

Figura 1.- Esquema geològic de la comarca del Maresme.

# CARACTERÍSTIQUES DINÀMIQUES DE LA COSTA DEL MARESME

Jordi Serra i Raventós  
Jordi Sorribas Cervantes  
Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona

## 1. INTRODUCCIÓ: EL MARC FISIogrÀFIC

La línia de costa del Maresme té una orientació general OSO- ENE ( $065^\circ$  N), pràcticament paral·lela a la Serralada Litoral (Serra de Marina, fig. 1). Entre aquest relleu i la línia de costa s'estén una plana litoral d'amplada variable, que pot assolir en la zona més àmplia fins els 2 km.

La costa és baixa, sense accidents naturals i amb pocs afloraments rocosos. Actualment es troba fortament antropitzada: hi ha 5 ports, nombrosos espigons, i esculleres de protecció de la línia del ferrocarril al llarg de gran part de la costa.

La xarxa hidrogràfica està constituïda per un conjunt de rieres que neixen a la Serra de Marina i tallen la plana litoral perpendicularment a la línia de costa. Els límits de la comarca queden emmarcats per dos rius: la Tordera i el Besòs. El primer és el de major importància del sistema natural, ja que constitueix la principal font de sediments del litoral del Maresme.

Des del punt de vista geològic, la costa del Maresme forma el que podem denominar la "província sedimentària del Maresme" (Serra i Calafat, 1989), al llarg de la qual es produïa un corrent continu de sediment des de la Tordera a llevant, fins al Besòs i més enllà.

Les principals unitats geològiques que formen el terapaís són:

### a) La Serralada Litoral:

Es forma essencialment per materials plutònics de tipus granodiorític, tonalites, leucogranits i per materials paleozoics i mesozoics molt localitzats a les parts més elevades. Afloraments d'aquests últims materials es troben en el NE del Massís del Montnegre.

### b) La Plana litoral:

És formada per materials quaternaris de diversa gèneci. Bàsicament està constituïda per dipòsits al·luvials, valls de rieres o cons al·luvials, i dipòsits de plana litoral (s.s.). Aquesta plana és contínua pràcticament a tot el sector, essent la seva màxima amplada de 2 km. a l'alçada de

Mataró (Villarroya, 1986). La seva superfície total és de 300 km<sup>2</sup>.

Estructuralment, el Maresme constitueix un gran bloc limitat per dos sistemes de falles de direcció NE- SO i NO- SE. L'últim d'aquests sistemes té unes dimensions menors i és aprofitat per a la instal·lació de rieres i torrenteres (Calafat, 1987).

La xarxa fluvial està formada pels dos rius que la limiten: la Tordera (al Nord) i el Besòs (al Sud), i per un conjunt de rieres de magnitud variable.

El riu Tordera té una conca de 800 km<sup>2</sup> i un cabal mig de 5m<sup>3</sup>/s, que supera els 200m<sup>3</sup>/s en èpoques d'avinguda. El conjunt de rieres drena una àrea de 350 Km<sup>2</sup>. Aquestes tenen un règim torrencial d'avingudes sobtades i molt intenses, gràcies a la seva curta longitud i al seu pendent. Cal destacar les rieres de Sant Pol i d'Argentona amb cabals que poden superar els 100m<sup>3</sup>/s durant una riuada. La resta, pràcticament no supera els 50m<sup>3</sup>/s.

La Serralada Litoral, altrament dita Serra de Marina, constitueix l'àrea font dels sediments que arriben directament a la costa. La xarxa hidrogràfica erosiona i condueix els materials granítics fortament meteoritzats fins a la plana litoral on són represos per la dinàmica marina i introduïts dins el sistema litoral. Pel que fa al volum de sediment, es pot considerar que la Tordera és l'entrada més important de materials al litoral. S'ha quantificat en diferents ocasions amb resultats diversos, i se'n considera la mitjana 100.000 m<sup>3</sup>/any, amb màxims de 200.000 m<sup>3</sup> (D.G.P.C., 1986). Tan sols una part d'aquesta quantitat (actualment es calcula en menys del 50%, en part a causa de les obres que s'han realitzat a la gola del riu) passa a formar part del sistema litoral. La causa de la gran pèrdua de sediments és el gran pendent que presenta el fons marí del front deltaic de la Tordera, i la morfologia de la desembocadura, que obliguen el sediment a davallar fins a fondàries d'on ja no es pot recuperar per al sistema litoral. (Serra i Calafat, 1988).

# MARC DINÀMIC

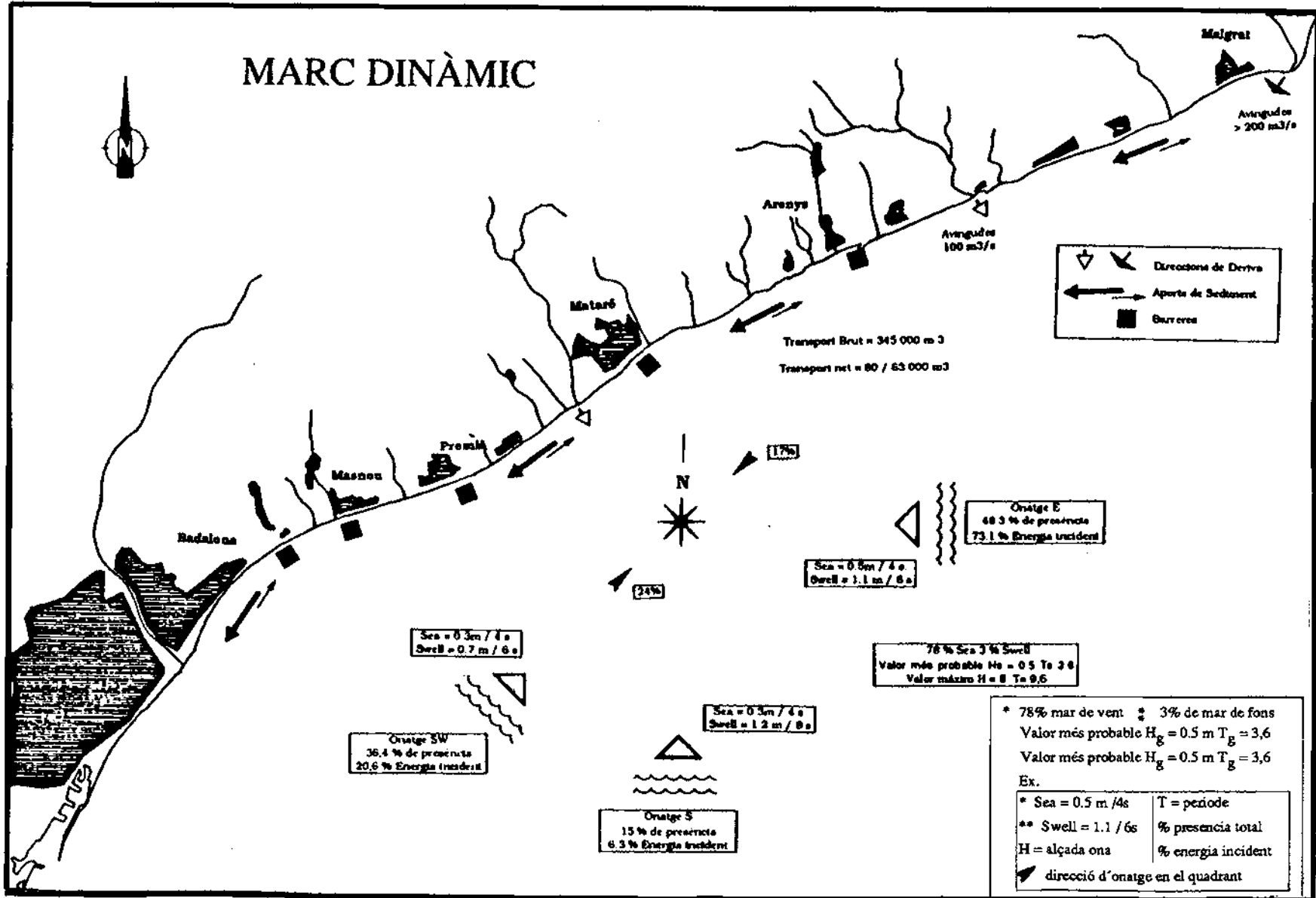


Figura 2.- Factors dinàmics marins, vents, aportacions sedimentàries per deriva litoral, i barreres construïdes del sistema litoral del Maresme. (Dibuix: modificat de Sorribas, J. 1990, pels autors.)

## 2. LA DINÀMICA DEL SISTEMA LITORAL

L'onatge és l'agent dominant des del punt de vista de la dinàmica sedimentària, com veurem més avall. La incidència dels corrents generals és poc important de cara a la seva repercussió en l'estabilitat i transport per tracció en el litoral, tan sols tenen una influència notable en el transport general cap al SO dels materials en suspensió. L'acció de les mareas és també poc important, ja que presenten valors mínims.

L'onatge més característic és l'originat pels vents locals, amb una freqüència en el temps del 78%, essent l'alçada d'ona més probable de 0,5 m., i el període de 3 s. (Calafat, 1986). Els estats de mar de fons, amb ones d'origen llunyà, són poc freqüents, tot i que poden tenir una incidència dinàmica notable.

Per sectors, els onatges de procedència del segon i tercer quadrants (SE i SO) són els més freqüents, però són els del primer quadrant (els de llevant i gregal) els més energètics, aportant el 73,1% de l'energia incident a la costa.

La deriva litoral resulta del clima i de la incidència obliqua de l'onatge a la costa, genera un transport net de sorra cap al SO quantificat en 45.000 m<sup>3</sup>/any (D.G.P.C., 1986). Altres autors donen valors més elevats: 83.000 m<sup>3</sup>/any (Copeiro 1982, Garau 1981), 60.000 m<sup>3</sup>/any (M.O.P.U. 1979).

## 3. EVOLUCIÓ DEL LITORAL

Fins poc abans dels anys 40, el litoral del Maresme era constituït per una costa estable amb platges a tota la seva llargada, d'amplades més o menys variables i contínues. Actualment, s'ha convertit en un dels exemples de costa amb més regressió de les platges, de manera que s'ha fet necessària l'intervenció amb mètodes artificials per a protegir-la i posteriorment per a recuperar-ne una part amb procediments que s'anomenen de "regeneració artificial", amb uns costos molt elevats.

Tot sembla indicar que ha estat l'activitat humana la responsable del desequilibri assolit en la dinàmica litoral d'aquesta zona; fins es pot dir que algunes actuacions orientades a reduir aquest efecte, únicament han accelerat el procés d'erosió o han produït altres efectes secundaris.

L'any 1947 s'inicià la construcció del port d'Arenys. A partir d'aquest moment les platges de ponent del port van començar a experimentar una forta regressió, mentre que les de llevant augmentaven les dimensions. En els deu anys següents (1947- 1957) es van construir els espigons de Caldes d'Estrac, per a protegir aquesta platja de la regressió. A partir de 1965 la regressió comença a tenir importància a les costes d'El Masnou, Premià i Montgat, on també es van haver de fer obres de defensa (esculleres) per a protegir la línia del ferrocarril.

Més enllà dels anys 60 es construeixen els ports de Premià i d'El Masnou. El primer d'ells amb problemes continus d'aterrament des de l'inici de la construcció deguts a la poca fondària de la bocana. L'acreció de la platja de llevant, i l'erosió de la de ponent, també es fa palesa en aquests ports.

Paral·lelament, el delta de la Tordera entra en una fase de disminució de les aportacions sòlides, coincidint amb l'explotació d'àrids i altres actuacions a la seva conca. Aquests canvis provocaren que el procés regressiu es fes també palès a la zona de Malgrat- Pineda.

El 1986 comencen les primeres actuacions de regeneració en dos dels trams malmesos: a Montgat- Premià i a Malgrat (amb 2.000.000 i 1.300.000 m<sup>3</sup> de sorra respectivament). El 1988 es torna a regenerar sobre aquestes àrees pilot, a causa de les fortes pèrdues sofertes. Coincidint amb la fi de les regeneracions, el port d'El Masnou comença a patir problemes greus d'aterrament. També durant aquell any s'inicien les obres de construcció del port de Mataró, i tres anys més tard les d'ampliació dels ports Balís, Premià i El Masnou.

Actualment (9/93), el programa d'actuacions del Ministeri contempla la regeneració del sector d'Arenys-Port Balís, amb unes aportacions de material sorrenc de l'ordre dels 3.000.000 de metres cúbics, i l'eliminació de part dels espigons existents.

## 4. EL MODEL DINÀMIC

El Baix Maresme, com a medi litoral, funciona com un sistema teòricament en equilibri, amb entrades, sortides i un motor dinàmic que genera el moviment dins el sistema. Aquests elements són (fig. 2):

a) les entrades: aportacions continentals, que entren al sistema per la desembocadura de la Tordera i per la de les nombroses rieres que drenen la Serra de Marina. Es descarten les entrades d'origen marí per raons dinàmiques i de la natura del sediment.

b) el motor: és l'onatge, el més energètic de l'Est, caracteritzat per presentar-se en tres règims diferents:

- règim d'onatge diari o normal
- règim de tempesta
- règim de tempesta extremal

c) els components del sistema: són els sediments del fons i de les platges, cadascun de característiques ben marcades. Es diferencien en:

- sediments de platja:
  - grollers i molt homogenis (molt ben classificats)
- sediments del fons:
  - fins (ben classificats)
  - grollers (ben classificats)
  - mitjans (uni o polimodals)

b) distribució dels sediments dins del sistema: els components del sistema (sediments) ocupen diferents "parcel·les" dins d'aquest (platja emergida, barres, plana litoral, front de la plana, etc.). Cadascuna d'aquestes parcel·les es caracteritza per uns processos dinàmics diferents:

1- Els sediments de la platja:

- Ocupen zones entre la línia de trencant i la platja interna, i es distribueixen en àrees separades per barreres naturals o artificials (antropització).

- Processos: dominen els derivats de l'arribada de les

onades, continus, i per tant lassificadors i homogenitzadors del sediment.

## 2- Els sediments dels fons:

- Ocupen parcel·les caracteritzades per: la fondària i la morfologia, i per tant pel nivell energètic a què estan sotmeses.

- Processos: són els produïts per l'acció del moviment orbital de les ones sobre el fons, i d'altres relacionats amb fenòmens més episòdics ("rip currents"). Aquests processos separen el material que pot ser transportat en suspensió, del que ho pot ser per tracció sobre el fons.

e) el moviment dins del sistema:

En el sistema es produeixen moviments del sediment tant dins d'una mateixa parcel·la com entre elles. Per tal que això passi, cal superar en cada cas uns llindars energètics. Aquests llindars vénen donats pels tres règims d'onatge diferents.

f) les sortides:

Part del sediment que integra el sistema, pot abandonar-lo integrant-se en d'altres més pregonos o que hi estan relacionats lateralment. El sistema perd sediment bàsicament cap a:

- pèrdues de sediment en fondària (irrecuperables)
- pèrdues de sediment cap als sistemes laterals (recuperables)

El model dinàmic ens permet explicar l'evolució de les formacions sedimentàries presents a la plataforma continental en condicions relictives, i establir-ne la cronologia de formació més acuradament. De la mateixa manera, pot fer-se extensiu a formacions sedimentàries anàlogues del registre geològic, presents en gran part de les sèries dels medis litorals antics, associats a costes de tipus "maresme".

## 5. EL COMPORTAMENT DE LES PLATGES

La morfologia tant de les platges emergides com de les submergides és un reflex directe de les condicions dinàmiques del medi. Aquest fet ens permet estudiar el sistema dinàmic i establir la resposta a curt termini del medi. L'estudi de les zones emergides s'enfoca de cara a obtenir informació sobre la seva evolució dins del període de seguiment, ja que és la part del medi que evoluciona més espectacularment a curt termini. L'estudi de la part submergida té un enfoc més general, degut a la menor precisió de les dades, que s'utilitzen solament per a definir el funcionament global del sistema litoral.

La platja emergida: malgrat la seva heterogeneïtat, es poden establir sectors o cel·les, on certes característiques són homogènies o tenen una certa tendència definida. Únicament el tractament estadístic de la seva evolució ens permet caracteritzar cada platja.

La zona submergida: un dels trets morfològics més destacables és l'existència d'uns prismes sedimentaris litorals, amb una morfologia externa molt característica i una estructura interna, força homogènia (a causa segurament de l'elevada homogeneïtat del sediment) que sembla indicar una progradació aigües enfora. L'anàlisi d'aquests

prismes obre alguns interrogants:

a- Quin tipus de processos poden explicar la seva formació?

b- Són actius actualment?

## Els límits dinàmics

Límit de la zona de transport longitudinal "longshore transport", fig. 3). Aquest tipus de transport, característic de la zona de llongada surf, és originat per l'onatge d'incidència obliqua a la costa. El límit aigües enfora es situa a la línia de trencant.

Límit de la zona de transport transversal "on-offshore transport". Aquest tipus de transport, típicament de direcció paral·lela a la propagació de l'onatge, s'origina pel moviment el·líptic de les òrbites de les ones a la zona de "shoaling". Els límits són: cap a terra, la línia de trencament de les onades; i cap a mar obert, una fondària que s'anomena fondària de tancament. Aquesta fondària marca el límit a partir del qual el sediment d'una granulometria determinada no es mou. En el càlcul de la fondària de tancament intervenen paràmetres sedimentològics (mitjana, densitat), paràmetres dinàmics (H, T), i paràmetres morfològics (pendent).

## Els sediments

Els sediments litorals del Maresme estan constituïts fonamentalment per sorres quars-feldspàtiques amb petites proporcions de miques, fragments de roques i metamòrfiques i minerals pesants. Únicament en els sediments de granulometria més fina (mitjana propera a les 100 micres), les miques poden arribar a ser components majoritaris.

Els components bioclàstics hi són presents, però en general no constitueixen un percentatge significatiu.

Al Maresme hi ha tres tipus principals de sediments (fig. 4):

1- Sediments fins ( $0.1 < M_d < 0.2$  mm.), unimodals ( $0.05 < M_o < 0.2$  mm), ben classificats ( $S_o = 1.4$ ); amb gràfiques de freqüència molt simètriques. A les CFA la població característica del transport en suspensió està ben representada.

2- Sediments mitjans ( $0.2 < M_d < 0.4$  mm), unimodals ( $0.2 < M_o < 0.35$ ), polimodals (amb les modes situades a les poblacions 2 i 3). Comparativament amb els anteriors estan mal classificats ( $S_o > 1.4$ ).

3- Sediments grollers ( $0.4 < m_d < 0.8$  mm), unimodals ( $0.35 < M_o < 0.7$  mm), molt ben classificats ( $S_o = 1.2$ ), generalment amb gràfiques CF força simètriques, encara que es poden trobar en alguns casos lleugers enriquiments en fins o en grollers.

En general, aquesta classificació és força vàlida per a la majoria dels sediments observats; no obstant, hi ha sediments que surten d'aquesta classificació. Trobem per exemple mostres de sorres grolleres amb gran quantitat de bioclastes que fan pujar la mitjana per sobre dels 0.8 fins a 1.5 mm. Els considerem un tipus a part.

El coneixement dels sediments de les nostres platges ens pot donar molta informació de la seva procedència i dels processos que han fet possible que els trobem tal

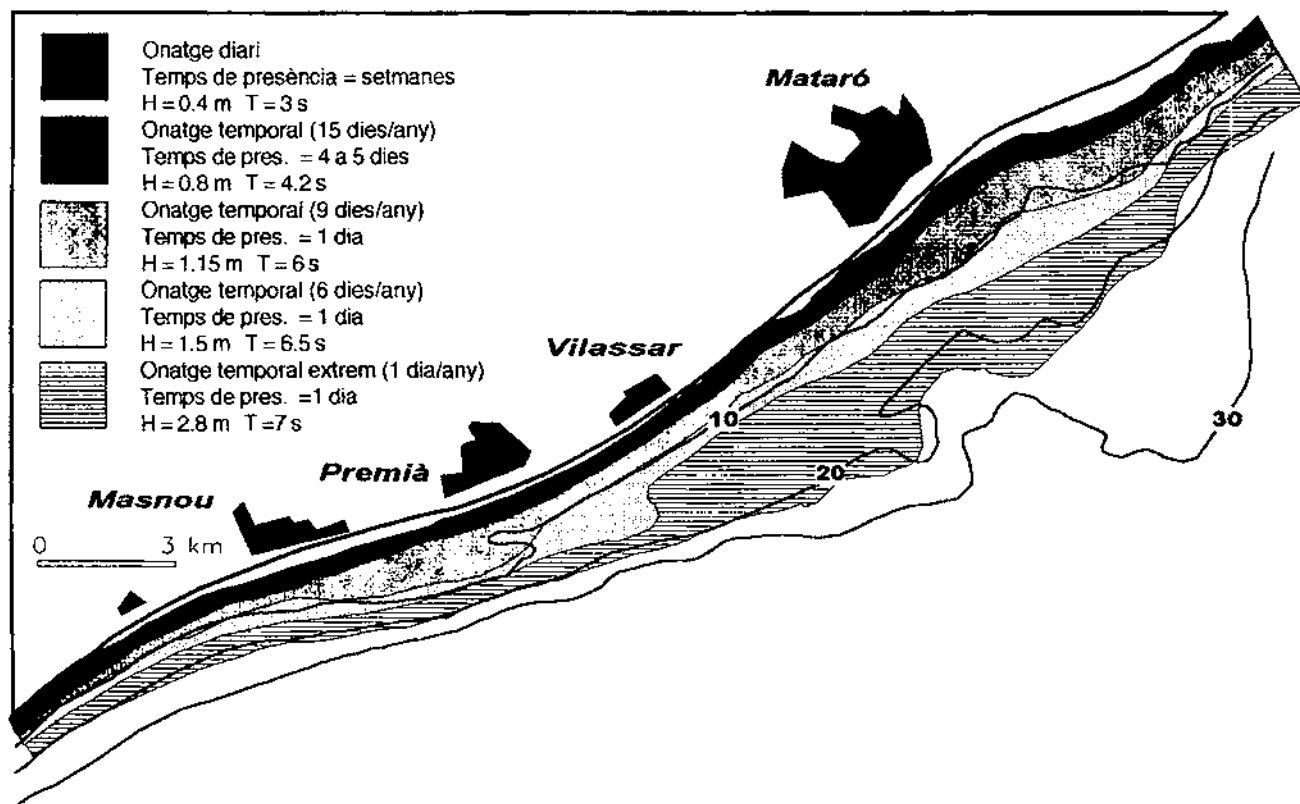


Figura 3.- Distribució en fondària dels límits d'acció (transport de sediment) dels diferents règims d'onatge en funció de l'alçada d'ona (H) i del període (T). (Dibuix: original dels autors).

com es presenten avui dia, però també ens deixa moltes qüestions obertes a què caldrà trobar una explicació més endavant.

De l'anàlisi sedimentològica es poden treure les següents conclusions:

- la composició de "les sorres" litorals del Maresme ens confirma que la seva àrea font és única i pròxima: la Serralada Litoral i el Montseny.

- els agents dinàmics confereixen al sediment característiques determinades, reflex de la seva energia. Sovint, podem distingir els sediments que pertanyen a diferents unitats litorals on els agents són també diferents o actuen durant períodes i intensitats diverses. Hem vist que els sediments de la zona de batuda són diferents dels que trobem a 10 m. de fondària, tot i que tenen la mateixa composició i mida mitjana de gra, perquè els processos dinàmics als quals estan sotmesos no són els mateixos. L'elevada diversitat en les característiques granulomètriques implica un ampli ventall de situacions dinàmiques.

- no obstant, no tots els sediments ens serveixen per distingir evolucions cíclics o deduir processos a gran escala (deriva litoral) o els efectes que puguin tenir les

construccions antròpiques sobre el litoral. Els sediments de la platja emergida són massa homogenis i massa ben classificats per utilitzar-los com a indicadors d'aquests tipus de fenòmens.

- la distribució dels sediments sembla anar lligada a la morfologia. En certs casos aquesta última pot ser el controlador lògic de la distribució, i al mateix temps el resultat. N'és un exemple la localització de sediments fins en zones de pendent elevat. En altres situacions sembla no ser raó suficient per a justificar la localització d'un cert tipus de sediment, com en el cas de la franja de sediment fi localitzada per sota dels 5m. de fondària, entre la platja i la plana litoral.

## 6. REGENERACIÓ DE LES PLATGES I EFECTES

Les intervencions realitzades en el litoral del Maresme al llarg dels darrers anys, han permès de recuperar alguns trams de la platja en els sectors més castigats per la manca d'aportacions de sorres provinents de la deriva litoral, interrompuda bàsicament per la presència d'obres. En els dos sectors regenerats, el comportament posterior ha estat desigual, i s'hi han pogut observar

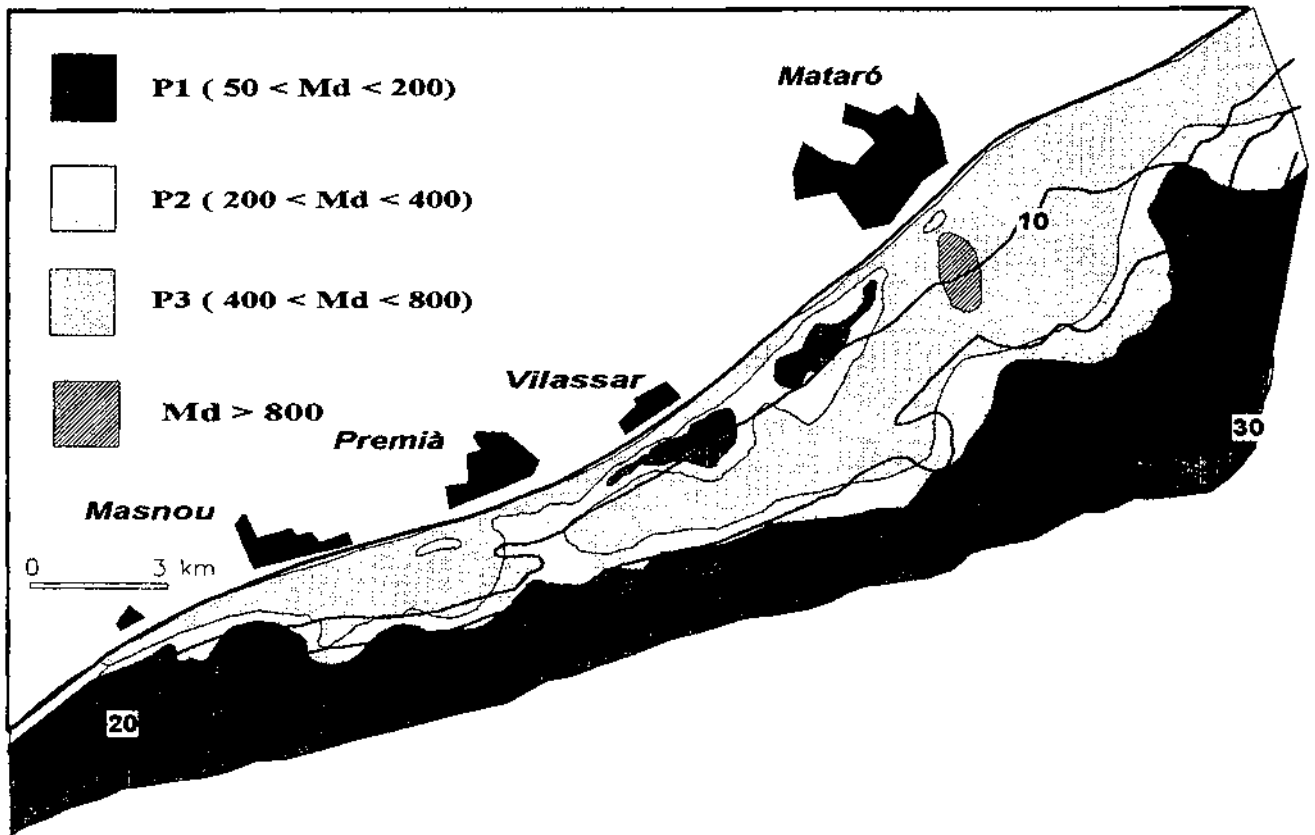


Figura 4.- Distribució dels sediments (mediana granulomètrica en  $\mu$ ) en fondària al llarg de la zona litoral del Maresme, en la que s'observa l'estreta relació amb la morfologia del fons (Dibuix: original dels autors).

diferències notables en funció de l'exposició major o menor als agents dinàmics o a la influència de les obres pròximes; en tots els casos, els perfils emergit/submergit de les platges presenten un procés ràpid d'evolució cap al perfil d'equilibri amb les condicions dinàmiques existents, cosa que comporta la pèrdua progressiva de la part emergida. Dels sectors regenerats, els sotmesos a una major energia han perdut la major part de la sorra de la platja emergida, si no tota, mentre que un perfil submergit s'ha mantingut en una situació més estable. Les futures intervencions s'haurien de programar tenint en compte els resultats precedents: algun tipus de protecció lleugera evitaria una ràpida desaparició de la platja emergida.

Les experiències de regeneració en el Maresme han estat pioneres en el nostre país, a més de les operacions de seguiment que s'han fet a continuació. La oportunitat d'experimentar a escala natural és força interessant, més davant d'un model únic des del punt de vista de la dinàmica litoral i del desenvolupament de la zona. El que sí que tenim molt clar és que, a partir de la situació actual, les zones de platja es veuran progressivament mancades

del material primer, la sorra, que haurà de ser reposada per mitjans artificials, i si se la vol preservar, també s'hauran de prendre mesures per a protegir-ne l'estabilitat. Tot això implica pensar en un sistema altament antropitzat i amb uns costos elevats.

#### BIBLIOGRAFIA

- CALAFAT, A. (1986).- *Morfosedimentologia de las costas del Maresme*, Tesi de Llicenciatura, Univer. de Barcelona.
- DIR. GRAL. DE PORTS I COSTES. (1983).- *Pla de Ports esportius*. Generalitat de Catalunya.
- SERRA, J., i al. (1986).- *Dinàmica sedimentaria de una costa subalimentada*. 12 Cong. Esp. de Sedimentologia: 239- 249.
- SORRIBAS, J. (1991). *Dinàmica del litoral del Baix Maresme*, Tesi de Llicenciatura, Univer. de Barcelona.