

VICENT ESTEBAN CHAPAPRÍA*
VICENÇ M. ROSSELLÓ**

FORMES TERRESTRES, DIPÒSITS EÒLICS I MARINS DE LA SERRA GELADA

RESUMEN

Se estudia la geomorfología de la Serra Gelada, su red de drenaje y los tres frentes marinos que presenta este sector litoral montañoso situado en la extremidad de las cadenas prebéticas valencianas. Destacan en el frente marino suroriental determinadas formaciones eólicas cuaternarias que alcanzan cerca de los 200 m de altitud y se implican con taludes y conos de materiales desprendidos de los acantilados. Se analiza la morfología de la plataforma litoral y las características sedimentológicas de los materiales costeros.

ABSTRACT

The geomorphology of the Serra Gelada has been studied, including its drainage system and three different stretches of the seaside. The mountainous littoral area is placed in the Valencian Prebetic chains extremity. Its highlighted characteristics are the aeolian quaternary deposits that reach nearly 200 m altitude. They are implicated with talus and fans come apart from the cliff. The littoral morphology is studied as well as the sedimentological characteristics of the littoral deposits.

RESUM

Hom estudia la geomorfologia de la Serra Gelada, la seva xarxa de drenatge i els tres fronts marins que presenta aquest sector muntanyenc situat a l'extremitat de les serres prebètiques valencianes. Hi destaquen al front marí sud-oriental determinades formacions eòliques quaternàries que assoleixen prop dels 200 m d'altitud i s'impliquen amb talussos i cons de materials despresos dels penya-segats. Hom analitza la morfologia de la plataforma litoral i les característiques sedimentològiques dels materials costencs.

* Laboratori de Ports i Costes. Universitat Politècnica de València.

** Departament de Geografia. Universitat de València.

1. INTRODUCCIÓ

L'alineació muntanyenca prebètica litoral, coneguda com a Serra Gelada i des de la mar com a Penyes de l'Albir, té una amplària mitjana d'1,5 km i el seu punt més elevat arriba a 438 m. El bloc basculat és afectat per la incisió profunda de barrancs "conseqüents", el curs inferior dels quals es veu ocupat per blocs i pedrisses en forma de llengua.

Al front marítim, als grans penya-segats que en formen la façana, s'observa la presència de grans formacions relictas adossades, que consisteixen en importants cons de materials arenosos, més o menys cimentats, que presenten en superfície i, de vegades també intercalats, materials gruixuts heteromètrics i fins i tot grans blocs, procedents d'enderrocs de l'espadat (ESTEBAN, 1991 i 1993; ROSSELLÓ *et al.*, 1995). El tema va atraure d'antuvi la nostra atenció a causa de l'entitat dels dipòsits eòlics. En realitat es tracta de construccions mixtes de dunes grimpadores i enderrocs de vessant que atenyen la seva màxima altària devers 200 m s.n.m.

Als registres de vent del Cap de Sant Antoni, l'observatori més pròxim, (SANJAUME, 1985) el component de llevant és notable. El SE no hi manca del tot, però només en l'estiu hi assoleix velocitats superiors als 21 m/s; avui la seva acció podria ser considerada reponsable de les eolianites. Tanmateix, no tenim informació de les direccions predominants durant el plistocè i l'holocè.

2. GEOMORFOLOGIA DE LA SERRA GELADA

2.1. Aspectes generals

A l'àmbit valencià les costes espadades de major rellevància es troben al litoral meridional. La Serra Gelada tanca pel sud la badia d'Altea, l'extrem septentrional de la qual constitueix el Morro de Toix. La badia d'Altea és una zona litoral deprimida que dona pas a un glacis on es desplega una extensa xarxa de barrancs, especialment a la part del nord, vora la Serra de Bèrnia i el Morro de Toix. Al sud de la Serra Gelada s'obri la recalada de Benidorm que abriga dues importants formacions de platja separades per un petit promontori. La Serra Gelada emergeix així com una estructura separadora d'ambients i àrees costenques, amb un front espadat que al seu cim ateny cotes de prop de 440 m. La major part de la serra, en tot el seu tram central, voreja cotes màximes de 320-380 m.

La morfologia general de la Serra Gelada, prolongada tant a l'Illa Mitjana com a l'Illa de Benidorm, és especialment peculiar des de angles diversos. Observada des del nord o del sud, la seva forma de falca és patent, suaument inclinada pel seu vessant continental, amb un angle agut de devers 25° terra endins. Des d'una perspectiva marina, en canvi, conforma un frontó gairebé rectangular, lleugerament basculat cap al SW (foto 1).

A fi de determinar les línies estructurals i les característiques geomòrfiques de la serra, hem procedit a l'anàlisi i interpretació de fotografies aèries a escala 1:33.000 i 1:12.000. El traç del front espadat és conseqüència d'una fractura longitudinal que delimita una línia de crestes d'origen tectònic palès. Els eixos principals de les fractures, de direcció NE-SW, són paral·lels a l'esmentat penya-segat i es complementen amb un conjunt de falles d'entitat menor que configuren la corresponent retícula ortogonal.

A la plataforma submarina immediata s'ha pogut reconèixer la continuïtat d'aquestes estructures, amb un predomini de falles que esglaonen el relleu submergit mar

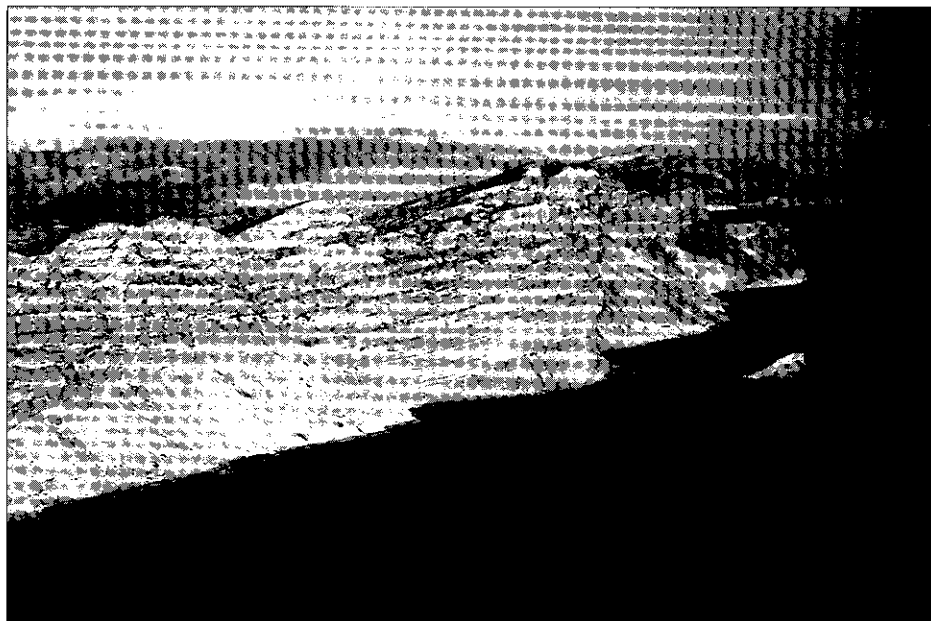


Foto 1. Les penyes de l'Albir són la façana marítima de la Serra Gelada. Vista aèria des del S, que mostra en primer terme el gran talús eolianític-col·luvial, l'espadat vertical del Port del Tamarit, l'Illa Mitjana —un model a escala reduïda—, l'Alt del Governador i el Morro de Sant Jordi.

endins. Aquests sistemes semblen estar associats al gran accident Cádiz-Crevillent, la influència del qual es manifesta a tots els perfils geosísmics realitzats al litoral prebètic.

Tant a la zona emergida com a la submergida, la fracturació mostra un predomini de moviments normals que han provocat l'afonament de nombrosos volums. La geometria perpendicular de les línies de debilitat facilita una certa compartimentació de blocs de capteniment desigual i que, de vegades, han experimentat basculaments sectorials. Com a conseqüència, els flancs són trams també rectilinis, d'origen marcadament tectònic. Els blocs centrals, al seu torn, semblen haver experimentat elevacions, reflectides per discordàncies litològiques i canvis bruscs laterals de fácies. L'acció erosiva diferencial de l'orogènesi sobre els diferents materials deu haver generat un perímetre costenc amb avançades i reculades successives i enllaçades al llarg del front marítim de la Serra Gelada (Punta de l'Albir-Cala de la Pila-Morro de Sant Jordi-etc.). Al mateix temps tot això sembla relacionat amb el grau distint de conservació dels dipòsits d'eolianites i col·luvions quaternaris que es troben adossats al penya-segat.

2. 2. Xarxa de drenatge i fronts marins

L'anàlisi del modest ordit fluvial de la Serra Gelada permet de distingir l'existència de dues conques antigues (A i B), en les quals s'encaixà una xarxa de drenatge pliocènic, i una altra, més jove (domini C), articulada a causa de les transformacions del relleu degudes al funcionament quaternari del sistema de fracturació (fig. 1).

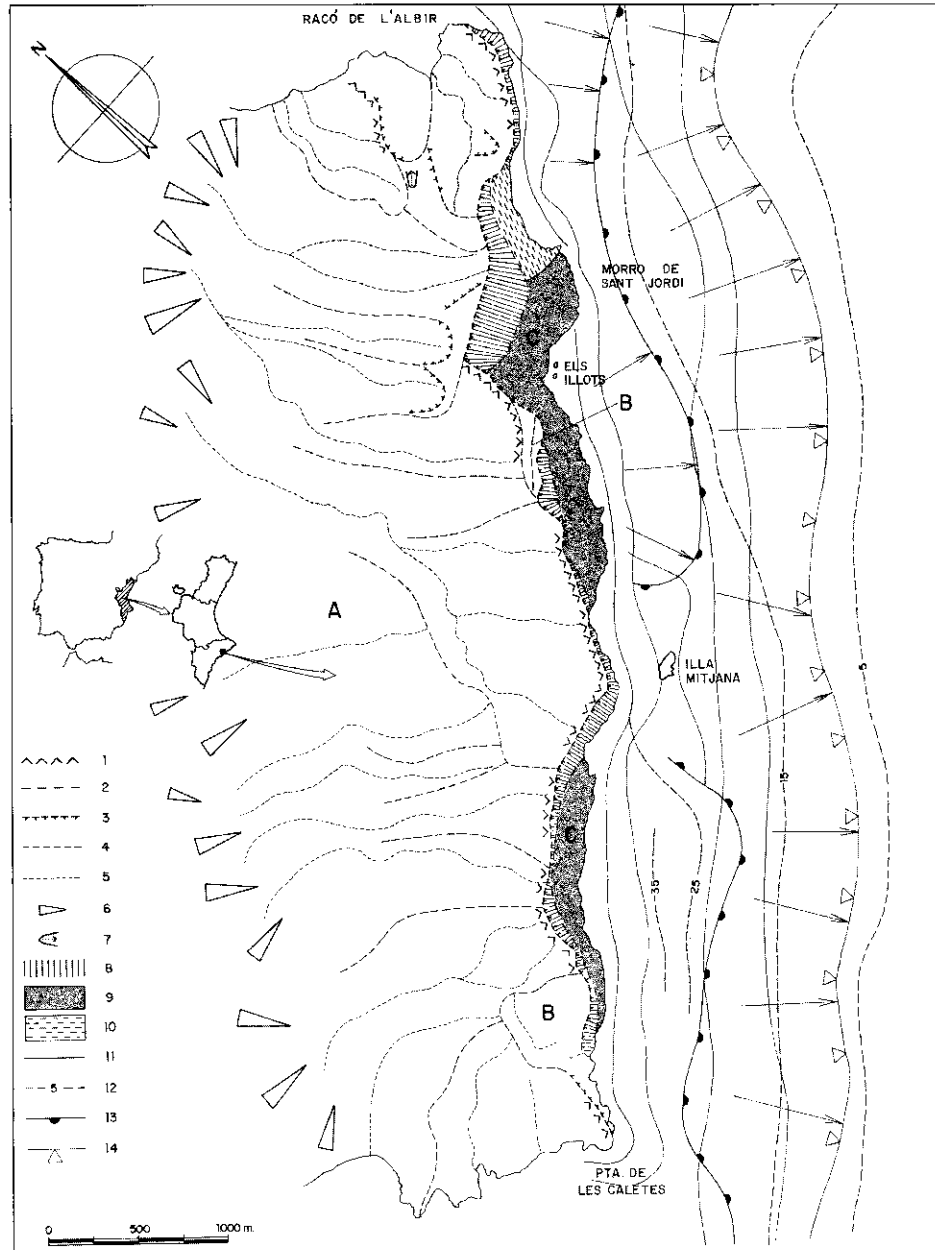


Fig. 1. Geomorfologia general de la Serra Gelada. 1. Capçalera seccionada. 2. Divisòria d'aigües. 3. Escarpa. 4. Curs principal. 5. Curs secundari. 6. Cons i ventalls. 7. Captura. 8. Penya-segat. 9. Talús detrític. 10. Talús sobre alternança de margues i calcaris. 11. Isòbata (metres). 12. Isopaca (metres). 13. Vora superior del prisma litoral (holocènic). 14. Vora inferior del prisma litoral (holocènic).

Els dominis A i B estigueren formats per sengles xarxes fluvials, la primera de vergència cap al NW i la segona, cap al SE. Se'n pot seguir encara la divisòria en alguns segments que es conserven més o menys alineats a la zona de cresta de la serra, al mateix cim de l'espada marítim, cosa que es pot observar al S de la Cala dels Illots i al N de la Punta de les Caletes. Dins aquest conjunt el vessant continental —el que correspon al domini A, el que flueix vers NW— es troba ben conservat i integra un grup de barrancs de fort declivi, de cursos rectilinis i paral·lels entre sí, rígidament subordinats a l'estructura. En diverses ocasions els canals segueixen traces obliqües a l'orientació general, acomodant-se a línies de debilitat. Aquesta mateixa causa és també la responsable d'algunes captures. Cal remarcar que una part de la zona de capçalera d'aquest domini, la veiem avui dia bruscament seccionada pel sistema principal de falles, paral·leles al penya-segat marí que retallen amb una cicatriu rectilínea la geometria arquejada de les antigues conques de recepció, de capçals crenulats.

El domini B té una migrada presència, ja que el flanc SE del relleu sobre el qual va implantar-se avui ha restat desmantellat i afonat. Algunes restes d'aquelles capçaleres poden ser reconegudes en petits testimonis suspesos, immediats al que seria la divisòria d'aigües antiga. En conseqüència, ni les característiques, ni l'extensió, ni la morfologia d'aquest sector, no poden reconstruir-se i l'existència del domini B només permet constatar el retrocés de la línia de costa i la pèrdua d'espai continental durant les fases morfo-genètiques quaternàries.

El domini C disposa d'una àrea de drenatge derivada directament de l'activitat neotectònica a la que s'afegeixen els processos litorals erosius. El seu àmbit coincideix amb el perímetre extern de la Serra Gelada i al seu desenvolupament hereta ocasionalment retalls pertanyents a l'antic domini B, en anar vinculant sectors captats mitjançant escarpes de falla a causa de l'activa erosió remuntant induïda pel trencament i afonament de blocs. La importància d'aquesta àrea C rau precisament en que, sent la seva formació posterior a la dels dominis A i B, allotja una remarcable sèrie sedimentària composta principalment per dipòsits eòlics i col·luvials que podrien representar una seqüència marino-continental del pliocè mitjà-superior.

Ací s'individualitzen tres fronts de la Serra Gelada per tal de diferenciar-ne les característiques geomorfològiques més destacables:

1. *Sector Racó de l'Albir i Punta Bombarda.* Aquesta zona, corresponent al flanc NE de la serra, apareix afonada i desnivellada respecte als blocs situats més al S. El fenomen respon a un conjunt de falles de direcció NE-SW que, com ha estat dit, tenen continuïtat a la plataforma submarina adjacent (foto 2). La depressió formada així constitueix una cala estructural sobre materials calcaris, on s'instal·la una petita conca vessant al NW, composta per barrancs, les capçaleres dels quals, que procedeixen del vessant NE, es troben seccionades, és a dir, després de la seva formació s'enfonsen cap a la mar amb motiu de trencaments de tectònica recent. La particularitat de la zona oposada (vessant SW) és que ha capturat els fluxos d'una petita vall penjada, separada per una escarpa i a la que s'uneix formant un angle recte.

La zona N, rejuvenida pel desnivellament sobrevingut, té un gradient pronunciat. Tota la costa d'aquesta àrea és un penya-segat de materials calcaris amb una remoció activa a la base que n'explica l'absència de dipòsits sedimentaris. A la citada àrea sobreix una altra vegada el tall de les seves capçaleres a conseqüència de la falla que enfonsa les àrees

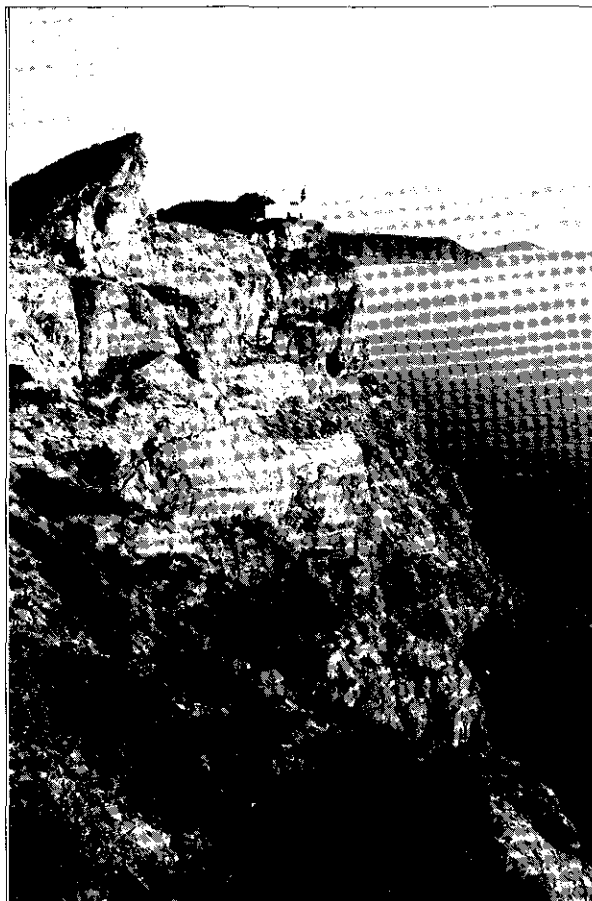


Foto 2. Punta de la Bombarda o de l'Albir on abans hi havia una talaia i ara hi ha una farola. Sector N de la Serra Gelada, afectat per una fracturació intensa que determina l'espadat marí. Algunes de les cavitats corresponen a la mineria de l'"ocre" de principis de segle.

immediates, com també el canvi sobtat de direcció del curs inferior dels barrancs, condicionat possiblement per la tendència subsident de l'espai meridional de la badia d'Altea.

2. Sector *Penyes de l'Albir* (frontal de Serra Gelada). Exposat al SE, correspon al conjunt de timbes calcàries que, amb una geometria d'espadat-talús, adopten un perfil general recte-recte-convex a causa de l'activa erosió basal.

La morfologia i rapidesa evolutiva dels diferents trams està subordinada a les variacions de la naturalesa del rocam i a l'existència de falles i diàclasis. Els nivells que corresponen al penya-segat són sempre formats per bancades calcàries que s'estalonen sobre un entaulat margocalcari, tipus *flysch*, al qual es desenvolupa el talús del vessant.

Aquesta sèrie mesozoica ocasionalment conté a la base del seu perfil subaeri un estrat calcari, prou potent, que s'oposa directament a l'acció de l'onatge. La seva resistència dóna l'estabilitat necessària per tal que puguin conservar-se els dipòstis detrítics plis-tocènics acumulats en aquesta zona del coster.



Foto 3. A la meitat meridional de la Serra Gelada hom pot veure, enfront de l'illa Mitjana, el Morret Negret i el Port del Tamarit i, en primer pla, les eolianites grimpadores adossades al penya-segat.

A tot aquest tram l'escolament es concentra en regalls i barrancs de màxim pendent que a les capçaleres connecten brusquement amb els vestigis aïllats de la paleoxarxa que va configurar el domini B. Com a trets remarcables d'aquests subambients, podem enumerar-ne uns quants. A l'àrea més meridional una falla posa en contacte un rocam calcari al N amb un altre de margocalcari al S; ambdós passen a formar el penya-segat marí. La resposta desigual a l'erosió marina es manifesta morfològicament en la disposició arquejada que dona lloc a la Cala del Cantalar, amb un retrocés més ràpid i una capacitat menor de preservació dels dipòsits quaternaris.

Al S d'aquesta àrea, la tectònica basculant fa aflorar un nivell calcari a la base de la sèrie *flysch*. Això permet en aquest curt segment la conservació de sèries sedimentàries completes compostes per col·luvions i dunes, com també una bona i única representació del nivell col·luvial més antic (nivell "Cuevas", 1), en la paleotopografia del qual s'encaixen tots els altres.

Immediatament al S, una altre renovellament del joc entre blocs fa aflorar el substrat margocalcari i per això la disposició de la costa recula en forma de suau badia a la qual es dipositen importants acumulacions col·luvials i dunars (foto 3). El retrocés d'aquesta zona és més ràpid i fins i tot les dunes litificades són víctima d'un desmantellament actiu del quals en són reflex els Illots.

Vers el S caldria remarcar dos aspectes: el primer es refereix a l'existència d'un testimoni de l'antiga correntia corresponent al domini B. El segon constata la presència d'una alineació d'esperons resistents contra l'onatge que, si testifiquen un altre aflorament de

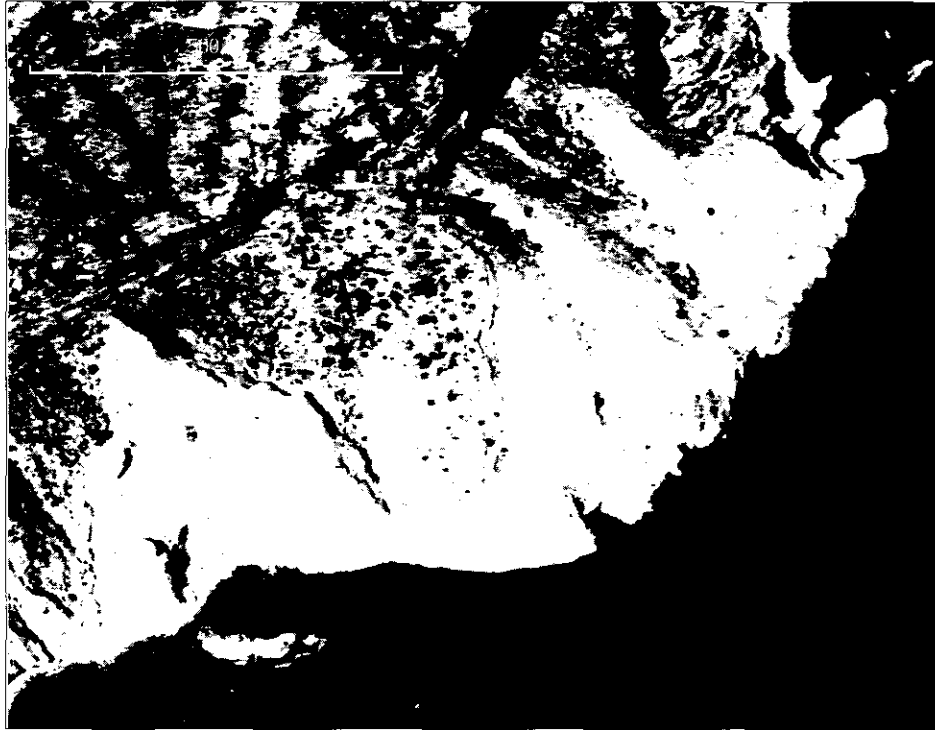


Foto 4. Les eolianites del sector comprès entre la Cala de la Pila (endinsada del NE) i la Caleta dels Illots, són les que han permès un estudi més acurat en aquest volum. (Fotografia del Centro de Gestión Catastral. Ministerio de Hacienda).

bancades calcàries, explicaria que al llarg d'un considerable segment trobem ben conservats els dipòsits eòlico-col·luvials, amb un perfil regulat i sense gaire pèrdua erosiva (feta excepció de l'antròpica de l'efluent de Benidorm). En aquesta zona les capçaleres del domini fluvial A no es veuen seccionades, sinó que encara s'hi poden endevinar testimonis esquifits del domini B.

Més cap al S s'esdevé un canvi de característiques. Es tracta d'un breu esperó vertical que mostra un clar escapçament de totes les conques superiors dels barrancs. Tot seguit apareix altra vegada un dipòsit arenós continu amb cobertura col·luvial superior i un acusat gradient que explica l'empremta de contínues solsidees, influïdes pel que sembla per falles transversals que desestabilitzen aquest tram. Com a final d'aquest segment, la zona amb vessant marí de la Punta de les Caletes és la més àmplia i representativa del que seria el domini B.

3. *Sector Punta de les Caletes-Racó de l'Oix*. Ocupa el flanc SW de la serra. Una sèrie de conques petites, en prolongar les seves capçaleres, capturen parcialment el paleorelleu de l'àrea corresponent al domini B. Els barrancs tenen una forta rostària i s'encaixen aprofitant línies de fractura, condicionats pel baix nivell de base que representa la badia de Benidorm. De més a més, ofereix les particularitats següents: a) les capçaleres dels petits

barrancs de l'est han estat escapçades, i *b)* el traçat rectilini d'aquest flanc obeeix a una falla que és responsable de la vergència basal forçada dels barrancs del sector.

3. ELS DIPÒSITS EOLIANÍCS DE LES PENYES DE L'ALBIR

Els dipòsits que romanen avui encara —d'altres han estat desmantellats en part o gairebé del tot— consisteixen en grans cons maclats, fets de materials arenosos més o menys cimentats. En superfície, i de vegades també intercalats, hi ha materials gruixuts heteromètrics. Els dipòsits de vessant constitueixen una successió complexa de diferents



Foto 5. El talús central de les dunes fòssils, al N de l'Illa Mitjana, s'estén al llarg d'un quilòmetre i escaig i arriba a 175 m d'altària emergida. Al mig, l'efluent de la depuradora de Benidorm. (Ortofotografia del Centro de Gestión Catastral. Ministerio de Hacienda).

unitats superposades que solen mostrar contactes bruscs de tipus erosiu. D'altra banda en aquestes unitats sovintegen els canvis laterals de fàcies, cosa que, unida al caràcter discontinu dels afloraments, dificulta les correlacions que assàgen Fumanal i Yébenes en un altre article d'aquest volum. La presència dels dipòsits estudiats es desplega fonamentalment en tres trams.

El primer es troba centrat al sector comprès entre la Cala de la Pila i la Caleta dels Illots (foto 4), on les incisions dels barrancs i l'erosió marina permeten la visió de seccions transversals i longitudinals. D'altra banda, és ací on apareix la successió més completa de materials. Es tracta d'un tram esqueixat, immediatament al sud del Morro de Sant Jordi, d'uns 250 m de llargària al peu del dipòsit, vora els Illots.

El segon, al nord de l'Illa Mitjana, té un abast final aproximat de devers 1.200 m. El tram més extens assoleix cotes de prop de 175 m en una llargària d'uns 600 a la seva zona central (foto 5).

El tercer tram principal s'estén al sud de l'esmentada Illa Mitjana. Roman separat del primer tram per un esperó que s'endinsa a la mar uns 200 m respecte als trams penyasegats adjacents, tant al nord com al sud. Aquest esperó coincideix en posició amb la corresponent de l'Illa Mitjana. Els dipòsits eolianítics d'aquest tram es desenvolupen en una major llargària, aproximadament de 1.800 m, tot i que amb una menor envergadura general. Al seu extrem septentrional assoleix cotes semblants, de devers 150 m, a les que arriba el tram situat més al nord, encara que va minvant d'altària paulatinament vers el sud. La seva altària mitjana és menor que la del tram situat al nord de l'Illa Mitjana (foto 6).

El talús exterior de tots tres trams de dipòsits descrits oscil·la entorn dels 30° i el seu peu, en general, ha estat erosionat per l'onatge fins a una cota variable de devers 6 m.

Hem pogut avaluar, mitjançant el càlcul a partir de 19 perfils transversals, el volum de materials presents als dipòsits eolianítics esmentats, actualment emergits. Per això ha calgut adoptar les adequades hipòtesis de contactes entre la superfície pròpia del penyasegat i la corresponent als referits dipòsits. Aquestes hipòtesis s'han establert a base de l'anàlisi morfològica, en especial pel que fa als pendents del tram espatat visible a la part superior del perfil. Els perfils transversals (figs. 2, 3 i 4) s'han dibuixat a partir de la cartografia disponible a escales 1:2.000 i 1:5.000 dels ajuntaments de Benidorm i l'Alfàs del Pi i del Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria del Ministerio de Economía y Hacienda. Igualment s'han utilitzat als mateixos efectes ortofotos a escala 1:5.000 de tota l'àrea litoral de la Serra Gelada, pertanyents al mateix Centro, com també fotografia aèria vertical a la mateixa escala i fotografia aèria oblíqua. Els volums determinats als diferents trams es recullen a continuació:

Tram Cala de la Pila-els Illots	835.000 m ³
Tram al nord de l'Illa Mitjana	10.630.000 m ³
Tram al sud de l'Illa Mitjana	4.285.000 m ³
Total	15.750.000 m³

El dipòsit principal, doncs, és el situat al tram central del front marítim de la Serra Gelada. Si s'analitza la planta del dipòsit, pot observar-s'hi una posició general lleugerament avançada cap a la mar, del tram corresponent al nord de l'Illa Mitjana. El tram situat

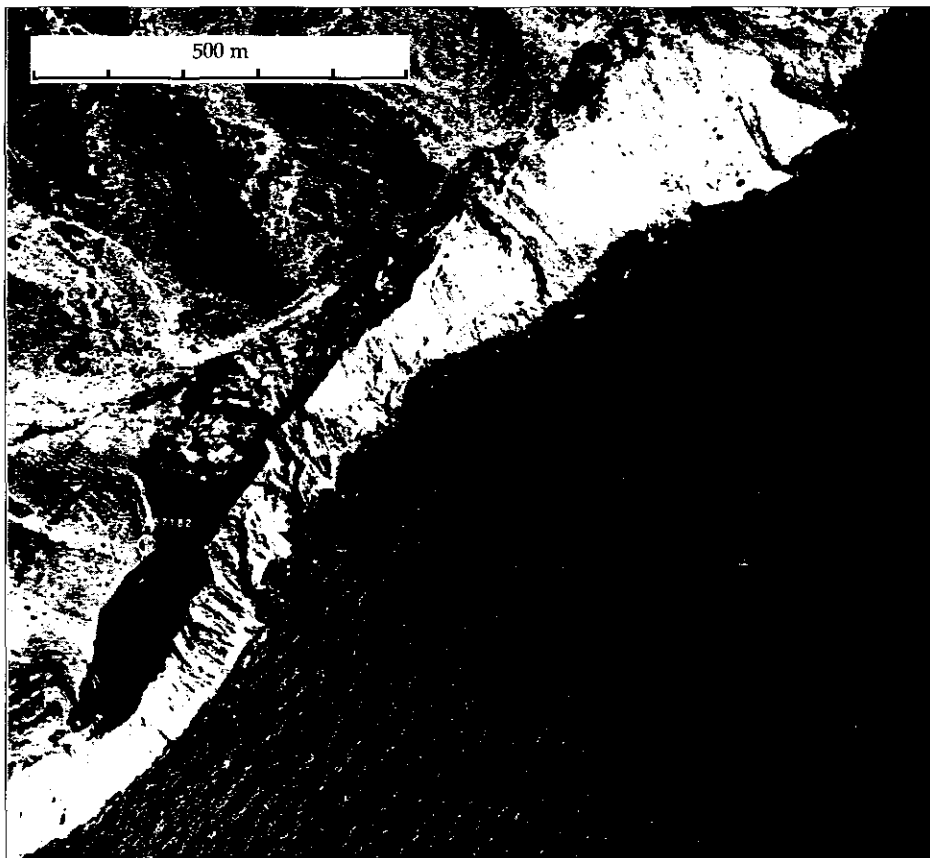


Foto 6. El tram meridional eolianític és el més llarg (1.800 m), però ateny un desenvolupament menor. Va des del Port del Tamarit fins a la mateixa Punta de les Caletes. (Ortofotografia del Centro de Gestión Catastral. Ministerio de Hacienda).

al sud es troba endinsat en la seva alineació general aproximadament uns 300 m respecte al del nord, cosa que podria ser relacionada amb la menor envergadura dels dipòsits corresponents. Tot sembla assenyalar que la posició reculada de l'alineació general del penya-segat siga la causant del menor desenvolupament dels dipòsits eòlics.

4. MORFOLOGIA DE LA PLATAFORMA LITORAL

La plataforma litoral pròxima està coberta d'arena de gra fi fins a la isòbata de 20 m. A partir d'aquesta profunditat els fons són composts de fangs, alternant tant amb arenes com amb pedres, i ja a la zona fangosa, per prades de posidònia i de *Cymodocea*.

Des d'un punt de vista geomorfològic, i més encara en relació a la morfologia submarina, una de les formacions més interessants de l'àrea, la constitueix la fletxa sotai-

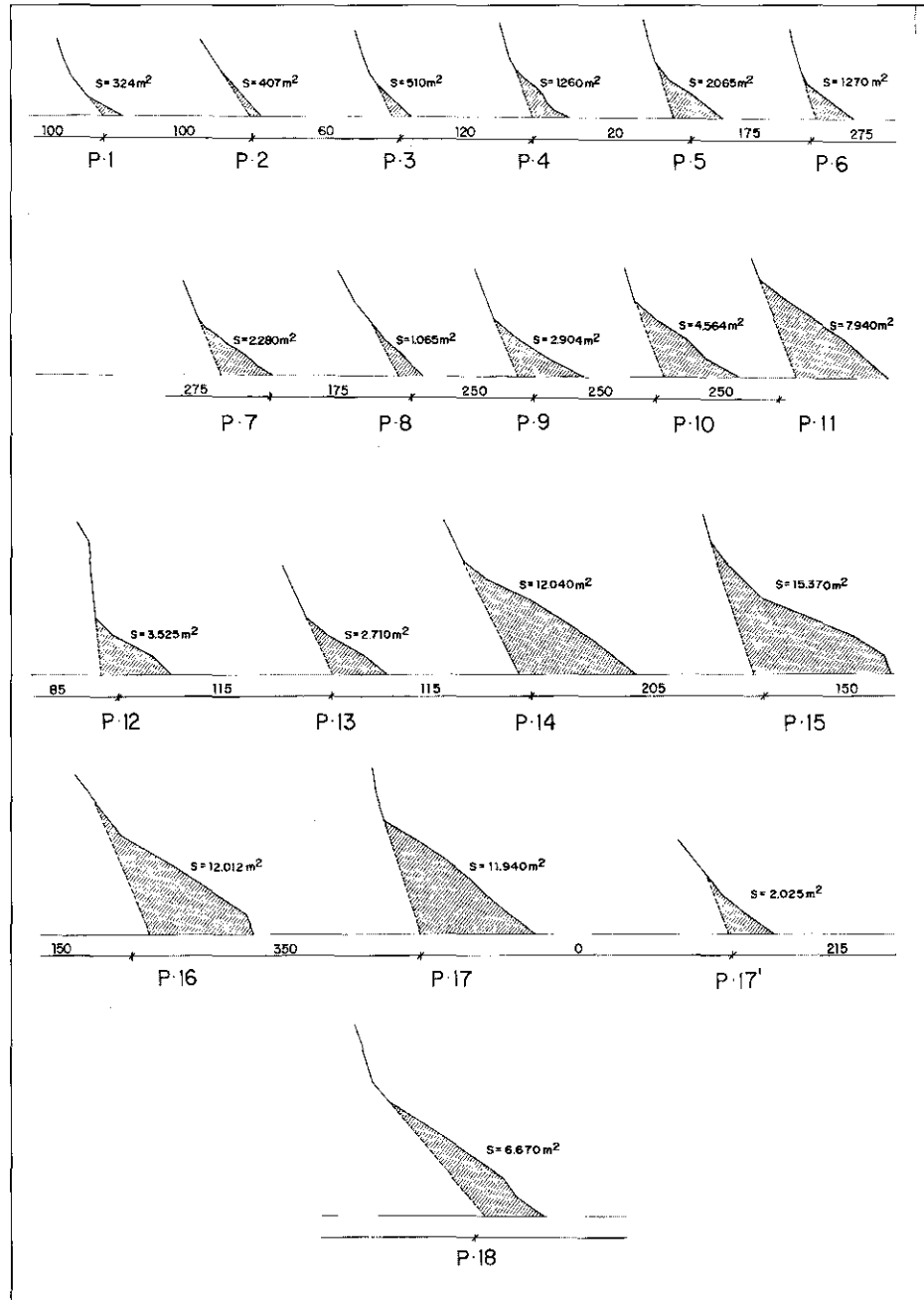


Fig. 2. *Perfiles transversals dels dipòsits eolianítics.*

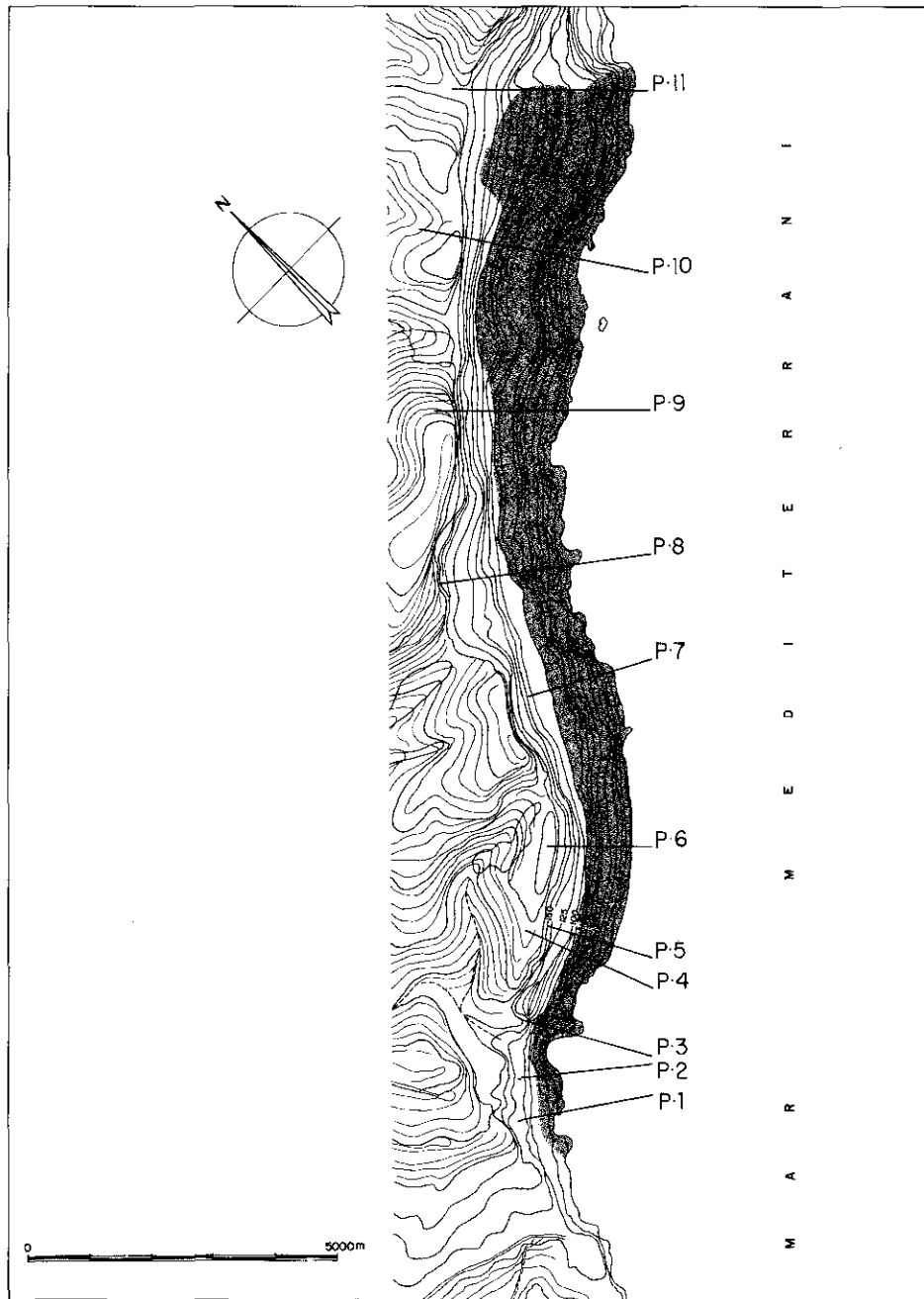


Fig. 3. Planta dels dipòsits eolianítics al sud de l'Illa Mitjana. Situació dels perfils transversals.

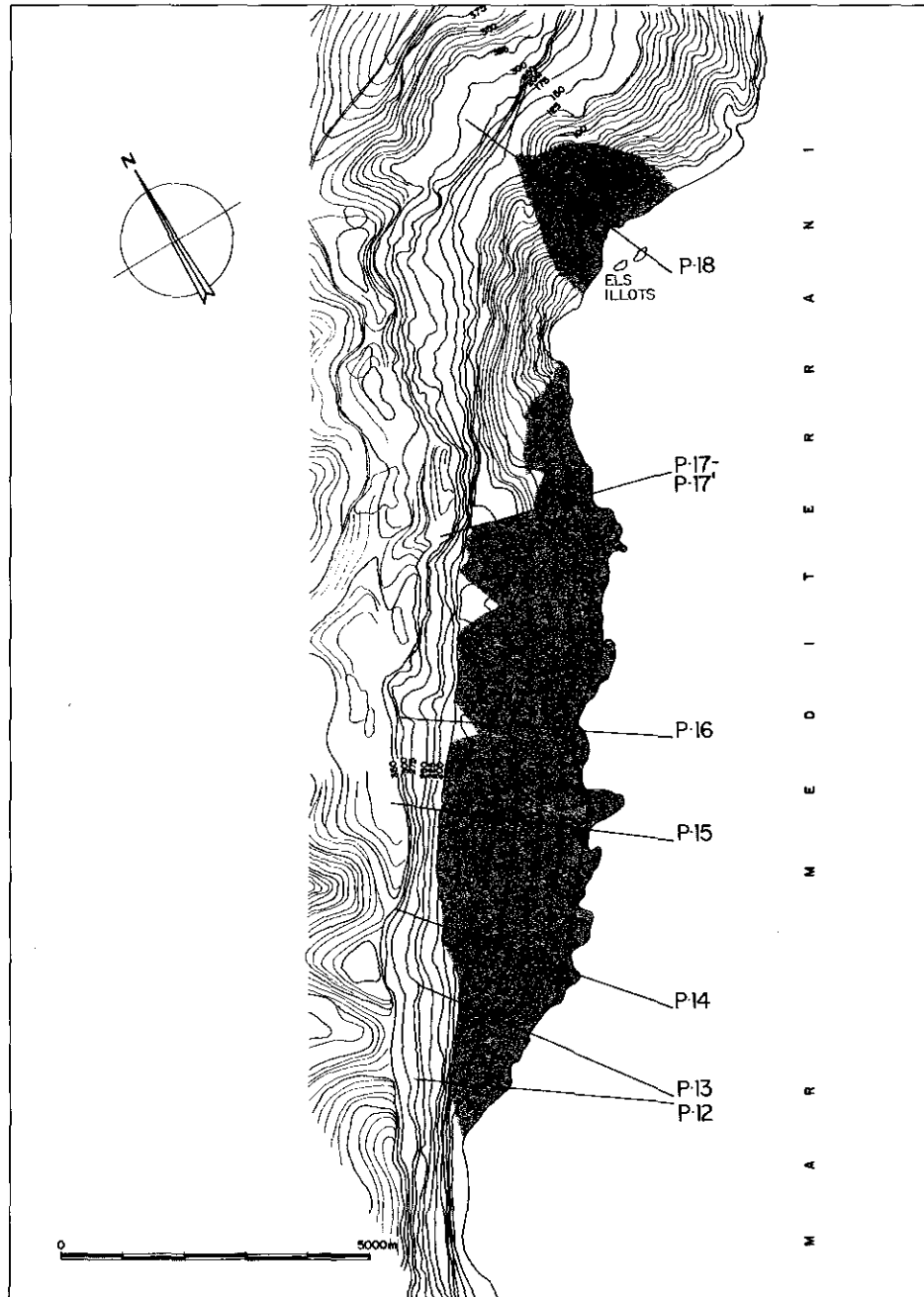


Fig. 4. Planta dels dipòsits eolianítics. Trams al nord de l'Illa Mitjana i Cala de la Pila-els Illots. Situació dels perfils transversals.

guada que arranca de la Punta de les Caletes en direcció SW. Se'n troben referències, entre d'altres documents, al *Derrotero de las costas del Mediterráneo* (1969), al qual s'anota l'existència d'una restinga d'arena de 200 m a la Punta de "la Escaleta", de direcció SW, amb 6 a 9 m d'aigua al damunt, que trenca amb temporals dels quadrants primer i segon. Es tracta, lògicament, d'una formació lligada al transport longitudinal costenc funcional en aquesta àrea.

A l'entorn general de la Serra Gelada la recerca morfològica empresa pel M.O.P.U. (1987) divideix la plataforma litoral en tres zones:

a) Àrea propera a la línia de costa, de materials encrostats coberts de prades de posidònia i *Cymodocea*, interpretats com a platges antigues, amb petites depressions rebliades de sediments, que constitueixen, en conjunt, un fons suaument irregular.

b) Dues petites àrees associades amb arenès mòbils en superfície.

c) Zona de fons plans sense relleu, que corresponen a fangs superficials, i àrees que deuen correspondre a prades, coralls o a zones encrostades en superfície.

El gruix dels sediments no consolidats és variable, però disminueix en augmentar els calats. A la zona més soma, a les immediacions de la Punta de les Caletes, la gruixària dels sediments no consolidats depassa els 20 m, superior a la de majors calats.

Enfront de la Serra Gelada, en els dos terços més sud-occidentals, es troben gruixos de sediments no consolidats que van des de més de 35 m vora les Penyes, on estan formats superficialment per arenès gruixudes, fins als 10 m a la banda dels -50 m, on ja estan constituïts per fangs. A la franja més propera a la costa es localitzen en superfície arenès mitjanes i ocasionalment arenès gruixudes. La zona és de relativa alta energia, amb components paral·lels a la costa que, en arribar al punt d'inflexió en la direcció de transport, localitzat a la Punta de les Caletes, perden força, motiu pel qual s'esdevé la deposició d'aquests sediments. Així, els elements lleugers i fins són arrossegats a majors fondàries i el percentatge d'arenès mitjanes és més elevat que el que seria normal en aquesta zona.

La morfologia submarina a les immediacions de la Punta de l'Albir (LABORATORIO DE PUERTOS Y COSTAS, 1990) presenta sondes de devers -14 i -15 m. Al peu del Morro de Sant Jordi es mantenen els esmentats calats. Vers el SW, un cop acaba aquest breu faralló, hi ha una endinsada a l'alineació de la costa, prop de la qual hi ha roques aïllades i les fondàries mínimes volten els -4 o -5 m. Si es continua al llarg del front litoral de la Serra Gelada, s'observen, de forma general, canvis substancials a la morfologia submarina. Concretament es nota que, a partir d'aquest sector vers el SW, els calats immediats al litoral volten sempre els -3 m que, a mesura que ens n'allunyem, van augmentant suaument per a atènyer els -10 m, en general a uns 150 o 200 m mar endins. Els materials que s'hi troben, de qualsevol manera, sempre són arenosos. Es tracta, per tant, d'una falca d'arenès, tant des del punt de vista transversal com del longitudinal, que mostra disminució de calats vora l'espadat a mesura que el recorrem de NE a SW o a mesura que ens apropem a la costa. A partir d'aquesta zona i cap a la Punta de les Caletes la morfologia roman constant, amb -2 o -3 m vora la línia de costa i una zona enganxada al penya-segat on l'acumulació de materials sedimentaris no consolidats és major que la comprovada als encontorns de la Punta de l'Albir. Aqueixa disposició general es perllonga cap a la Punta de les Caletes i fins i tot la depassa, conformant la fletxa sotaiguada esmentada abans.

5. SEDIMENTOLOGIA DELS MATERIALS COSTENCOS

Tal vegada una de les qüestions de més interès pel que fa als dipòsits eolianítics de la Serra Gelada rau a l'origen i procedència de tan extraordinaris volums de materials. Més encara, aquest fet és remarkable, tant pel que afecta als dipòsits eolianítics com pel que es refereix als volums d'arenas submergits de la plataforma litoral.

Estudis sedimentològics realitzats (ESTEBAN, 1987) han permès d'establir entre les seves conclusions que les platges de Benidorm contenen materials palesament aportats pel riu Algar, gràcies als transports nets nord-sud. Aquesta conclusió admet, apodícticament, que hi ha una connexió entre els sediments de davant la Serra Gelada i els que actualment es troben a la Platja de Llevant de Benidorm, ja que el transport sòlid litoral no té més que un camí per a dur part dels materials abocats pel riu Algar fins a l'esmentada platja, aprofitant la platja submarina al peu dels espadats de la serra. Aquest transport explicaria la gènesi de la fletxa sotaiguada que es deprèn de la Punta de les Caletes. Els arguments que condueixen a la conclusió anterior són bàsicament els mineralògics i, encara més, la presència a les mostres de quars roig, blau i negre, l'origen del qual només pot explicar-se per l'aportació del riu Algar, i la particularitat que aquesta font puntual de materials es localitza al nord de la Serra Gelada. La turmalina és un altre mineral significatiu, amb una forta presència a les fraccions fines i que, pel seu caràcter arrodonit, senyala una font llunyana; el dit mineral és present també a les platges al nord de la Serra Gelada, mentre que al sud de Benidorm no es torna a trobar, llevat de la rodalia del Barranc de les Aigües; aquesta particularitat sobre la presència o l'absència de l'esmentat mineral a les platges de la contrada de Benidorm és un bon indicatiu per a confirmar la relació entre els sediments, tant a la Serra Gelada com al sud i nord de la mateixa.

A l'apartat corresponent a la caracterització sedimentològica INTECSA (1987) presenta una col·lecció de resultats d'anàlisis granulomètriques i mineralògiques, realitzades sobre un ampli nombre de mostres, totes preses per sota els 10 m de calat, al llarg del tram litoral entre el port de la Vila Joiosa i la Punta de l'Albir o la Bombarda. L'anàlisi granulomètrica es va realitzar mitjançant tamisatge, usant la sèrie A.S.T.M. Conjuntament es van determinar els paràmetres, en escala phi, del diàmetre mitjà i de la desviació estàndard. La composició mineralògica es va averiguar sobre la mostra completa, determinant-ne els components (principals, secundaris i auxiliars), la forma dels grans, i el recompte del contingut de cada fracció que fou possible d'aïllar i reconèixer. Aquest estudi mai no planteja cap hipòtesi sobre la relació entre fonts i dipòsits, motiu pel qual no hi ha conclusions que suggereixin interdependències entre les àrees mostrejades. L'informe té importància per quant forneix una sèrie de valors i paràmetres de l'àrea submarina d'enfront de la Serra Gelada. L'inconvenient rau a les diferències de tècniques analítiques en alguns dels paràmetres. La mineralogia és l'aspecte considerat com a més important i el que més ha pesat a l'elaboració de conclusions finals al treball del M.O.P.U. (1988). S'anota així que els sediments de davant la Punta de les Caletes són molt rics en varietat mineralògica (quarsos transparents —lletosos— taronges; turmalines arrodonides; zircó; granats; opacs, andalusites; rútils i algun feldspat), sobretot si es comparen amb els materials de les platges i formacions costenques adjacents.

A la platja de l'Olla (Altea) es troben minerals resistents i de metamorfisme (SANJAUME, 1985), cosa que es relaciona amb uns orígens un poc diferents dels materials del pliocè, constitutius de la platja relictada del Cap Negret. L'evolució dels continguts en minerals eruptius i metamòrfics a platges seques vers el sud, referits a l'estudi de

Sanjaume, amb majors proporcions dels eruptius a la Platja de Ponent i de metamòrfics a la de Llevant, ambdues de Benidorm (on hi ha formacions relictas anàlogues a les de la platja de l'Olla), permeten una interpretació basada en un doble fenomen: *a)* Durant el pliocè alguns components metamòrfics d'origen diferent s'acumularen a les actuals platges relictas, gràcies als nivells inferiors de la mar, *b)* En la situació actual, la inèrcia del transport facilita la recollida dels seus materials com més al sud. A Altea (SANJAUME, 1985) s'inicia una província mineralògica caracteritzada pel predomini de minerals eruptius que, tanmateix, davallen de proporció des del Cap Negret al Racó de l'Albir. A la platja de l'Olla el descens d'espècies eruptives podria explicar-se per la seva alteració en epidot, però allò més determinant que s'hi troba és la presència d'espècies resistents i de metamorfosi. La proporció d'alterites minva progressivament des d'un màxim a Altea fins al principi de la badia de la Vila Joiosa; existeix un metamorfisme ja esmentat a la platja de l'Olla d'Altea, que manca als materials de l'Algar i que es repeteix d'alguna manera a la Platja de Llevant de Benidorm; la maduresa dels minerals opacs i transparents creix des d'Altea a la platja de la Cala, amb un tram de maduresa relativament constant al llarg de la Serra Gelada; minerals com la turmalina i els amfibols apareixen a l'Algar i es mantenen a Benidorm abans d'esvaïr-se al sud de la platja de la Cala.

Les variacions al contingut de carbonats, tant detrítics com biogènics, són notables; cap de les arenas de les formacions costenques de la contrada manca de fragments rocósos calcaris, la proporció dels quals oscil·la entre el 5%, a la platja de la Vila a -12 m, i prop del 50 % a la Punta de l'Albir a -27,5 m; els calcaris biogènics, per la seva banda, van des de l'absència total o valors del 2 %, percentatge assolit en diversos indrets del litoral (INTECSA, 1987) i valors del 25 %, a la platja de la Vila Joiosa a -8 m, o del 20 % al costat de l'Illa Mitjana a -32 m. Entre la Platja de Ponent de Benidorm i la Punta de les Caletes es dona un clar predomini dels fragments calcaris sobre les restes de conquilles; aquesta relació es manté entre fondàries de 6,5 i 22 m. A tot el front de la Serra Gelada es poden detectar àrees amb clar predomini de fragments de roca sobre el material biotrític, unes altres amb un cert equilibri, i d'altres a les quals les conquilles tenen una preponderància evident; aquesta zonació no es correspon, ni amb calats determinats, ni amb fronts concrets.

En resum podem afirmar que el quar és l'element més abundós —amb predomini de les varietats incolora i lletosa o blancs, completades amb els quarsos grocs, taronges, marrons i rojos; la fracció pesant és composta d'òxids, zircó i turmalina rodada, sobretot abundant en algunes mostres; d'altres espècies minoritàries són el rútil, els granats i la moscovita, com també es detecta la presència d'hematites i andalusita. A la vista dels resultats d'INTECSA (1987) pel que fa a platges submergides en profunditat, cal anotar que els sediments de la platja de la Vila Joiosa es desmarquen clarament de la resta, amb poques varietats de quars i de minerals pesants, ja que només hi ha zircó i òxids, enfront de turmalines, rútils i granats que són fàcils de localitzar a la resta de l'àrea analitzada. D'acord amb això, els sediments de davant les platges de la Vila Joiosa són mineralògicament distints dels que hi ha a la resta de l'àrea estudiada, és a dir, el material sedimentari del transport general esdevé modificat entre Altea i la Vila per alguna aportació local significativa. Els dipòsits d'enfront de la Punta de l'Albir també semblen desmarcar-se de la resta, per l'escassetesa de turmalines i la manca de rútils i granats, però l'andalusita que es detecta ací i a la resta de dipòsits fins a la badia de Benidorm, permeten d'establir uns determinats lligams entre tots els sediments. Tot es correspon amb una aportació massissa significativa al nord de la Punta de l'Albir i una altra lineal al llarg de la Serra Gelada.

Atesa la gran analogia mineralògica entre totes les anàlisis del front de la Serra Gelada, cal suposar una certa relació entre els dipòsits sedimentaris, dada que ens permet considerar una font sedimentària comuna. Tot apunta al riu Algar com a font subministradora d'algunes espècies com el quars roig, blau, la moscovita i el zircó, entre d'altres, com també el quars negre lligat als afloraments ofítics de més al nord. Aquest fet concorda amb l'existència d'un transport net N-S que fa arribar els sediments fins a les platges del nord de la Punta de l'Albir i que, salvant l'obstacle que representen la punta i els calats del peu de la Serra Gelada, els introdueix a la badia de Benidorm, tot llançant-los des de la fletxa sotaiguada de la Punta de les Caletes, l'orientació de la qual és compatible amb el sentit del transport suposat, fins a dipositar-los a les platges on es troben sotmesos a la dinàmica particular de la badia. El grau d'arrodoniment de la turmalina, com també el més acusat del quars blanc, i l'evolució d'aquest al llarg del litoral semblen reforçar aquesta hipòtesi.

6. UN BALANÇ

6. 1. L'estructura

El caràcter aïllat o de baula perduda de la Serra Gelada dins les alineacions prebètiques es manifesta entre les badies d'Altea i Benidorm: platges *versus* penya-segats, espais superpoblats i d'especulació turística *versus* un espai natural preservat miraculosament. Tot i que les amenaces l'han sotjada —un port esportiu, sobretot—, fins ara no ha rebut més impacte que el de la depuradora d'aigües residuals (en una antiga pedrera) i l'e-fluent. Les mines d'ocre foren un episodi cridaner, però modest i breu, que va afectar l'extrem nord de la Serra.

L'aspecte de bloc basculat o gran falca tectònica que mostra la Serra i les seves rèpliques de l'Illa Mitjana i l'Illa de Benidorm, el podem veure com una meitat o un fragment de l'anticlinal afectat per la gran factura mestra litoral de rumb N 42° E. Altrament, hom hi troba indicis de basculament parcial i un joc individual de blocs que en dificulten l'explicació conjunta.

6. 2. Geoformes

De banda de terra, el tret més cridaner, l'aporten els barrancs "conseqüents" que s'emboteixen en sèrie a partir d'unes capçaleres molt pronunciades (*racons*) que podrien atribuir-se a cicatrius crioclàstiques i/o càrstiques. En efecte, la dissolució del calcari —mesoformes i microformes— és fàcil de comprovar, tant al vessant terral com al marí de la Serra.

El pendent estructural no sols no coincideix amb la superfície topogràfica (per motius erosius i neotectònics), sinó que s'imposa un element de gran categoria superficial i volumètrica: els cons coalescents que vénen a formar un raiguer escampat vers el NW i que va a l'encontre d'un altre mantell que procedeix de les serres fronteres de la Cortina i el Puig Campana, coincidint aproximadament en la carretera N-332. Aquests cons s'estenen també cap a les dues endinsades d'Altea (Racó de l'Albir) i Benidorm (Racó de l'Oix), tot interdigitant-se amb glacis quaternaris, l'estudi dels quals ens depassa. Un detall que cal retenir és el funcionament recent dels cursos "conseqüents", mani-

festat en l'encaixament dins els propis cons i el dipòsit de llengües de blocs que en algun cas semblen d'època històrica.

A la façana marítima, és a dir les Penyes de l'Albir, s'imposen els penya-segats que dominen el litoral amb un salt de 200 a 400 m, trencant en alguns indrets les antigues conques "conseqüents" o secundàries. Ara, entre el front fallat i la mar s'interposa sovint una característica combinació de talusos-cons i dunes fòssils que s'enfilen a considerable altària quan les condicions de formació o conservació han estat o són favorables.

6. 3. Evolució

Si ens fixem a la façana marítima i al nostre objectiu de l'enorme volum eolianíctic, s'imposa la qüestió dels cons maclats que impliquen una deposició —i erosió— alternant o simultània que justifiqui les freqüents intercalacions de sediments de coster i sediments eòlics de procedència immediatament o mediatament marina. És obvi que els canvis del nivell marí han d'haver condicionat l'assortiment d'arena "eolitzable", en descobrir o recobrir l'extensa plataforma, però, a mesura que ens allunyem de l'holocè, les precisions altimètriques o isobàtiques esdevenen més difícils. Les nostres dunes —pel que sabem ara de cronologies absolutes— són plistocèniques i han de respondre a nivells més antics i que, llevat d'uns curts moments (5e isotòpic, 125 ka ca), sempre degueren ser iguals o inferiors a l'actual. També sabem que la neotectònica ha funcionat i que a les elevacions de blocs continentals, cal contraposar la insistent subsidència de la plataforma pròxima o mitjana.

Els contactes erosius entre cossos d'eolianita i, sobretot, entre la base de la bretxa angulosa i els dipòsits sobreposats, com també, l'embotiment de formacions posteriors dins la *megabretxa* del nivell més antic ("Cuevas"), suggereixen fases intenses d'abarrancament o arrasament, incrementades potser per sengles descensos del nivell marí. Els materials resultants, sumats als procedents de la meteorització, han engreixat el prisma arenós litoral que assoleix al peu de les Penyes uns 20 m de potència i que en moments favorables haurà alimentat platges d'alguna entitat. El cercle eòlic se'n pot haver beneficiat.

6. 4. El mar, protagonista

El relleu i les formes que tenim a les Penyes de l'Albir impliquen una batalla guanyada —parcialment almenys— a l'enfonsament comprovat de la plataforma i a la transgressió marina, generalitzada des de fa gairebé vint mil·lenis. Sense vent (perpendicular, oblic o paral·lel, però marí) no tindriem possibilitat de dunes. Tanmateix, l'assortiment d'arena és decisiu i l'arena prové en bona part del transport longitudinal del NE, és a dir, de la badia d'Altea que té una forta proporció de sediments del riu Algar, i de l'autoalimentació dels mateixos penya-segats de la Serra Gelada. En aqueixa segona font hi entren la meteorització del rocam, la "circulació" de l'arena mòbil (en un sistema quasifluvial), l'atac de l'onatge sobre el litoral plistocè o cenozoic i, majorment, el descobriment de la plataforma immediata que degué coincidir amb la presència de platges, restingues i albuferes.

El fet que ara la Serra Gelada sia vista pels mariners com a les *Penyes* de l'Albir, simplement corrobora que estem en una època on la partida la guanya la mar, l'enfonsament i la transgressió. Les eolianites constitueixen formes bàsicament relictas. Les dunes actuals —vives, això sí— són un simple detall.

BIBLIOGRAFIA

- CONSOMAR, S.A. (1988) *Extracción de arenas del fondo marino entre Punta de la Escaleta y Punta Albir. Benidorm-Alfaz del Pi (Alicante). Estudio del transporte sedimentario e influencia del dragado entre calados de 15 y 30 metros en dicho transporte*. Madrid, M.O.P.U., Subdirección General de Costa y Señales Marítimas. Dirección General de Puertos y Costas.
- ESTEBAN, V. (1987) *Procesos litorales en las costas valencianas al sur del Cabo de San Antonio*. Tesis doctoral. València, Universitat Politècnica de València. 1.422 pp.
- ESTEBAN, V. (1991) *Las formaciones costeras plio-cuaternarias de Torrelamata y la Sierra Helada. VIII Reunión Nacional sobre Cuaternario*. València, Universitat de València. Departament de Geografia.
- ESTEBAN, V. (1993) *El sistema dunar plio-cuaternario entre las bahías de Altea y Benidorm (Sierra Helada, Alicante). Actas 3ª Reunión del Cuaternario Ibérico*. Coimbra. Cf. pp. 241-246.
- INSTITUTO HIDROGRÁFICO DE LA MARINA (1969) *Derrotero de las costas del Mediterráneo*. Cádiz. 386 pp.
- INTECSA (1987) *Estudio geofísico marino en la costa de la provincia de Alicante. Tramo Puerto de Villajoyosa-Punta Albir*. Madrid, M.O.P.U., Subdirección General de Costas y Señales Marítimas. Dirección General de Puertos y Costas.
- LABORATORIO DE PUERTOS Y COSTAS (1990) *Estudio de la influencia sobre las playas de Benidorm de las extracciones de arenas previstas en el Proyecto de regeneración de la playa de Villajoyosa en los fondos marinos ante Sierra Helada*. Valencia, Universidad Politècnica de Valencia.
- M.O.P.U. (1987) *Estudio geofísico marino en la costa de la provincia de Alicante. Tramo: Puerto de Villajoyosa-Punta Albir*. Madrid, Subdirección General de Costas y Señales Marítimas. Dirección General de Puertos y Costas.
- M.O.P.U. (1988) *Informe sobre yacimiento de arena frente a Sierra Helada (Alicante)*. Madrid, Servicio de Proyectos y Obras II de la Subdirección General de Costas y Señales Marítimas. Dirección General de Puertos y Costas.
- REY, J., FUMANAL, M.P., FERRER, C., VIÑALS, M.J. y A. YÉBENES (1993) *Correlación de las unidades morfológicas cuaternarias (dominio continental y plataforma submarina) del sector Altea-La Vila Joiosa, País Valenciano (España)*. *Cuad. de Geogr.*, 54: 249-267.
- ROSELLÓ, V.M., ESTEBAN, V., YÉBENES, A. y M.P. FUMANAL (1995) *Les Penyes de l'Albir: geomorfología litoral cuaternaria. IX Reunión Nacional sobre Cuaternario*. Madrid.
- SANJAUME, E. (1985) *Las costas valencianas. Sedimentología y morfología*. València, Universitat de València. 505 pp.