiques (pedrera de Vilanova de la Muga i de la Torre del Vent). Els nivells més superiors podrien considerar-se d'edat plioquaternària, perquè la manca de fauna en tot el conjunt no permet afinar la seva posició cronològica.

D'edat neògena són els afloraments volcànics que es poden localitzar entre els materials descrits anteriorment a l'Alt Empordà. Es tracta dels basalts de Baseia i d'Arenys d'Empordà, i de les traquites de Vilacolum. Els primers s'haurien emplaçat fa uns 10 M.A. (Miocè) i les traquites serien lleugerament posteriors a ells.

AMBIENTS ACTUALS-SUBACTUALS DE LA PLANA

Les característiques fisiogràfiques d'aquesta zona i el seu comportament estructural, han condicionat la distribució de materials (fàcies), al llarg del Quaternari i que

continua en els nostres dies, fruit de la interacció entre els aports fluvials i la dinàmica marina, en uns ambients o subambients sedimentaris recognoscibles en part, malgrat l'acció antròpica, que conformen una plana deltaica en sentit ampli. És, doncs, l'evolució d'aquest sistema deltaic en general el que ha originat l'existència de les zones humides que en l'actualitat conformen aquest Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà.

El coneixement d'aquests materials ofereix com a dificultat primordial la manca d'afloraments on visualitzar la seva composició i estructura. Per tant, se'n descriuran, sobretot, les formacions superficials. Morfològicament formen una plana, encaixada en els materials descrits anteriorment (dins del marc geològic), amb un relleu molt suau, de pendents en general inferiors al 0,2 %, des de cotes de 10 a 15 m en l'interior fins al nivell del mar.

Els aports sedimentaris que conflueixen en aquesta àrea procedeixen principalment, de nord a sud, del riu la Muga i del Fluvià, als quals es sumava antigament el riu Ter per la zona coneguda com el "Corredor d'Albons". D'aquesta manera, la plana deltaica considerada s'estendria, a través d'aquest corredor, fins a la plana deltaica pròpia del riu Ter (Baix Empordà) formant una plana deltaica contínua des dels relleus del Cap de Creus fins als del massís de Begur, entre els quals el massís del Montgrí constituïria una mena d'illa.

S'han diferenciat, superficialment en la plana, tres ambients sedimentaris actuals-subactuals principals: fluvial, palustre i marí (Bach 1986).

AMBIENT FLUVIAL

Cartogràficament s'ha distingit, per una banda, una zona interna més elevada topogràficament que la resta i amb pendent suau cap al mar, que enllaça amb les valls al·luvials dels rius, anteriorment esmentats, i el corredor d'Albons, que anomenem *plana al·luvial* en sentit ampli (Fig. 2). Litològicament estaria formada per sorres i llims amb nivells de graves, producte de la sedimentació dels aports fluvials de mida superior. En general correspondria als anomenats geogràficament i popularment "fondals".

Per altra banda, externament a la unitat anterior i limitant amb les fàcies palustres, s'han diferenciat unes franges que constituïrien la plana d'inundació (Fig. 2), integrada per sediments més fins, llims i argiles, transportats en suspensió a partir de processos de desembordament dels cursos fluvials. Aquestes zones, a diferència de les corresponents als ambients palustres, restarien inundades només en les grans avingudes i durant curts períodes de temps.

AMBIENT PALUSTRE

Englobem, en aquest apartat, aquelles àrees amb sedimentació orgànica per estar sotmeses a condicions d'i-

nundació estacional o permanent. Es tracta de zones que, o bé, procedeixen de l'evolució de zones de badia tancada que progressivament s'han convertit en zones lacunars i finalment dessecades, per acció antròpica, que anomenem **palustre interior** (Fig. 2 i 3). O bé, zones relacionades amb la progradació dels cordons litorals i instal·lades al seu damunt que conformarien la **maresma litoral**.

Les **zones palustres interiors** es localitzen en les àrees de coalescència d'aports fluvials. Així, en la franja marginal nord, entre els lòbuls del riu la Muga i els materials plioquaternaris dels "aspres", s'individualitza la zona ocupada fins al segle XVIII per "l'estany de Castelló" (Fig. 2). Actualment només queden com a zones permanentment inundades els estanys de Vilaüt i l'estany de Tec. A l'estació hivernal poden restar inundades les zones conegudes com estanys de Mornau, Pau, Palau i Sant Joan Sescloses. El riu la Muga desembocava a l'antic estany i aquest es comunicava amb la mar mitjançant el Grau, actualment els canals de Santa Margarida, i també per l'anomenat rec Salins. Al voltant dels estanys de Vilaüt i en tota la franja que limita l'antic estany de Castelló dels "aspres" sobresurten de la plana una mena d'illots, formats per roques, en general, granodiorítiques (de l'Era Primària). Els illots més grans foren descrits en documents antics, que esmenten tres illes en l'estany de Castelló anomenades: "Uduagro", "Foniliari" i "Sabarto".

El sondeig S-6 (Burjachs *et alii* 2005) realitzat l'any 2003 confirma l'existència en aquesta zona nord d'una seqüència de sediments lacustres damunt del substrat que en aquesta zona correspon a materials granodiorítics. El primer tram, més proper al substrat, de 4,70 a 2,15 m està caracteritzat per una sedimentació bàsicament argilosa, que per la presència de gasteròpodes turritèl·lids, podria indicar un ambient marí d'aigües somes, properes a la costa que progressivament van passar a ambients més tancats, on dominen els bivalves (*Cerastoderma edule* i *Tellina*). Aquests darrers típics de llacunes salobres litorals (per exemple a les llaunes actuals). El segon tram de 2,15 a 0,20 m, l'argila llimosa ocre marronosa lleugerament gris amb nuclis ocres i restes carbonosos, podria representar la transformació de la zona a un estany amb majors aports d'aigües continentals, progressivament menys salobre, d'acord amb la presència del gènere *Planorbis*, típic d'ambients lacustres d'aigua dolça.

A la part central de la plana deltaica, entre els lòbuls corresponents als aports del riu la Muga i Fluvià, s'hi pot reconèixer l'emplaçament d'una antiga zona palustre (Fig. 2). Correspondria a les àrees conegudes com l'estany de Sant Pere o de Pontarrons o Copons i les closes de les Paques, les Pastelles, Major o de la Gallinera. En aquest cas, la comunicació amb el mar es podria haver establert a través dels estanys litorals, la Massona i l'estany Sirvent. Cap a l'interior estava comu-

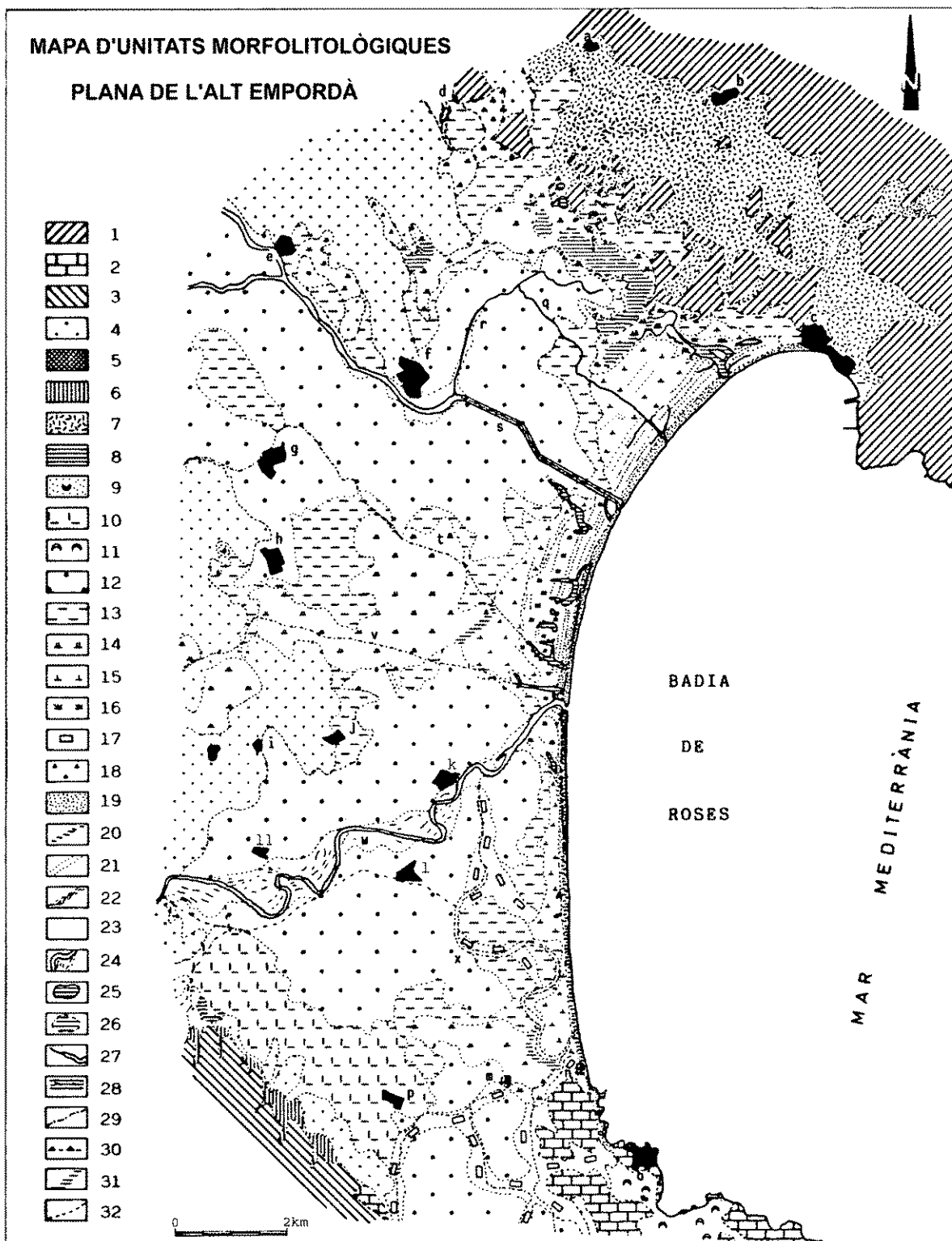


Figura 2. Mapa d'unitats litomorfològiques de la Plana de l'Alt Empordà (Bach, 1986). Simbologia: 1: Paleozoic. 2: Mesozoic. 3: Paleogen; 4: Neogen. 5: Vulcanisme neogen; Quaternari: 6: mantell al·luvial antic; 7: peudemont; 8: primera terrassa; 9: eòlic-torrencial; 10: al·luvial-col·luvial antic; 11: dunes fixades; 12: plana al·luvial; 13: plana d'inundació; 14: palustre; 15: maresma; 16: maresma degradada; 17: lleres abandonades; 18: al·luvial-col·luvial; 19: cordó litoral; 20: dunes litorals; 21: cordons litorals antics; 22: depressió rereplatja; 23: al·luvial actual-subactual; 24: barres de meandre; 25: estanys; 26: estanys estacionals; 27: curs fluvial; 28: curs trenat canalitzat; 29: recs; 30: encavalcaments; 31: límit gradual; 32: contacte morfolitològic. Poblacions: a-Pau, b-Palau Savardera, c-Roses, d-Pedret, e-Vilanova de la Muga, f-Castelló d'Empúries, g-Fortia, h-Riumors, i-Vilacolum, k-Sant Pere Pescador, l-l'Armentera, m-Torroella de Fluvià, n-Cincla, o-Sant Martí d'Empúries, p-l'Escala, q-Vilademà. Rius i canals: q-Rec Salins, r-Riu la Mugueta, s-Riu la Muga, t-Rec del Molí, v-Rec Sirvent, w-Riu Fluvià, x-Riu Vell.

nicada amb els estanys de Vilacolum i de Siurana que li subministraven aigua.

La zona palustre individualitzada al sud, a les rodalies de Cinclaus (Fig. 2), en la coalescència d'aports fluvials del riu Fluvià i del riu Ter (corredor d'Albons), presenta característiques similars a les anteriors, però de dimensions més reduïdes. Aquesta zona palustre s'estenia fins a les rodalies de Sant Martí d'Empúries que constituïa una illa al voltant de la qual desembocava un tributari del riu Ter i el riu Vell.

Aquestes àrees estan formades litològicament per llims i llims argilosos, amb matèria orgànica i més o menys salobres (per la seva connexió històrica amb la mar). La seva formació aniria lligada a l'aïllament de les badies situades en la zona de coalescència d'aports per barres o cordons sorrencs litorals, la qual cosa origina zones d'estanys que reben aports continentals i presenten a l'ensem comunicació amb el mar. De manera progressiva, els sediments que aporten els rius, encara que solament sigui en les grans avingudes, tendeixen a rebir aquestes zones. A l'Empordà l'acció antròpica ha accelerat aquest procés natural, doncs sembla que ja en el segle XII s'endegaren obres destinades a dessecació d'aquestes zones humides, que progressivament s'intensificaren i continuaren fins el nostre segle.

Aquestes zones dessecades per l'home s'han convertit en polders, que en el país es coneixen amb el nom de "closes". Les closes són prats naturals limitats per canals de drenatge i tancats amb barreres de vegetació, generalment tamarius, que s'utilitzen per al pasturatge, i que donen lloc a un paisatge molt característic.

La **maresma litoral** se situa darrere la línia de costa, a la franja litoral, lligada als processos de formació i evo-

lució de les barres o cordons sorrencs litorals. Es troba ben desenvolupada entre les desembocadures del riu la Muga i del riu Fluvià, més degradada al marge esquerre del riu la Muga fins a Roses i poc desenvolupada al marge dret del riu Fluvià fins a Empúries (Fig. 2).

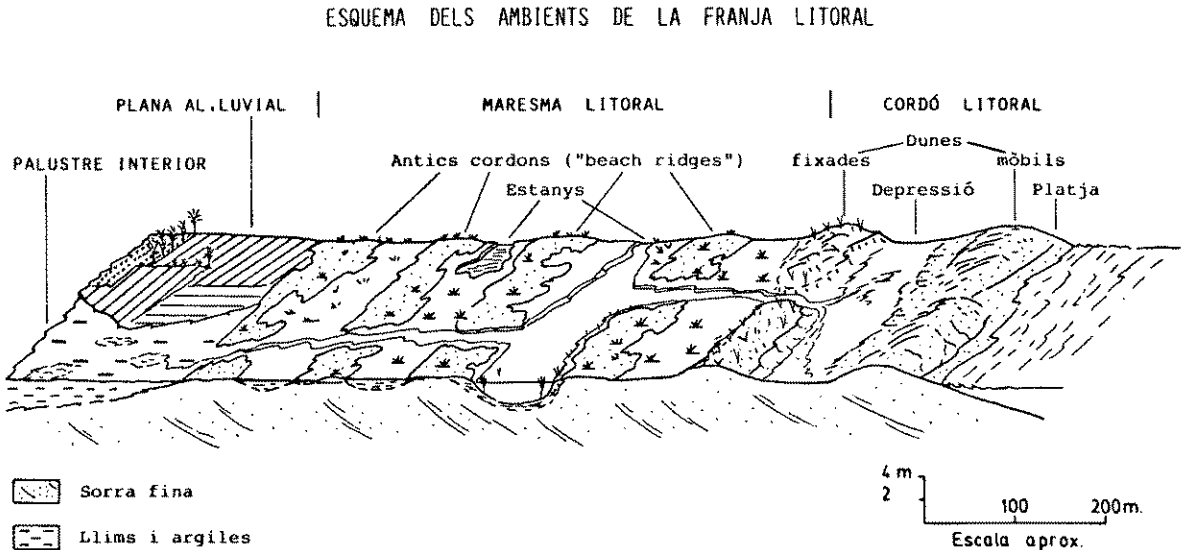
La primera de les zones esmentades, la situada entre els rius la Muga i Fluvià, representada a la figura 3, conserva suficientment el seu estat d'evolució natural i constitueix una part rellevant del Parc.

El mot "aiguamolls" aplicat a aquesta zona, tot i que popularment ha arrelat, des d'un punt de vista geològic no és del tot escaient, essent preferible parlar de "maresma", perquè deixa més clara la seva relació amb el mar.

En aquesta zona hi resten uns petits estanyols (Fig. 3), anomenats localment "llaunes" (la Muga Vella, l'estany d'En Túries, la Rogera, la Serpa, la Fonda, la Llarga, la Massona i l'estany Sirvent com a més representatius), els de tamany més gran inundats permanentment constituïrien una mostra d'ambients lacunars. Les seves dimensions no superen els 1000 m de llargada ni els 100 m d'amplada. Presenten una morfologia allargada en dues direccions predominants, perpendicular i paral·lela a la línia de costa. La seva profunditat és molt variable: oscil·la entre 0,5 i 3 m i, excepcionalment, la Massona presenta fondàries superiors als 7 m. La làmina d'aigua presenta oscil·lacions estacionals de 0,5 a 1 m i el grau de salinitat fluctua, també estacionalment, des dels 2 als 60 gr/l, bo i arribant localment a més de 100 gr/l (Bach 1979; Bach/Trilla 1984).

Els de majors dimensions reben aports d'aigua a través de recs (rec del Molí, rec Sirvent, ...) i molts estan comunicats entre ells en l'època d'aigües altes, i poden presentar ocasionalment, comunicació amb el mar a

Figura 3. Esquema dels ambients de la franja litoral (Bach, 1986).



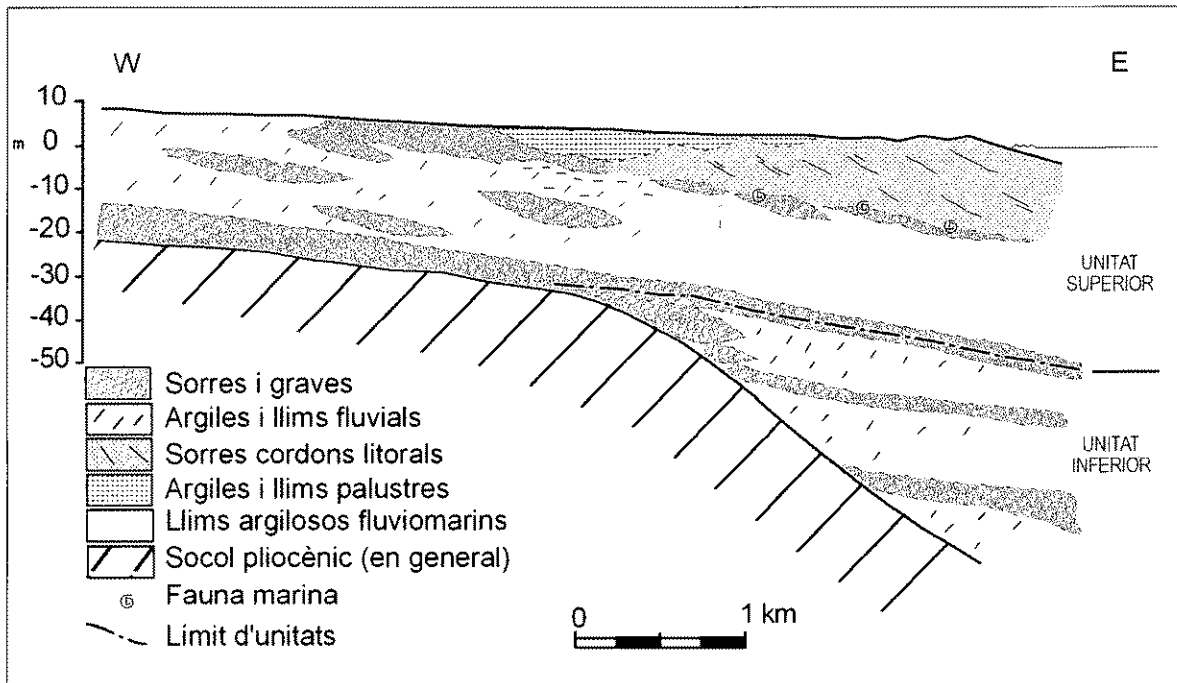


Figura 4. Esquema interpretatiu dels materials d'ompliment de la plana (Bach, 1986).

través de la depressió rera-platja i per la seva proximitat amb la línia de costa (de 30 a 150 m) ésser inundades pels temporals de llevant (llevantades).

Els sediments que integren el seu fons són de naturalesa sorrenca a argilosa. En general, es tracta de llims argilosos, amb elevats continguts de matèria orgànica i de sals (més de 17 gr de clorurs per Kg de mostra), abundants restes de bivalves (*Cerastoderma edule*) i gasteròpodes mil·limètrics, així com ostràcods i foraminífers (*Ammonia beccarii*, *Elphidium sp.*). A les zones protegides hi creixen petits biohermes de serpúlids (*Mercierella enigmatica*), aprofitant l'existència de vegetació o d'alguna superfície rocosa.

La zona que voreja a les llaunes es troba recoberta per vegetació halòfila, principalment salicornies, que forma una coberta atapeïda que constitueix la maresma litoral en sentit estricte, des de darrera del cordó litoral actual fins a degradar-se progressivament cap a l'interior, passant a herbassars i prats i, per l'acció humana, a camps de farratges. Les zones que presenten continguts salins menors poden estar colonitzades per canyissars. Tota aquesta franja que rodeja les "llaunes" s'inunda temporalment per efecte de les llevantades i les pluges fortes.

En l'evolució d'aquestes zones el desenvolupament de la cobertura vegetal hi juga un paper important. Aquesta, per una banda, atrapa els sediments la qual cosa ocasiona un creixement en sentit vertical i, per altra banda, evita l'erosió. D'aquesta manera els indrets colonitzats queden successivament més elevats i s'inunden solament en les grans avingudes.

L'origen dels estanys (llaunes) d'aquesta zona de maresma litoral cal cercar-lo en la interacció entre les aigües superficials de la plana deltaica (cursos fluvials, estanys interiors, ...) que busquen sortida al mar i els processos marins formadors de barres i cordons litorals que obstrueixen el seu pas. Així, la morfologia allargada en direcció perpendicular a la línia de costa, tallant les barres o cordons litorals, podria ser fruit de l'actuació, o bé, com a canals de drenatge i comunicació entre les zones d'estany interior i el mar, o bé, d'antics distributaris dels rius de la plana. Per contra, la forma allargada paral·lela a la línia de costa correspondria a l'ocupació per part de l'aigua de les depressions que morfològicament es generen entre els cordons litorals (Fig. 3), fenomen observable en la depressió rera-platja actual, inundada en els temporals per l'acció del mar o per la comunicació que té amb les llaunes.

AMBIENT MARÍ

En aquest ambient hi englobem aquelles zones formades per l'acció de processos marins, que es troben emergides i formen part de la plana deltaica. La minsa variació del nivell del mar del litoral mediterrani, amb amplituds màximes de mareas de 20 cm i oscil·lacions brusques o seixes mesurades de fins a 1 m, fa entreveure la poca importància de l'acció de les mareas i dóna rellevància a l'acció combinada de les onades i el corrent litoral, com a generadors d'aquestes zones. Conformen la façana litoral de costa baixa en originar cordons litorals en sentit ampli, en els que a més dels

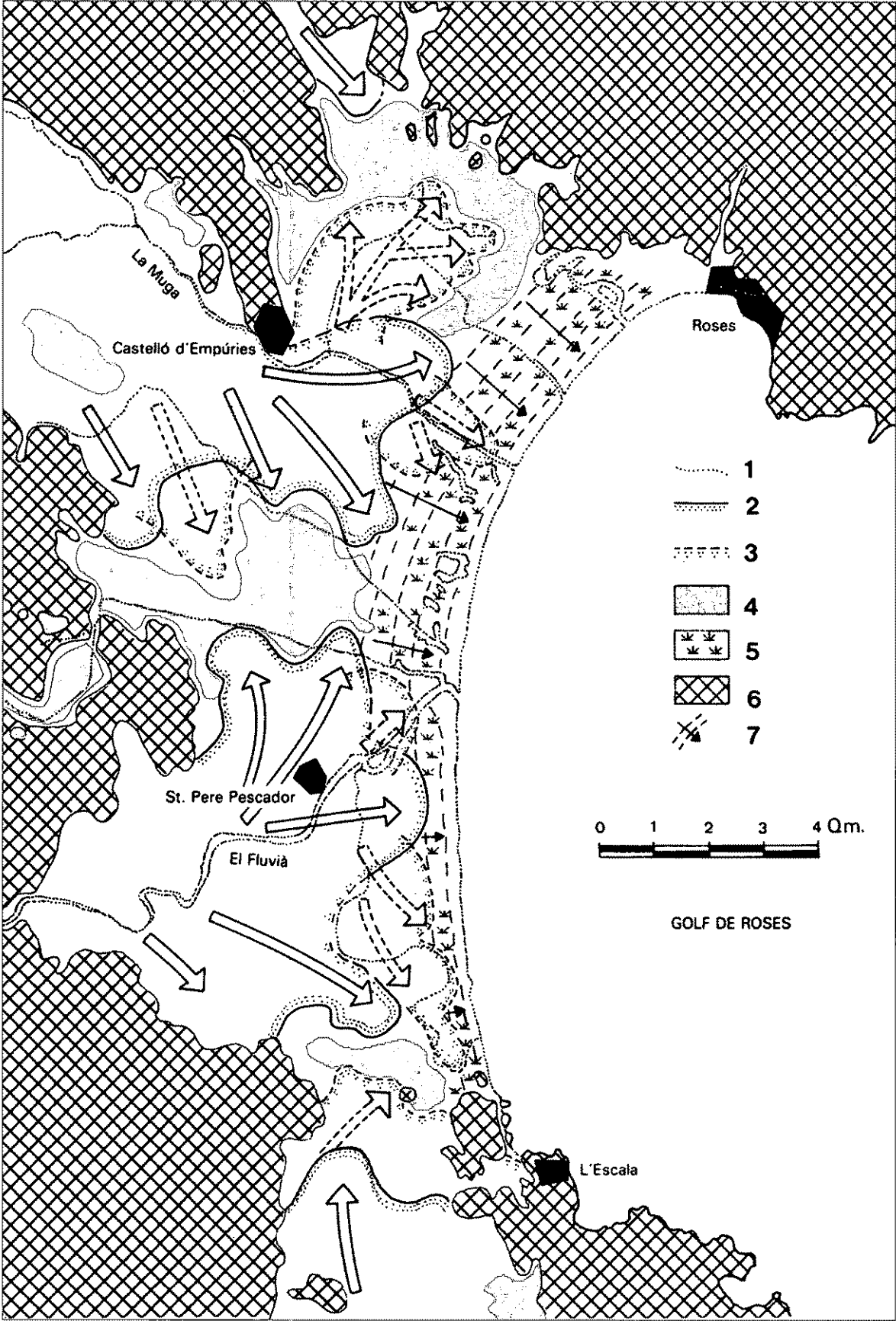


Figura 5. Mapa esquemàtic de l'evolució recent de la plana deltaica de l'Alt Empordà (Bach, 1986). Simbologia: 1: xarxa fluvial, estanys i línia de costa actual; 2: lòbuls deltaics antics; 3: lòbuls deltaics recents; 4: estanys i zones palustres; 5: maresma litoral; 6: relleus pre-holocens; 7: progradació del cordó litoral.

processos marins hi intervenen processos continentals eòlics. Hi distingim el cordó litoral actual i els antics cordons o barres litorals, formats per la progradació del sistema, situats darrera l'actual en la zona generalment ocupada per la maresma litoral.

El **cordó litoral actual** és una formació de naturalesa dominantment sorrenca, gairebé rectilínia i continua des de Roses fins a Sant Martí d'Empúries, solament interrompuda per les desembocadures dels rius la Muga i Fluvià i els ports esportius (Empuriabrava i Santa Margarida). Està integrat per la unitat originada pels processos marins o platja i la d'origen continental per processos eòlics, cordó de dunes (Fig. 3).

La platja, en sentit geològic, queda molt minimitzada pel cordó de dunes mòbils, a mesura que ens dirigim cap al sud de la badia. En general, el límit entre ells és poc precís i canviant al llarg de l'any, com ho és la morfologia de tot el cordó litoral. Així mentre a l'estiu el vent, principalment la tramuntana remodela les sorres i genera un cordó de dunes ampli; durant l'hivern, en els períodes de temporal, la major alçada de les onades redistribueix les sorres en una morfologia més planera, amb abundants restes de troncs, si els temporals de mar van acompanyats de fortes avingudes dels rius.

Les **dunes mòbils** estan ben desenvolupades al sud de la desembocadura del riu Fluvià, degut al canvi d'orientació de la línia de costa, que passa a ésser gairebé N-S però arquejada cap el SSE. Aquesta orientació permet a la tramuntana construir a partir, sobretot, de la sorra de la platja el sistema de dunes. Fruit de l'acció d'aquest vent de component nord, la sorra es desplaça cap al sud envaint les rodalies d'Empúries i l'Escala i el Massís del Montgrí fins al Mas Reixach (vessant sud del citat massís). Per evitar els perjudicis que ocasionava aquest desplaçament de sorra, l'any 1895 s'inicia un projecte de fixació i repoblació d'aquestes dunes.

Morfològicament és remarcable l'existència d'una **depressió rera el cordó** (depressió rera-platja) de dimensions molt variable segons la zona. Assoleix les màximes davant dels estanys litorals del centre de la badia (Fig. 3), on pot restar temporalment inundada. Presenta comunicació amb els estanys litorals (la Rogera i la Masona) en l'època d'aigües altes, la qual cosa constitueix la seva prolongació, o bé, l'origen d'un estany litoral incipient, seguint els processos esmentats en parlar de la maresma litoral. Pot rebre, també, aports directes d'aigua del mar en els temporals, que la poden connectar amb ell, a través de canals de ressaca que trenquen l'estructura del cordó litoral.

Darrera el cordó litoral actual, en la zona coberta per la maresma, es distingeixen, sobretot a partir de vistes aèries, unes formacions allargades, paral·leles a la línia de costa i de naturalesa sorrenca, que s'interpreten com **antics cordons litorals** (Fig. 2 i 3), sobre els quals es desenvolupa la maresma en anar progradant. Són clarament identificables a la zona compresa entre les

desembocadures dels rius la Muga i Fluvià, on alternen amb franges de naturalesa fangosa que morfològicament correspondrien a zones més deprimides, d'origen comparable a la depressió rera-platja actual, sovint ocupades per l'aigua. En general, l'antic cordó litoral més recent presenta com a part visible (Fig. 3) un cordó de dunes fixades per la vegetació (*Ammophiletum* i/o *Apropyretum*).

ESTRATIGRAFIA

A partir de la informació litològica dels pous i sondeigs, agrupats en panells i perfils, es consideren dos conjunts de materials, damunt de les formacions pliocèniques, que s'anomenen unitat inferior i unitat superior (Fig. 4). La unitat inferior, de la que es tenen poques dades, està formada per nivells detrítics grollers (sorres i graves) intercalades entre nivells més potents d'argiles y llims. Se suposa que aquest materials són pre-holocènics, formats en los primers impulsos de la transgressió versiliana, de manera que cada cicle representaria un ascens i una estabilització (*stillstand*) del nivell del mar.

La unitat superior es considera pròpiament holocena. Comprèn els materials situats pel damunt del nivell de graves al·luvials molt continu en tota la zona, de la unitat inferior. Assoleix potències de uns 50 m sota la línia de costa actual i de uns 25 a 30 m cap a l'interior, on enllaça amb els materials de les valls al·luvials. Per a la seva descripció s'agrupen en tres nivells.

1.-Nivell inferior preferentment sorrenc, marcaria el inici de la seqüència transgressiva. A vegades es dificil de separar de las graves al·luvials al damunt de les que es troba.

2.-Nivell mig on dominen els llims argilosos negrosos. Presenta potències d'uns 25 m que disminueixen cap a l'interior on s'intercalen cossos sorrencs, més abundants en la zona d'aports del riu Fluvià. A les mostres obtingudes d'aquest nivell s'han identificat els gasteròpodes: *Retusa* sp., *Odostomia* sp., *Menestho obliquum* (ALDER), *Turboella* sp., *Pyramidellidae* i un possible Potamidid; els bivalves: *Cerastoderma* sp. i en alguna de elles *Pandora* sp., *Tellina* sp. i *Myoida*. Els foraminífers: *Ammonia becarrii* (LINNÉ) var. *ammoniformis*, *A. becarrii* (LINNÉ) var. *inflata*, *Elphidium* sp. i alguns miliòlids simples (*Quinqueloculina* sp. i *Triloculina* sp.). També són relativament abundants els ostràcodes. Aquesta fauna marina, amb poca diversitat de espècies, en el seu conjunt pot considerar-se indicadora d'ambients protegits o tancats, amb aigües tranquil·les de salinitat variable i fons fangosos, o de zones pròximes a las desembocadures dels rius (Maldonado 1972; Marqués 1975).

3.-Nivell superior que agrupa unes formacions sorrenques que en la part superior estan recobertes per llims

argilosos. El seu gruix és d'uns 20 m prop de la línia de costa i s'aprima cap a l'interior (Fig. 4). La base d'aquest nivell sol tenir granulometria més grollera i presenta acumulacions de fauna de poca profunditat. Les sorres, que poden formar un tram continu de gairebé 20 m de gruix, presenten granulometria de fina a molt fina, amb fragments de closques i tonalitats fosques. Representa la continuïtat en profunditat dels antics cordons litorals interpretats l'apartat anterior. El seu desenvolupament seria màxim a les àrees de coalescència d'aports fluvials i passen lateralment a zones de sedimentació fluvio marina. Els sediments llimosos que els recobreixen corresponen a dipòsits de maresmes que s'instal·len sobre ells, o bé, de plana d'inundació o dels ambients palustres interiors.

INTERPRETACIÓ EVOLUTIVA

Abans de referir-nos a la interpretació evolutiva de les dades exposades, cal ressenyar a partir dels treballs de Got, Mocano i Serra (1975), l'existència de gruixos importants de Quaternari a la plataforma continental de l'Empordà, que revelen per la seva disposició un control en la sedimentació, a més de pels moviments eustàtics deguts a les variacions climàtiques, a la subsidència per l'activitat tectònica, que haurà influït també en la sedimentació litoral que s'exposa.

Els materials que integren la unitat inferior, podrien representar per analogia amb el Rosselló i el delta del Llobregat els primers impulsos de la transgressió versiliana després del màxim regressiu del Würm (-18.000 a BP). La unitat superior representaria les darreres etapes de la transgressió versiliana, pròpiament holocèniques, englobant aproximadament els darrers 10.000 anys. Així, damunt la superfície que formaria el nivell de sorres i grava formades en la estabilització del mar de -50 a -60 m, un ascens relativament ràpid del mar envairia part de la badia, remou els dipòsits basals (nivell inferior) i dona lloc a la sedimentació fluvio marina (nivell mig). La base del nivell superior indicaria una estabilització clara de la transgressió a una cota de uns -15 a -20 m. A partir de la qual petits episodis transgressius se succeïrien a estabilitzacions (la més probable a uns -8 m)

fins assolir el màxim transgressiu, possiblement superior a l'actual (Riba 1981), fa uns 5.000 anys (Aloisi et alii 1975). Seria a partir d'aquest moment i amb la tendència subsident comentada d'aquesta àrea, quan la plana deltaica començaria la seva evolució fins assolir el seu estat actual.

A la figura 5 es presenta un esquema dels darrers estadis evolutius. S'individualitzen lòbuls antics procedents de les principals artèries fluvials (la Muga, Fluvià i Ter) que en les àrees de coalescència tancarien zones de badia, que amb la formació de cordons litorals es convertirien en zones d'estany.

Nous distributaries donarien lloc als lòbuls recents en les zones d'estany, la Mugueta en la zona de l'estany de Castelló, la riera d'Alguema en la de l'estany de Pontarrons o de Sant Pere; o buscant la sortida directa al mar, riu Vell en la zona sud. A l'ensemble el front litoral avançava en progradar els sistemes de cordons litorals, fruit de l'acció de l'oneig i de la corrent de deriva, al damunt dels quals s'instal·len zones lacunars i de maresma en cercar les aigües continentals la sortida al mar.

El sector d'Empúries es troba on afloren els materials calcaris del mesozoic. Aquest fet permet interpretar que en un primer estadi aquests materials durs constitueixen zones emergides avançades respecte a la línia de costa, sotmeses a l'erosió marina que generava una costa rocallosa amb penya-segats i illots. Es consideren testimoni d'aquesta dinàmica el promontori de Sant Martí d'Empúries i el talús de calcàries que es troba sota el conjunt arqueològic, a uns 200 metres de l'actual línia de costa, darrera el mur de l'antic port (Marqués/Julia 1983). Posteriorment, la progradació de la plana deltaica va donar lloc als cordons sorrencs litorals que uneixen les zones rocalloses abans separades i donen lloc a zones lacunars al seu darrera.

L'acció antròpica, iniciada ja en el segle XII, encaminada a la dessecació de les zones humides seria la responsable de l'aspecte actual que ofereix.

Podem considerar, a mode de síntesi, que la Plana de l'Alt Empordà presenta una evolució deltaica en sentit ampli, dominada, a més dels fenòmens tectònics que actuen com a formadors de la depressió de l'Empordà, per l'acció de les onades, que dona com a resultat una costa lineal que avança per l'acreció de cordons litorals.

BIBLIOGRAFIA

ALOÏSI, J.-CL., MONACO, A., THOMMERET, J., THOMMERET, Y. 1975, Evolution paléogéographique du plateau continental Languedocien dans le cadre du Golfe du Lion. Analyse comparée des données sismiques, sédimentologiques et radiométriques concernant le Quaternaire récent, *Rev. Géog. Phys. et de Géol. Dynam.* (2), XVII (1), 13-22.

BACH, J. 1979, *Salinització dels aqüífers de la franja costera de l'Alt Empordà*, Tesi de llicenciatura, Universitat Autònoma de Barcelona. Bellaterra (inèdita).

BACH, J., TRILLA, J. 1984, Una limitación de uso en acuíferos litorales detríticos recientes, *I Congreso Español de Geología*, Volum IV, Segovia, 29-44.

BACH, J. 1986, Sedimentación holocena en el litoral emergido de "l'Alt Empordà" (NE de Catalunya), *Acta Geologica Hispanica* 21-22, 195-203.

- BACH, J. 1990, *L'ambient hidrogeològic de la plana litoral de l'Alt Empordà (NE de Catalunya)*. Tesi doctoral, Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Edició microfotogràfica (1991), Bellaterra.
- BURJACHS, F., BACH, J., BUXÓ, R., LLÀCER, P., McGLADE, J., PICAZO, M., PIQUÉ, R., ROS, M. T. 2005, El territori d'Empúries i les seves dades paleoambientals, *Empúries* 54, 21-28.
- FONTBOTÉ, J. M., VILLALTA, J. F., VIRGILI, C. 1958, De Figueras a Gerona, *Bull. Soc. Géol. Fr.* VIII, 8, 956-960.
- GOT, H., MONACO, A., SERRA, J. 1975, La plateforme continentale pyrénéenne: tectonique et sédimentation. *IX Congrès Inter. Sédimen.* 4, Nice, 171-177.
- MALDONADO, A. 1972, El delta del Ebro: estudio sedimentológico y estratigráfico, *Bol. Estrat. Univ. Barcelona*, 1, Barcelona.
- MARQUES, M. A. 1975, Las formaciones cuaternarias del delta del Llobregat, *Acta Geológica Hispánica* X (1), 21-28.
- MARQUES, M. A., JULIÀ, R. 1983, Características geomorfológicas y evolución del medio litoral de la zona de Empúries (Girona), *Actas del VI Reunión de Cuaternario*, 155-165.
- MAS, J., PALLÍ, L., BACH, J. 1989, Geologia de la plana del Baix Empordà, *Estudis del Baix Empordà* 8, 5-43.
- PALLÍ, L. 1972, *Estratigrafia del Paleògeno del Empordà y zonas limítrofes*, Publicacions de Geologia de la Universitat Autònoma de Barcelona 1, Bellaterra.
- RIBA, O. 1981, Canvis de nivell i de salinitat de la Mediterrània Occidental durant el Neògen i el Quaternari, *Treballs de l'Institut Català d'Història Natural* 9, 45-62.