

FRANCESCA SEGURA BELTRAN*

MODEL D'INUNDACIONS EN VENTALLS AL·LUVIALS: EL CAS DE LES PLANES COSTANERES VALENCIANES

RESUM

Els ventalls al·luvials que conformen les planes costaneres valencianes estan sotmesos a inundacions periòdiques, produïdes per les revingudes sobtades dels rius i barrancs que les recorren. Els diferents episodis analitzats en la darrera dècada han servit de base per a dissenyar un model d'inundacions, que intenta caracteritzar tant els processos com les formes inundables. Els ventalls són formes convexes, on hi ha una divergència dels fluxos desbordats a les corbes i als punts d'intersecció. Els paleocaixers, normalment desconectats dels rius actuals, drenen la superfície del ventall, mentre que els espais intercons i les marjals són zones còncaues que arpleguen les aigües desbordades dels cons i les dels caixers que hi desemboquen. Aquest funcionament natural es complica enormement degut a l'acció antròpica que modifica les condicions naturals d'aquests espais. Així, els ponts, les carreteres, els desviaments, els cobriments i les ocupacions de caixers són obres que poden interferir en els fluxos canalitzats i en els desbordats, modificant contínuament les zones inundables.

PARAULES CLAU: ventall al·luvial, risc d'inundació, processos d'inundació, concavitats, convexitats, acció antròpica.

ABSTRACT

FLOOD PROCESSES ON ALLUVIAL FANS. THE VALENCIAN COASTAL PLAINS: A CASE OF STUDY

Flood hazard due to flash flood are the most common risk on the alluvial fan from the Gulf of Valencia. A sequence of events within the last decades has prompted several studies of fan hazard and processes of flooding. On the alluvial fans, with convex geometry, flows exceed the capacity of the stream channel in meanders and intersection points. Also, in floods events, paleochannels drain the fan surface. On the other hand, interfan channels and marsh, with concave geometry, accumulate stream flow.

In an increasing number of situations, natural processes has been modified by the human activity. Bridges, roads and river channelization could interfere the trajectories of channelized flows and overflows and modify flooding areas.

KEY WORDS: alluvial fan, flood hazard, flood processes, concavity, convexity, human activity.

* Departament de Geografia. Universitat de València.
Fecha de recepción: enero 2004. Fecha de aceptación: mayo 2004.

INTRODUCCIÓ

Els ventalls al·luvials són formes recurrents als indrets de transició entre muntanyes i planes. El trencament de pendent dels caixers en abandonar les serres, juntament amb l'eixamplament -en perdre el confinament- i la pèrdua de cabal que pateixen els caixers en arribar a terrenys més permeables, són algunes de les causes que expliquen que els raiguers siguin espais molt propicis per a la formació de ventalls aïllats o de voreres al·luvials (BULL, 1977; RACHOCKI, 1981; HARVEY, 1984, 1987, 1990, 2002, etc.). L'evolució, formació i significació climàtica d'aquests dipòsits han estat amplament debatudes (FRENCH, 1987; RACHOCKI i CHURCH, 1990), però en canvi no abunden els treballs sobre els processos i les zones inundables dels ventalls al·luvials. És possible que els models teòrics generals siguin difícils de fer perquè la casuística és molt variada, però també és cert que en la darrera dècada s'han publicat nombrosos treballs sobre episodis d'inundació a nivell internacional (ONO, 1990; KELLERHARLS i CHURCH, 1990), en l'àmbit estatal (GARCÍA RUIZ *et al.*; 1996, GUTIÉRREZ *et al.*, 1998) o a les terres valencianes (MATEU, 1990; CARMONA, 1995; SEGURA, 1987, 1990, 1991, 1996, 2000, 2001; SEGURA i CARMONA, 1999, etc.). Dins d'aquest context, el present article pretén elaborar un model d'inundacions per a ventalls al·luvials, tot establint unes zones de risc, a partir d'exemples de les planes costaneres valencianes.

GEOMETRIA DELS VENTALLS AL·LUVIALS I LES FORMES ASSOCIADES: CONVEXITATS I CONCAVITATS

Les planes costaneres valencianes estan formades per la sedimentació fluvial d'un conjunt de rius que, en travessar les alineacions bètiques i ibèriques, dipositen els seus materials a les depressions litorals. Aquests potents edificis sedimentaris, en forma de ventalls al·luvials han conformat avançades del continent dins la mar, entre les quals s'han desenvolupat albuferes. En algun moment, la línia de costa ha estat marcada per les prominències dels ventalls més importants, mentre que la resta de barrancs desembocaven a les albuferes, que constituïen el seu nivell de base. Reblides total o parcialment i convertides en marjals, en molts d'indrets continuen sent el punt final per a molts barrancs, que encara les continuen omplint.

Així, l'evolució final del Golf de València ha configurat un espai on alternen els ventalls al·luvials (vorera al·luvial entre el Riu de la Sénia i la Rambla de Cervera, ventalls del Riu de les Coves i del Xinxilla, con del Millars-Rambla de la Viuda, del Palància o del Serpis entre altres) i les marjals compreses entre ells (Peníscola, Torreblanca, Orpesa, Prat del Quadro, Xilxes-Almenara, Puig-Alboraia, Pego, etc.).

D'acord amb la seua gènesi, la morfologia que presenten els ventalls s'adapta a dues tipologies clares: els progradants i els solapats (SEGURA, 1990, 1993). En el primer cas, el caixer està incidit des de l'àpex fins a un nou punt d'intersecció on talla novament la superfície per a formar un segon ventall. En el segon cas, l'àpex s'ha mantingut en el mateix indret al llarg del temps, per la qual cosa hi ha diferents cons superposats. La interpretació d'aquesta doble tipologia en base a la tectònica o als canvis ambientals al llarg del quaternari ha estat generosament discutida en la bibliografia (HARVEY, 1987, 2002; BULL, 1977; SEGURA, 1993).

Tanmateix des del punt de vista de les inundacions es pot fer una segona classificació en funció del grau de maduresa d'aquests edificis. En la majoria dels casos mencio-

nats anteriorment, es considera que els ventalls estan evolucionats, ja que el seu caixer està incidit al llarg de tot el ventall. Aquesta característica suggereix que el caixer ha tingut energia suficient per a tallar tot el con, circumstància que, generalment, s'associa a un canvi en el nivell de base i en concret, en les zones costaneres, a un descens del nivell del mar.

Per contra hi ha un segon grup de cons de menor entitat, localitzats al peu dels versant i a les vores de les marjals, on els canals perden l'encaixament a partir d'un punt, tot indicant que es tracta d'edificis en formació i que estan creixent encara avui en dia. La diferència entre uns i altres rau en les dimensions de les conques: els evolucionats estan formats per rius amb conques de centenars de km², mentre que la resta són edificis modestos amb conques de dimensions escasses.

Per altra part, la majoria dels ventalls al·luvials presenten un arranjament complex, formant voreres al·luvials per coalescència. La complexitat topogràfica en aquest cas s'incrementa perquè entre les convexitats dels cons es formen depressions intercons, on acudeix l'aigua amb molta facilitat.

L'orientació dels ventalls introdueix un altre factor de complexitat. De vegades quan un barranc forma un ventall ben desenvolupat, la confluència d'altres afluents és impossible per la pròpia convexitat del con principal. En aquestes circumstàncies, el barranc secundari es veu obligat a circular en paral·lel al barranc principal, descrivint nombroses corbes, allargant-se fins que troba espai per a poder desenvolupar el seu propi con. D'aquesta manera, en lloc de formar-se dos cons perpendiculars, se'n formen dos de paral·lels, deixant espais deprimits entre ells.

DINÀMICA DELS FLUXOS ALS ESPAIS CONVEXOS

Els processos que donen lloc a la formació d'un ventall són de dos tipus: fluvials i de gravetat. La disposició dels sediments indica que a la part proximal dominen els processos de gravetat, mentre que a la part distal, dominen els processos fluvials. Els primers són els típics d'un riu trenat, mentre que els segons són les colades rocalloses i de fang. De la combinació dels processos fluvials i de gravetat se'n deriven els principals perills que afecten els ventalls al·luvials: les avulsions, les colades rocalloses, els desbordaments i la desaparició dels caixers.

La primera qüestió important que cal abordar és el grau de funcionalitat d'aquests processos, lligat al grau d'evolució del ventall. En general, la bibliografia considera que la incisió total del ventall és un signe de maduresa i per tant d'un perills reduït, encara que aquesta afirmació s'ha de prendre amb certa cautela. Els processos fluvials serien els dominants, encara que ocasionalment podrien produir-se fenòmens de gravetat (KELLERHALS i CHURCH, 1990). A la zona costanera mediterrània predominen aquests tipus de ventalls evolucionats, que per altra part són també els més grans.

Les colades rocalloses o debris flow

Aquests fenòmens es produeixen en ventalls que tenen molt de pendent. Són corrents d'aigua i sediments que circulen pels canals, formant una mescla de materials gruixuts -que oscil·len des dels blocs a les arenes- empastats per una matriu que oscil·la de llims a argiles. En el moment de la revinguda no són fàcils de distingir del transport habitual de la cà-



Foto 1. Blocs al llit i a les terrasses del Palància, a l'altura del Port de Sagunt que denoten l'existència de colades rocalloses.

rrega de fons; tanmateix quan baixen les aigües els dipòsits càdtics permeten la seua identificació a cop d'ull. El risc derivat d'aquests fenòmens és, en primer lloc, les dimensions dels propis sediments arrossegats, que de vegades tenen diàmetres d'ordre mètric. La velocitat per a moure aquests blocs pot superar els 12 m/s (KELLEHARLS i CHURCH, 1990), per la qual cosa poden ser molt destructius. D'altra banda, el dipòsit primerenc d'aquests materials en perdre velocitat el corrent, pot obstruir el caixer facilitant-ne les avulsions.

A les planes costaneres valencianes, malgrat que en el moment de les revingudes no hem enregistrat imatges d'aquest fenomen, l'anàlisi estratigràfica dels sediments demostra la seua existència¹.

El Riu Palància gaudeix de les condicions físiques necessàries per a que es produïsquen aquests fenòmens: forts pendents, sediments gruixuts i fracció fina abundant. Els imponents blocs que s'observen a les terrasses recents i al mateix llit del riu, fins i tot en zones properes a la mar, són testimonis de l'existència d'aquests processos (foto 1).

També a la plana de Gandia, a les d'inundacions de 1987, al barranc del Racó de la Perdició, nascut a la Serra Falconera, de dimensions escasses, es van produir fluxos d'aquest tipus. En aquella ocasió, l'existència d'una cantera amb gran quantitat de materials triturats per a fer l'autopista, va produir unes colades que van tapar els ponts d'autopista i van reblir nombrosos camps de conreu (foto 2).

¹ Fóra de l'àmbit valencià, en la catàstrofe de Biescas, no hi ha cap dubte que els *debris flow* van estar ben presents i van ser responsables de l'obstrucció del caixer artificial. A més l'impacte dels blocs mobilitzats des de les morenes glacials va ser la causa de la mort de les víctimes. Així, les notícies de premsa recollien un any després de l'esdeveniment que l'autòpsia dels cadàvers va demostrar que les morts es van produir pels forts impactes i que ningú va morir ofegat per l'aigua.



Foto 2. Blocs i dipòsits de *debris flow* al Barranc del Racó de la Perdició (Gandia) a les revingudes de novembre de 1987. Les marques de la càrrega de fons i dels *debris flow* es poden observar a les soques dels arbres.

L'evanescència dels caixers: els ventalls en formació i les marjals

Una de les causes de més risc d'inundació a les planes costaneres valencianes, es deriva de l'evanescència dels caixers. Aquest fenomen està lligat de forma natural als ventalls en formació que es troben als raiguers: en general són petits edificis generats per conques de dimensions escasses i amb caixers que vehiculen poc cabal. Pertanyen al primer grup de ventalls al·luvials, en els que la incisió no s'ha generalitzat perquè degut a la seua escassa activitat, no han aconseguit adaptar-se al nivell de base.

El perills en aquest cas deriva de la desaparició del caixer que no comporta un esvaniment del cabal que s'escampa de forma laminar en perdre's l'encaixament. Aquest tipus de problemes són comuns a totes les planes costaneres, encara que un bon exemple el podem trobar a la Plana de Gandia on es formen petits ventalls al peu de la Falconera i de les Serres de l'Almirall i de la Safor (SEGURA i CARMONA, 1999). La construcció indiscriminada d'edificis de tot tipus o la ocupació sistemàtica per l'agricultura de la part final dels caixers provoca nombroses pèrdues econòmiques i a més posa en perill les vides, ja que l'aigua que hi circula pot portar certa velocitat (figura 1)

El mateix fenomen es produeix a la part interna de les marjals, on encara finalitzen molts de barrancs que responen a un antic nivell de base, marcat per la pròpia marjal. Els problemes són semblants, ja que la falta de caixer dóna una falsa seguretat que pot provocar nombroses pèrdues. Exemples d'aquest tipus en tenim als barrancs de la Magdalena i de la Parreta a la Plana de Castelló (figura 2, punts 6 i 7), on el rebliment de la marjal és encara incomplet i les aportacions fluvials són, a més a més, importants.

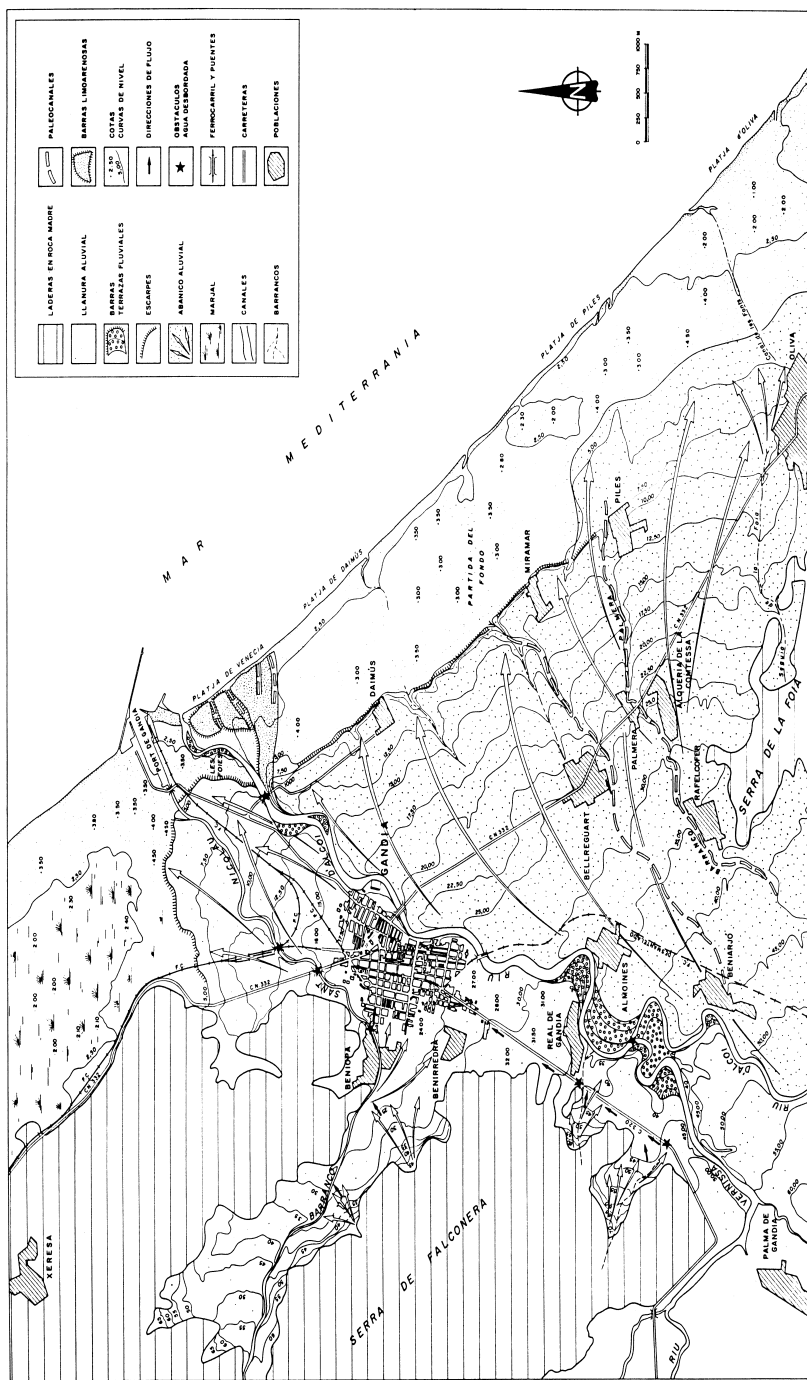
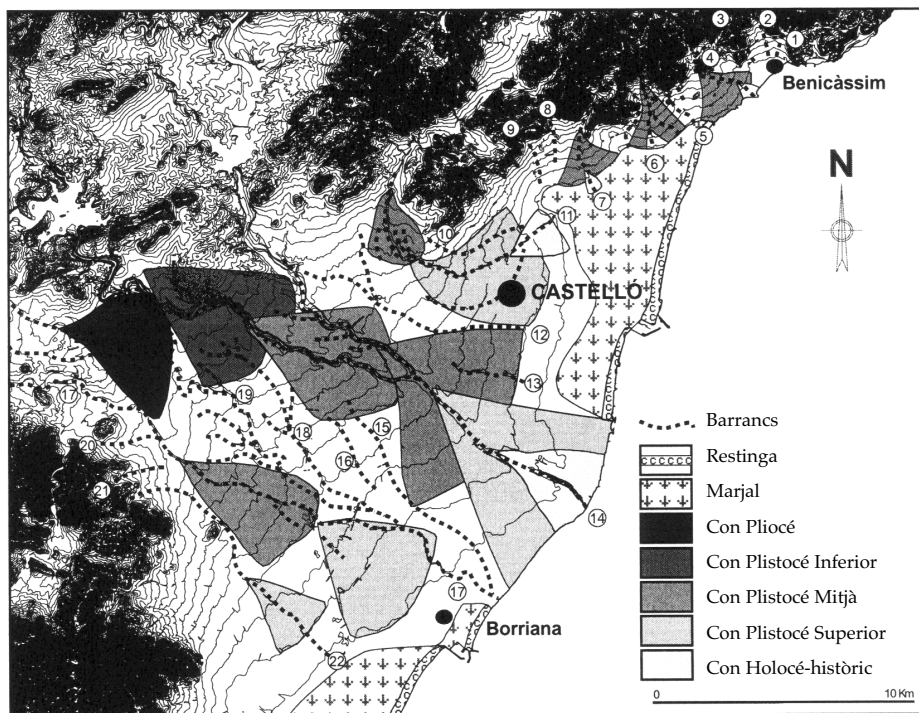


Figura 1. Esquema hidrogeomorfològic de la Plana de Gandia (segons SEGURA i CARMONA, 1999). La disposició del ventall del Riu d'Alcoi, obliga al Barranc de Beniopa a descriure un angle de 90° i a desplaçar la formació del seu petit ventall cap a la costa, la qual cosa crea els principals problemes d'inundació a la ciutat de Gandia. Per altra part, alguns paleocaixers com el Barranc de la Palmera o el de Bellreguard drenen la superfície del ventall, totalment desconnectats del Riu d'Alcoi.



- | | | |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 1-Bc. de Cantallops | 9-Bc. de la Figuetta | 17-Riu Sec de Borriana |
| 2-Bc. de Sta. Agueda | 10-Bc. del Sol | 18-Bc. dels Esbarzers o de Passets |
| 3-Bc. dels Covarxos | 11-Riu Sec de Borriol | 19-Bc. de Ràtils |
| 4-Bc. de les Farges | 12-Bc. de Fraga | 20-Bc. de Sant Roc |
| 5-Bc. del Sigalero | 13-Bc. de Almassora | 21-Bc. de les Vinyes |
| 6-Bc. de la Parreta | 14-Riu Millars-Rbla. de la Viuda | 22-Bc. de St. Antoni o de Betxí |
| 7-Bc. de la Magdalena | 15-Bc. del Hospital | |
| 8-Bc. del Migdia | 16-Bc. de Porcelanosa | |

Figura 2. Esquema geomorfològic simplificat dels ventalls al·luvials de la plana costanera entre Orpesa i Borriana. En aquest esquema s’observa com alguns barrancs desapareixen en entrar a la marjal (Barranc del Sigalero, de la Parreta, de la Magdalena, Riu Sec de Borriol), que constitueix el seu nivell de base. Per altra part, la disposició dels ventalls del Millars-Rambla de la Viuda i del Riu Sec de Borriol plantegen un problema de competència que es resol amb el desplaçament del segon cap a la marjal, creant problemes d’inundació a Castelló. A més hi ha tota una sèrie de barrancs de depressió intercons (Bc. del Sigalero, Bc. de Fraga, Bc. de l’Hospital, Bc. dels Esbarzers o Bc. de Ràtils) que drenen les zones deprimides; a més la majoria dels que estan al sud del Millars han desaparegut degut a l’acció antròpica.

Els punts de trencament: el creixement dels ventalls al·luvials

Els ventalls madurs, a diferència dels anteriors, es caracteritzen perquè hi ha un canal ben encaixat en tot el seu traçat, tant si es tracta de ventalls progradants com si estan solapats. Tanmateix, el primer tipus és el que comporta més perill degut a la seua dinàmica: el caixer està incidit des de l’apex fins al punt d’intersecció, localitzat allà on el llit del riu retorna a la superfície i s’instal·la l’apex d’un nou con. Aquesta disposició provoca la



Foto 3. Punt de trencament del Riu Sec de Borriol (fletxes verticals) aigües amunt del pont de la carretera homònima. En estar el marge dret més baix que l'esquerre les aigües se'n surten de mare amb molta facilitat (la fletxa horitzontal marca la direcció de les aigües).

formació de ventalls al·luvials progradants, amb diferents punts d'intersecció, que es caracteritzen perquè d'alguna manera desapareix el confinament del canal. En aquests punts el caixer eixia a la superfície, per la qual cosa, les parets perden altura i per tant poden produir-se desbordaments. Nogensmenys, la perillositat disminueix des de l'interior cap a la costa, sent màxim als àpex dels ventalls holocens i històrics i mínima als punts d'intersecció dels ventalls del plistocé antic.

Un exemple d'aquesta problemàtica la trobem al con del Millars-Rambla de la Viuda, on es poden detectar fins a 5 punts d'intersecció. La incisió disminueix des del més antic (con del pliocé) fins al més recent (con holocé-històric) i en conseqüència el perill de desbordament augmenta aigües avall, sent màxim al darrer ventall (figura 2).

Altres vegades els punts de trencament només es produeixen en un dels marges. A les seccions transversals i també a simple vista, s'observa aquesta davallada de la paret. La foto n° 3 n'és un bon exemple on s'observa un punt de trencament del marge dret del Riu Sec de Borriol, a l'altura de la carretera de Borriol (foto 3).

Per altra part, hi ha un altre element que complica el risc en aquests ventalls: l'existència d'esglaons en els caixers (SEGURA, 1990; HARVEY, 1987, 1997). Aquest fenomen, es produeix allà on els ventalls recents se superposen a d'altres antics encrostats -normalment del Plistocé inferior-mitjà-, difícils d'incidir. Interpretats com a senyal d'una migració recent del caixer, la duresa dels materials dificulta l'erosió remuntant, provocant un esglaó, que pot facilitar-ne els desbordaments. A la figura 3 es poden observar els nombrosos trencaments de pendent de la Rambla de Cervera i del Riu Cervol i també s'hi poden trobar al Riu Sec de Castelló. Els esglaons fan disminuir la profunditat de la secció transversal, encara que aigües avall, el caixer recupera les seues dimensions (foto 4).



Foto 4. Els esglaons que de vegades es formen als llits de les rambles disminueixen la capacitat de la secció transversal i són punts de desbordament. En la foto esglaó format a la Rambla de Cervera, prop de Benicarló.

Paleollits: les avulsions

El creixement dels ventalls al·luvials s'associa a la migració dels caixers, que van reblint aquelles parts més enfonsades. Aquesta mobilitat explica l'abandonament dels canals i la formació de paleocaixers, que són molt abundants a la Plana de Vinaròs-Benicarló, però també n'hi ha a la de Gandia o a la de Castelló. Qualsevol paleocanal és senyal palpable d'una avulsió més o menys recent. La forta incisió dels caixers minimitza el risc d'avulsió, reduint-lo a les parts distals, -és dir, als cons més recents- on l'encaixament va disminuint. Un exemple d'aquests canvis el tenim en el riu Palància, on hi ha una doble desembocadura, una de les quals serà probablement abandonada pel riu.

Tanmateix, el funcionament dels paleocaixers és important en moments d'inundació. La major parts estan penjats respecte als caixers actuals, que han registrat un procés d'incisió recent, motivat entre altres causes per l'acció antròpica (SEGURA, 1991; SEGURA i CARMONA, 1999); per tant, difícilment es produirà una connexió amb el riu actual en cas de revinguda. El seu funcionament però serà més o menys perillós depenent del grau d'incisió: n'hi ha que només s'endevinen pel parcel·lari, però també n'hi ha que conserven la secció transversal ben definida. En general, actuen com a col·lectors de l'escolament que es produeix aigües amunt sobre la superfície del ventall. A tots els efectes, funcionen com el canal de desguàs d'una subconca de drenatge d'un sector del ventall. Solen ser espais de risc elevat, ja que a l'acumulació de flux s'hi suma la escassa percepció de l'existència d'una vaguada, per la qual cosa són ocupats amb molta facilitat per l'home. A la figura 4, nº 11 s'observa com al con del Palància existeix el paleocaiquer de l'Almudàfer -a prou penes incidit-, que discorre sobre la superfície actual del ventall, penjat un parell de metres sobre el caixer funcional i que només podria desguassar una revinguda del Palància amb un cabal de marges plens. Tanmateix, avui en dia actua com a col·lector del ventall, inundant periòdicament el Port de Sagunt.

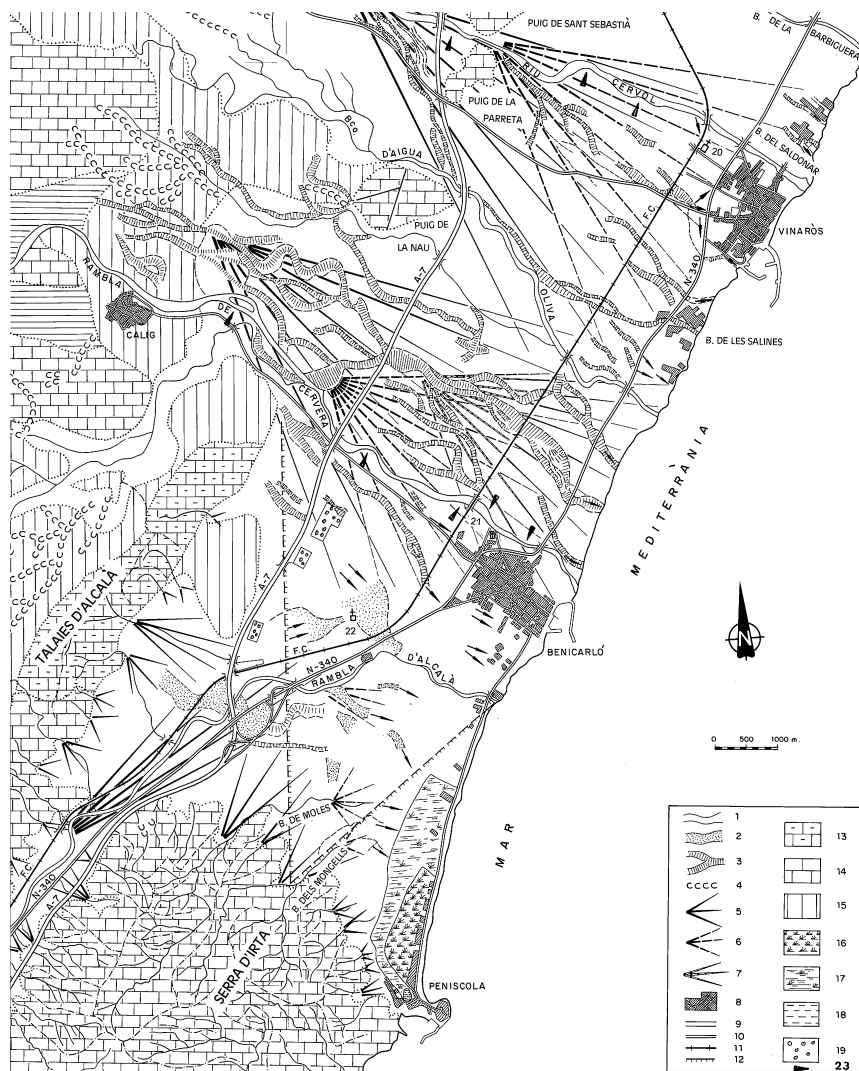


Figura 3. Esquema hidrogeomorfològic de la Plana de Vinaròs-Benicarló. 1. Rambles y barrancs. 2. Depressions. 3. Paleocaixers. 4. Barrancs de fons pla. 5. Ventalls del Plistocè inferior-mitjà. 6. Ventalls del Plistocè superior. 7. Ventalls holocens. 8. Núclis urbans. 9. Autopista A-7. 10. Nacional 340. 11. Ferrocarril València-Barcelona. 12. Falles suposades. 13. Calçari i margues. 14. Calçari. 15. Conglomerat pliocè. 16. Marjal. 17. Albufera. 18. Llacuna funcional. 19. Extraccions d'àrids. 20. Ermita de Sant Gregori, Vinaròs. 21. Cementiri de Benicarló. 22. Ermita de Sant Gregori, Benicarló. 23. Trençaments de pendent. Les fletxes indiquen la direcció dels fluxos desbordats.

La vorera al·luvial que formen els rius de la Sénia, Cervol i Rambla de Cervera és un exemple de competència entre els ventalls de la Rambla de Cervera i la Rambla d'Alcalà, que es resol amb el desplaçament del segon cap a la mar. També es poden observar els eixamplaments dels caixers *braided* i els nombrosos paleocaixers que han format els ventalls, així com el Barranc de la Barbiguera i el Barranc d'Aigua Oliva que són barrancs intercons.

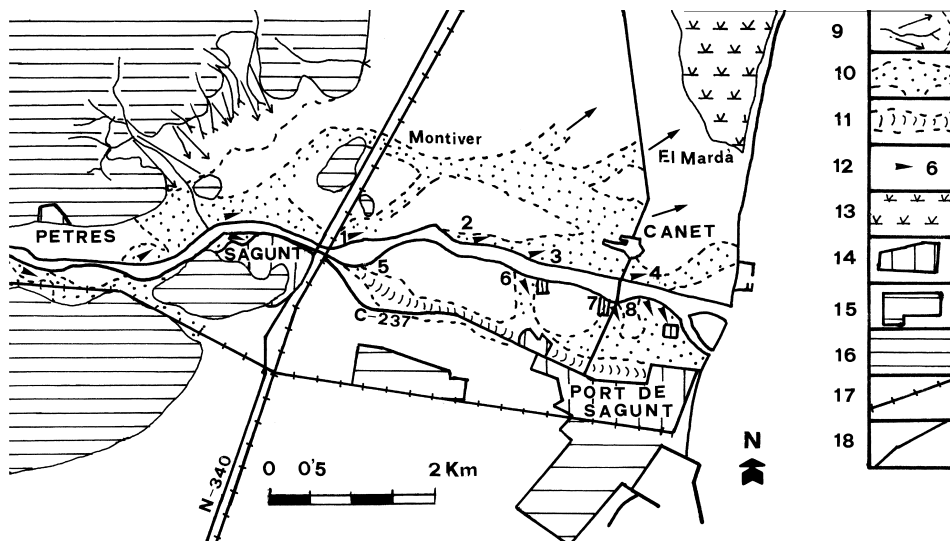


Figura 4. Ventall al·luvial del Palància i zones inundables. Els números de l'1 a 8 són punts de sortida de les aigües. 9. Ventalls al·luvials. 10. Zones inundables. 11. Paleocaixer. 12. Punts de trencament. 13. Marjal, 14. Creixement recent dels nuclis urbans en zones inundables. 15. Nuclis urbans antics. 16. Relleus. 17. Ferrocarril. 18. Carreteres.

Un altre exemple el tenim en el barranc de la Barbiguera, antic paleollit del Riu de la Sénia. L'escolament generat entre aquest Riu i el Cervol desguassa per aquest barranc, que malgrat l'escassa capacitat de la seua secció transversal, en moments de revinguda, com a l'octubre de 2000, pot transportar cabals importants (figura 3 i foto 5)

Les corbes i la competència entre cons

Encara que les sinuositats són formes típiques dels rius meandritzants, el riu *braided* també tenen corbes associades a diferents causes. Una de les més habituals són els eixamplaments del caixer típics d'aquests cursos fluvials. La successió de zones estretes amb concentració del flux i altres més amples on es formen barres (divergència dels fluxos) expliquen un model de transport de sediments discontinu i en pulsacions (ASHMORE, 1982; CHURCH i JONES, 1992; FERGUSON, 1993). La divergència dels canals fa que al centre de l'eixamplament es produïssa una zona de curvatura semblant a la dels meandres.

L'anàlisi de les fotografies aèries en diferents indrets de les planes valencianes, indica que en aquests punts es localitzen sovint els punts d'intersecció i els àpex dels ventalls dels diferents ventalls del quaternari, la qual cosa posa de manifest, la tendència de l'aigua a sortir-se'n en aquestes indrets eixamplats. S'observa aquesta circumstància a la Rambla de Cervera (figura 3), però també s'hi poden veure en altres llocs com ara el Riu Palància (SEGURA, 1991)(figura 4).

Una altra circumstància que produeix la formació de corbes en els rius de les zones costaneres valencianes és la competència entre ventalls al·luvials perpendiculars. Per la peculiar disposició dels blocs alçats i enfonsats, els rius principals entren a les planes cos-



Foto 5. Barranc de la Barbiguera, paleocaixer del Riu de la Sénia, sense aigua i a la revinguda d'octubre de 2000.

taneres seguint una trajectòria W-E, mentre que els secundaris hi arriben de forma perpendicular, és dir, amb trajectòries N-S. En aquesta situació, si el riu principal desenvolupa un ventall al·luvial, el secundari no es pot convertir en afluent degut a la convexitat del ventall principal. D'aquesta manera, davant la impossibilitat de vessar-hi les aigües, l'afluent voreja el ventall principal, allargant el seu caixer fins no trobar cap impediment i aleshores el riu secundari forma un ventall de menor entitat. En aquesta situació el canal secundari descriu nombroses corbes, de vegades molt pronunciades, per on són freqüents els desbordaments. Exemples de competència entre ventalls i formació de corbes en tenim a la Rambla d'Alcalà amb la Rambla de Cervera (figura 3), al Riu Sec de Borriol amb el Millars-Rambla de la Viuda (figura 2) i al Barranc de Beniopa amb el Riu d'Alcoi (figura 1).

De fet, les corbes dels rius són indrets propicis a la sortida de les aigües. La cara externa del meandre, aigües avall del seu eix, és el punt on s'inicia la sortida de les aigües una vegada s'ha superat la capacitat de la secció transversal del caixer (SELLIN i WILLETS, 1996). Per aquest motiu, són indrets amb molt de perill de desbordament, ja que les aigües surten amb una velocitat important i s'obren en ventall, per la qual cosa la zona afectada pot ser àmplia i difícil de definir. En els casos anteriorment mencionats, les corbes dels barrancs secundaris (Riu Sec de Borriol i Barranc de Beniopa) provoquen la inundació de dues ciutats importants: Gandia (figura 1) i Castelló (figura 2, nº 11), ubicades precisament en aquestes zones conflictives. L'obertura de les aigües en ventall implica l'a-



Foto 6. El Barranc de Fraga drena la depressió intercons que separa els ventalls del Riu Sec de Castelló i del Millars-Rambla de la Viuda. Després de patir nombroses alteracions del seu traçat degut a obres antròpiques acaba desapareixent en una claveguera a Castelló, a la carretera d'Almassora (les fletxes indiquen la direcció de les aigües).

fecció d'una zona ampla dels cascs urbans. A més en el cas de Castelló, el creixement successiu del ventall del Millars ha obligat el Riu Sec de Borriol a descriure un gir complex de 180°, multiplicant el risc en cadascuna de les corbes (figura 6).

LA SIGNIFICACIÓ DELS ESPAIS DEPRIMITS

De la mateixa manera que els ventalls al·luvials tenen una forma convexa, a les planes costaneres hi ha espais còncavs on acudeixen i s'acumulen les aigües. Des del punt de vista de la dinàmica fluvial són espais que no han estat reblits pels rius; és dir, on la sedimentació fluvial ha sigut escassa. Aquesta circumstància es dona a les depressions entre cons i a les marjals.

Depressions intercons

La disposició dels ventalls al·luvials formant una vorera al peu de les serres dona una evolució i unes morfologies complexes, on és difícil de vegades distingir els diversos ventalls que les formen. En qualsevol cas, la successió lateral de ventalls configura un perfil transversal ondulat, format per crestes i depressions. Les crestes s'associen a les parts centrals dels ventalls, mentre que les depressions són els extrems laterals dels ventalls on el rebliment ha sigut menor. Quan aquesta morfologia ha estat ben desenvolupada, el funcionament hidrològic comporta dos espais amb diferències de drenatge: les parts elevades del

ventall, desguassades pels caixers principals i els paleocaixers, i les depressions intercons, mal drenades. En aquestes zones és habitual la formació d'espais marjalencs, on s'acumulen les aigües dels encontorns i també les aigües freàtiques que de vegades afloren als ullals. A partir d'aquestes aportacions hídriques s'organitzen barrancs que naixen en les mateixes planes -per tant no tenen capçalera a la muntanya- i tenen una funció similar a la dels *ya-zoos* en les planes d'inundació convexes: el drenatge de les zones deprimides laterals.

Aquests barrancs de vegades són difícils d'identificar i sobretot de diferenciar dels paleocaixers, dels quals de vegades, n'aprofiten el traçat. Se'n poden trobar a quasi totes les planes litorals: la depressió de Sant Gregori, entre la Rambla de Cervera i la Rambla d'Alcalà (figura 3, nº 22); el barranc de Fraga, entre el Riu Sec de Borriol i el Millars-Rambla de la Viuda (figura 2 nº 12); el Barranc de l'Hospital de Vila-real, entre el Millars-Rambla de la Viuda i el Riu Sec de Borriana (figura 2, nº 15) o el Palmaret, entre el Túria i el Carraxet (CAMARASA, 1995).

Un exemple ben cridaner és el Barranc de Fraga a Castelló, situat en l'espai intercons del Riu Sec de Castelló i el del Riu Millars-Rambla de la Viuda. La capçalera sembla que es va organitzar a partir de dos paleocaixers, de cada un dels rius anteriors, però en l'actualitat, desconnectats totalment d'aquests rius, drena la depressió que els separa. Naix per tant, a la mateixa Plana i després de travessar-la, es perd en nombroses ocasions, degut a l'acció antròpica, per a morir en una claveguera a Castelló, on inunda la part meridional de forma periòdica (figura 2, nº 12; foto 6).

Les marjals: un espai de transició

Les marjals són antigues albuferes en fase de rebliment. Tancades en l'actualitat per restingues que les aïllen de la mar, les aportacions fluvials són les responsables màximes de la seua colmatació, encara que la influència marina pot ser relativament important a les proximitats de la restinga. El rebliment total només ha estat possible allà on els rius han sigut capaços d'acumular suficients sediments, formant una avançada continental que en alguns casos ha pogut interrompre la marjal. Uns bons exemples els tindriem en el Riu Millars-Rambla de la Viuda -que divideix les marjals del Prat del Quadro i de Borriana-Xilxes-Almenara- (figura 2) i el Palància que interromp de bell nou l'espai marjalenc entre Borriana-Xilxes-Almenara i el Puig-València. La resta de les marjals s'estrenyen o s'eixamplen en funció del desenvolupament dels cons que hi arriben (figura 2).

En qualsevol cas, aquests espais deprimits arpleguen les aigües desbordades dels cons i dels barrancs que hi desemboquen. Els fluxos que hi arriben són aigües desbordades que s'escampen en làmina i que van perdent competència a mesura que ens allunyem del final del caixer. Això explica que els sediments més gruixuts es queden al límit intern de la marjal, mentre que a les parts més pròximes a la mar només hi arriben els llims i les argiles (SANJAUME, *et al.* 1992; SEGURA *et al.*, 1995). D'aquesta manera, la pròpia sedimentació diferencial localitza els espais més còncaus, prop de la mar i lluny dels barrancs, on solen quedar-hi depressions que en ocasions estan sota el nivell de la mar. Un bon exemple el tenim a la marjal del Prat del Quadro, a Castelló, on el model digital d'elevacions, fet a partir de la cartografia 1/10.000 ens ha permès localitzar a la part més septentrional dos espais situats per baix del nivell de mar i que òbviament actuen com a magatzems temporals de les aigües (MATEU i SEGURA, 2002). El Riu Sec de Borriol, que desapareix de forma natural al penetrar en la marjal, circula a través d'un canal artificial realçat sobre les depressions laterals, que no poden desguassar ja que estan més fondes, sent una zo-



Foto 7. El Barranc de la Saleta a l'entrada d'Aldaia conserva un caixer artificial d'escassa capacitat (a); tanmateix, a poca distància desapareix totalment, sent ocupat per un passeig (b), que a la vegada està confinat pel traçat de la via del ferrocarril (c). Les aigües del barranc arriben a Alaquàs a través d'un pas subterrani (d). En realitat, en aquest exemple no es pot parlar de processos d'inundació en sentit estricte; més be caldria parlar d'ocupació del caixer.

na amb molts de problemes d'inundacions al estar profusament urbanitzada (figura 2).

Aquesta dinàmica de les aigües en les marjals és la que permet entendre aquestes formes com un espai important en la gestió de les inundacions: a banda de tots els valors ecològics que se'ls atribueixen, també actuen com a un matalàs de protecció front a les inundacions, ja que serveixen de magatzem de les aigües.

ALTERACIÓ DELS PROCESSOS NATURALS PER L'ACCIÓ ANTRÒPICA

La dinàmica fluvial descrita en els apartats anteriors en molt poques ocasions es produeix en la natura, ja que les intervencions humanes sobre el conjunt de les conques implica canvis no sols en el conjunt de la conca si més no en els propis caixers. Als canvis en els usos del sòl (desforestació i agricultura) tant antics com la pròpia humanitat, els resultats dels quals s'han deixat sentir en episodis d'erosió i sedimentació perfectament estudiats a les planes valencianes (MATEU, 1983, 2000; CARMONA, 1995 b; RUIZ i CARMONA, 1998; RUIZ, 2001), s'hi sumen les activitats més recents que estan afectant els propis caixers i per tant el desenvolupament de les inundacions. Entre els més importants per la

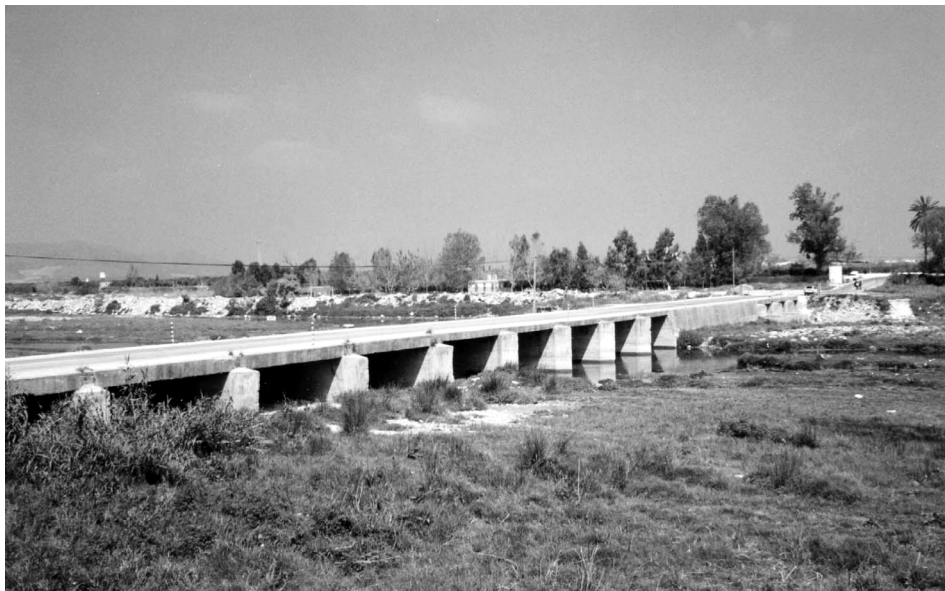


Foto 8. Pont del Palància entre el Port de Sagunt i Canet. És un obra mal dissenyada, amb alguns ulls tapats i que no abasta la totalitat del caixer, constituint un punt de desbordament fàcil.

seua magnitud cal destacar la construcció d'infraestructures viàries, les canalitzacions i les ocupacions de caixers.

Invasions i desaparicions de caixers: el problema dels límits en rius secs

La delimitació dels caixers dels rius i rambles planteja un problema seriós allà on desapareix l'encaixament. La pròpia dinàmica de funcionament d'aquests corrents -amb caixer *braided* en la majoria dels casos- dificulta considerablement l'establiment dels seus límits. Malgrat que en algunes ocasions la incisió és forta i per tant els límits del llit són nítids, allà on es perd l'encaixament la situació es complica. L'abandonament dels canals i la incorporació de les barres i illes a la plana d'inundació són fenòmens habituals. Aquest mecanisme implica un procés de migració que deixa espais lliures de les aigües durant molt de temps (FERGUSON, 1993; ASHMORE, 1982; HOWARD, 1996). Això propicia que els propis agricultors o fins i tot l'administració envaïesca els caixers ocupant-los per a la construcció d'infraestructures -les carreteres solen ser-hi freqüents-, edificis o camps. Si això succeeix als caixers principals, encara passa amb més freqüència als barrancs secundaris i als paleocaixers, on la assiduitat de circulació hídrica disminueix dràsticament. Tanmateix en tots els casos l'invasió dels barrancs pot tenir conseqüències greus, perquè el cabal que hi pot circular pot ser elevat, tot depenent de la conca que els alimenta.

Un exemple ben significatiu és el barranc de la Saleta, a l'entrada d'Aldaia. El seu llit desapareix per causes naturals en diversos indrets (CARMONA, 1995 b), però a l'entrada d'aquesta població conserva un caixer artificial durant una certa distància (foto 7 a). Malgrat tot, arriba a un punt on desapareix la canalització i les aigües circulen per un passeig

(foto 7 b) confinades per la via del tren (foto 7 c) i transmetent la inundació a Alaquàs a través d'un pas subterrani (foto 7 d).

De vegades el fenomen pot ser extrem i arribar fins i tot a la desaparició de barrancs i de paleocaixers, com ha passat a la Plana de Castelló on ha desaparegut quasi totalment la xarxa d'afluents del Riu Sec de Borriana pel marge esquerre (figura 2, nº 16, 18 i 19). En aquesta zona la forta expansió de l'agricultura de regadiu des del començament del segle XX ha estimulat l'anivellació dels camps, que s'han anat reblint per tal de facilitar-ne l'abast d'aigua (OBIOL, 1987; SEGURA, en premsa). El fort desenvolupament a les darreres dècades de la indústria taulellera de la Plana, ha suposat la seua reconversió en solars industrials. Com a conseqüència, a l'octubre de 2000, les fortes pluges que hi van caure (MATEU i SEGURA, 2002) van provocar el funcionament de la xarxa esvaïda amb les conseqüents inundacions de determinades empreses.

El traçat de les infraestructures: modificacions possibles

La construcció de vies de comunicació sobre els rius sol ser sempre problemàtica. Els ponts són punts on la secció transversal s'estreny i per tant augmenta la velocitat del flux, la qual cosa implica una erosió local important (BROOKES, 1988). A més, de vegades esdevenen seccions incapaces per l'obstrucció dels ulls, la qual cosa fa que siguin punts de desbordament freqüent. Així va succeir als ponts del Riu Sec de Castelló a l'any 1949 (SEGURA, 2001) i també al Palància el 1962 i el 1967 (SEGURA, 1991). El conflicte encara s'agreuja més si el pont no abasta tota la secció transversal, constituint en aquest cas una autèntica barrera al flux, com passa al pont del Palància a la carretera que va des del Port de Sagunt a Canet (foto 8)

D'altra banda, la construcció de vies de comunicació sobre el ventall al·luvial pot desviar el flux de la seua trajectòria. De vegades actua com a col·lector de les aigües desbordades, com passa a Gandia, on la carretera d'Ontinyent (figura 1) condueix les aigües dels barrancs que baixen de la Falconera cap a la ciutat, tal i com va ocórrer al novembre de 1987. En altres ocasions actua de mur de contenció incrementant els efectes en uns indrets i salvaguardant-ne d'altres, tal i com va esdevenir a la Ribera del Xúquer a l'octubre de 1982 (LA ROCA i CARMONA, 1983) i al setembre de 1997 (RUIZ i CARMONA, 1998).

El desviament de caixers i les seues conseqüències

Aquesta pràctica, molt utilitzada al llarg del segle XX, ha anat perdent importància a mesura que avançava el segle. El màxim exponent a les planes costaneres valencianes ha estat el desviament del Riu Túria, com a conseqüència de la inundació de 1957. A banda d'aquesta obra, dissenyada per a un cabal de 5.000 m³/s n'hi ha altres de menor entitat en diferents indrets, com ara a Benicàssim, on s'ha desviat el Barranc de les Agulles. Les conseqüències d'aquest tipus d'obres son imprevisibles en cas d'inundació i depenen de

² El cas del Barranc de Aras, que va provocar la catàstrofe de Biescas el 7 d'agost de 1996 és un exemple paradigmàtic (GARCIA RUIZ *et al.*, 1996; GUTIÉRREZ i MATEO, 1998) de les conseqüències del desviament d'un caixer natural -que circulava pel marge dret del ventall al·luvial- cap a un altre artificial. Construït pel centre de l'edifici en la zona de màxima convexitat, va provocar les greus inundacions que van acabar amb la vida de 87 persones. El riu en sobrepassar la capacitat del canal artificial, va fer una translació en sentit radial, des del centre del ventall fins a trobar l'antic caixer, ubicat a una zona més baixa. A tots els efectes no és pot considerar una avulsió, perquè el caixer antic existia, i per tant, el riu només va recuperar el seu caixer natural.

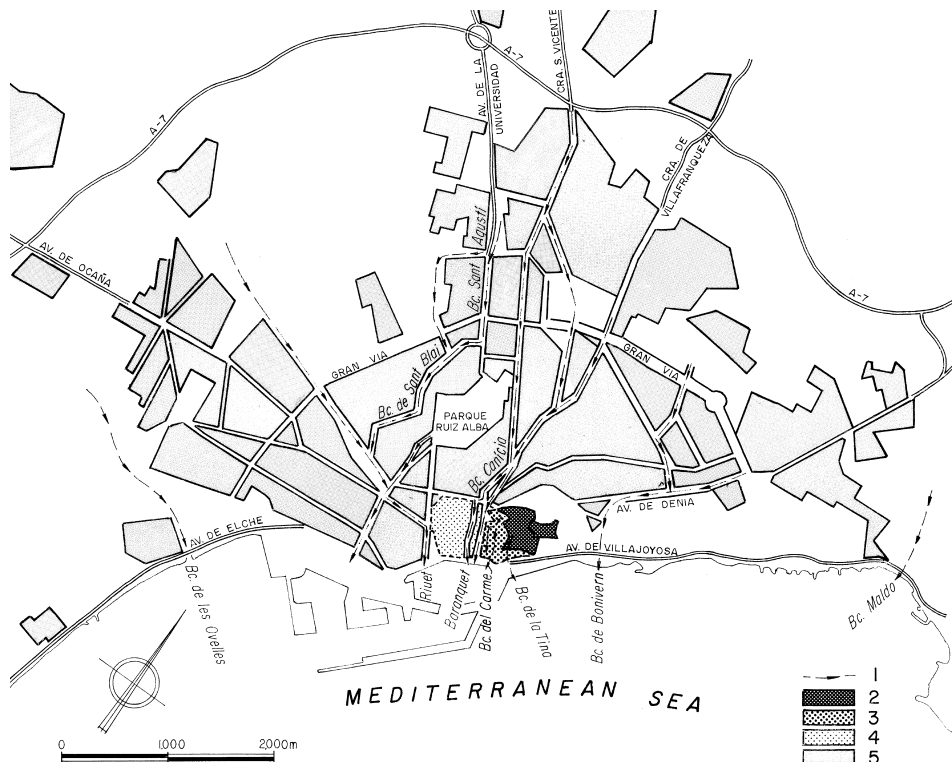


Figura 5. Inundacions i creixement urbà a la ciutat d'Alacant (reconstrucció de la inundació de 1997, a partir de la premsa). 1. Direcció dels fluxos. 2. Recinte emmurallat s. VIII-s. XIII. 3. Desenvolupament urbà fins al segle XVII. 4. Muralles enderrocades a partir de 1858. 5. Creixement des de la segona meitat del segle XIX.

factores com ara la superfície de la conca de drenatge -de la qual depèn el cabal- i les característiques del nou caixer -traçat, pendent, etc.-. Tanmateix, l'experiència de Biescas, on la construcció d'un caixer per la part més convexa del con va ser totalment desastrosa, ens pot alertar del perill que poden comportar aquest tipus de construccions ². D'aquest succés, independentment de la conjunció d'altres factors que el van convertir en catàstrofe -precipitacions extraordinàries, existència d'una gran reserva de sediments a les morrenes glacials i a les preses del caixer, dimensions dels sediments, localització del càmping, etc.- és important extraure'n la idea de que el traçat dels rius no és casual, sinó que respon a un ajust entre el cabal i els sediments transportats; per tant, els rius desviats, en moments de desbordament intenten retrobar el traçat primitiu.

El cobriment dels caixers

Aquesta és una pràctica molt arriscada que no deu d'utilitzar-se si no és per resoldre un problema de força major. En les planes costaneres valencianes n'hi ha exemples construïts als anys 60. A Betxí, el Barranc de les Vinyes (fig. 2 n^o 21) s'ha canalitzat en passar

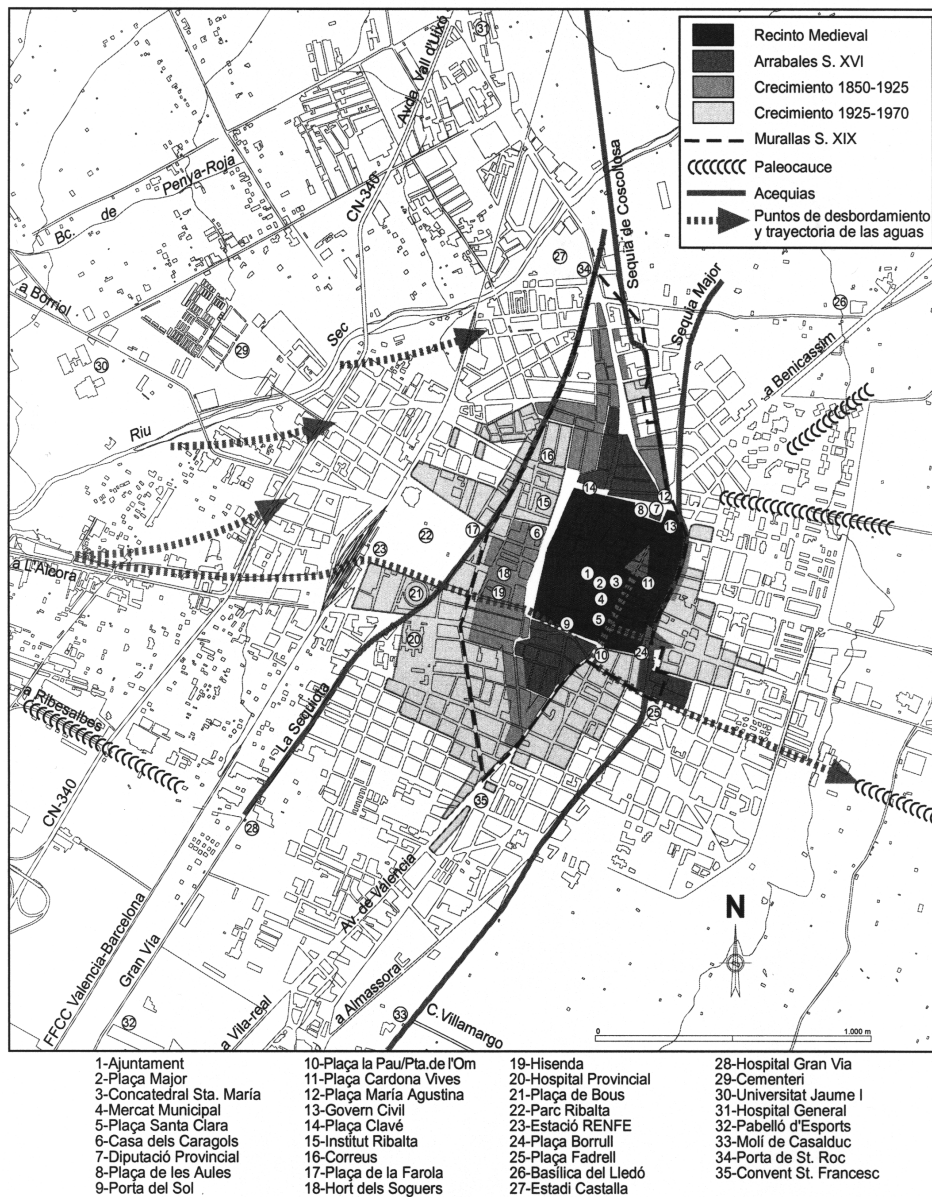


Figura 6. Desenvolupament urbà de Castelló i inundacions. El traçat de la muralla del segle XIX correspon amb la Ronda Magdalena (entre els números 17 i 34), Ronda Millars (entre el 17 i el 35) i Carreer Governador Bermúdez de Castro (entre el 24 i el 33). En aquesta figura es poden observar els nombrosos punts de desbordament del Riu Sec de Borriol. Les aigües desbordades deixen el recinte medieval lliure de les aigües, encara que el creixement posterior de la ciutat s'ha produït en zona inundable.

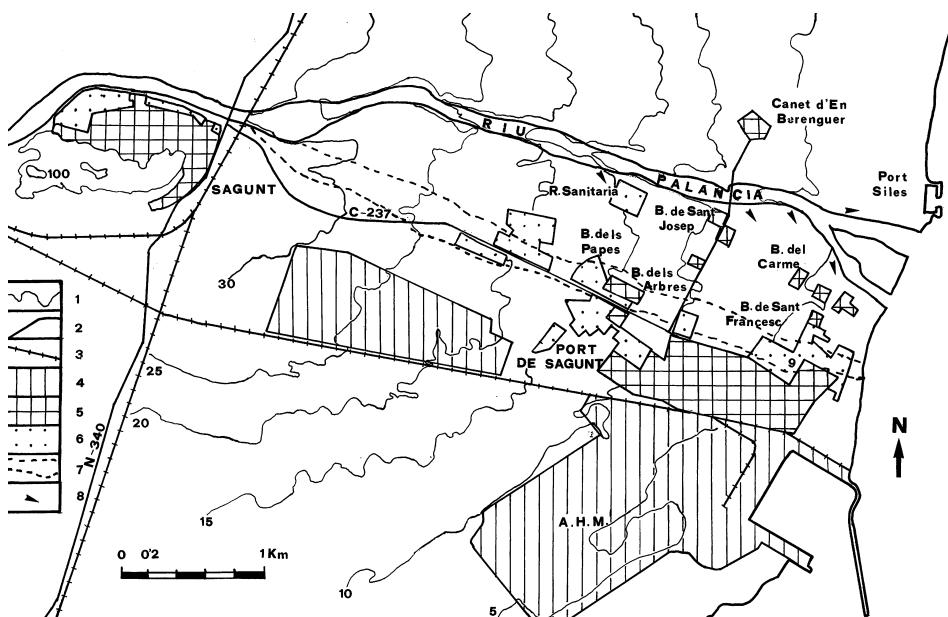


Figura 7. Creixement urbà i zones inundables al con del Palància. 1. Corbes de nivell. 2. Carreteres. 3. Ferrocarril. 4. Instal·lacions industrials. 5. Nuclis urbans antics. 6. Expansió urbana posterior al 1957. 7. Paleocaixer. 8. Punt de desbordament.

Al gràfic s'observa com abans dels anys 60 els nuclis urbans respectaven les zones inundables, especialment el paleocaixer de l'Almudàfer, localitzat al marge dret del riu. Amb posterioritat a aquestes dates, el fort creixement del Port de Sagunt s'ha fet, en part, dins d'aquesta vaguada, que dreña les aigües de pluja d'una part del ventall al·luvial, per la qual cosa aquest nucli urbà pateix inundacions amb molta freqüència.

per l'avinguda de Sant Josep; a Borriol hi ha un cas semblant d'un afluent del Riu Sec que travessa el nucli urbà convertit en claveguera (MATEU i SEGURA, 2002); a Vila-real el Barranc de l'Hospital te la seua capçalera soterrada baix l'asfalt; a Alacant, els barrancs de Bonivern, de la Canícia i de Sant Blai (Figura 5) s'han convertit en clavegueres de la ciutat (SEGURA, 2000). En aquestes circumstàncies, el major perill -independentment de que estiguen ben dissenyats- n'és la seua obstrucció a causa de les deixalles i les restes de vegetació que arrosseguen els rius en moments de revinguda.

En aquest sentit, és de destacar la inconveniència del cobriment previst al Riu Sec de Borriol al seu pas per la ciutat de Castelló, entre el nou traçat del ferrocarril i el final de la zona urbana. El perill en aquest cas és múltiple, ja que es conjuguen una sèrie de factors com ara els següents:

- El riu presenta zones de desbordament aigües amunt, per la qual cosa no s'evita el risc d'inundació (figura 6).
- El canal cobert arranca en un esglaó del llit, aprofitat per al semisoterrament de la via del ferrocarril. Aigües amunt d'aquest esglaó, la secció transversal presenta una forta reducció i un punt de trencament natural, de manera que si l'entrada a la zona entu-

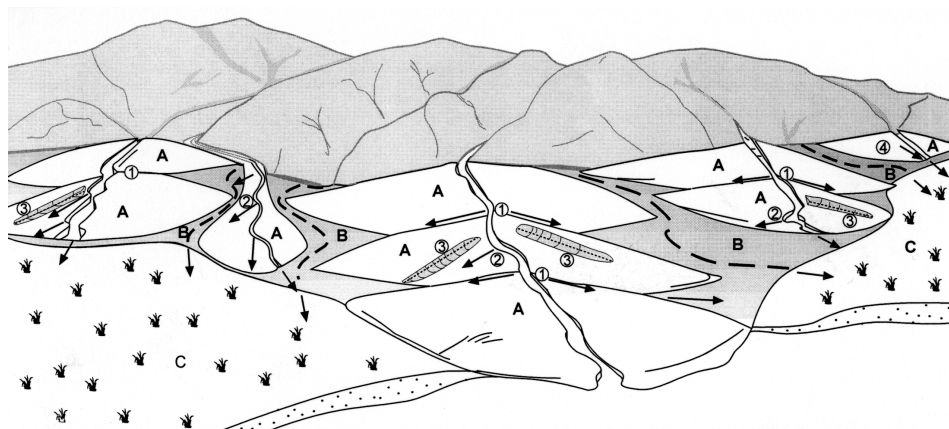


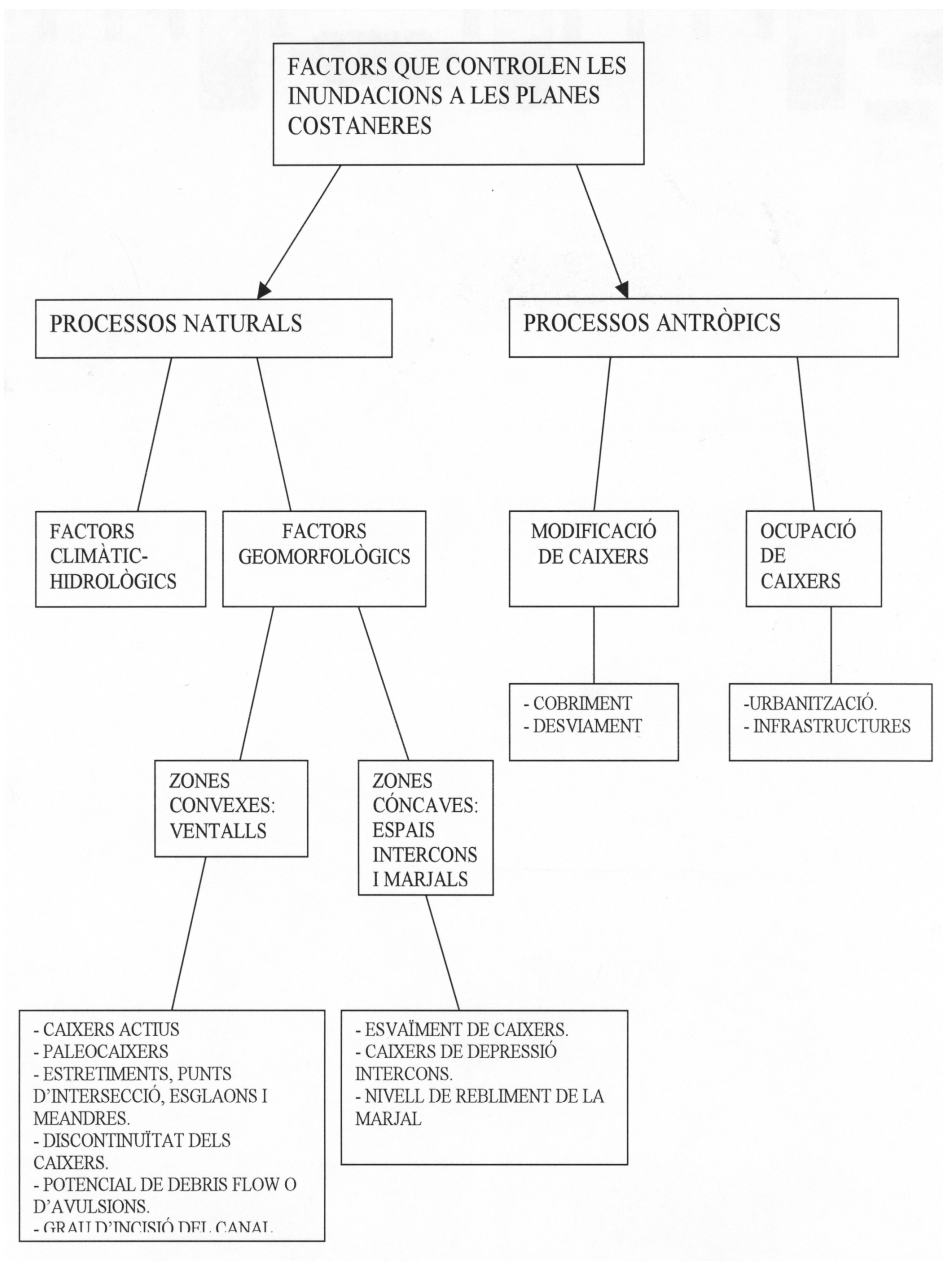
Figura 8. Model d'inundacions als ventalls de les planes costaneres. A) Zones convexes: ventalls al·luvials. B) Zones deprimides: depressions intercons. C) Zones deprimides: marjals. 1. Punts d'intersecció. 2. Corbes i eixamplaments. 3. Paleocaixers. 4. Ventalls immadurs

bada es veu dificultada pels materials arrossegats pel riu, el desbordament afectarà al marge dret i es pot escampar fins i tot al marge esquerre (SEGURA, 2001; en premsa).

El procés d'urbanització de les zones inundables

Un dels problemes que ha afectat les zones mediterrànies des d'antic és la intensa urbanització que s'ha produït a les planes costaneres. El fenomen, que va començar amb els primer pobladors, va anar incrementant-se al pas dels segles. Una de les coses que s'observa en analitzar els nuclis urbans afectats per inundacions, és que els centres històrics medievals -inclús els que estaven en zones inundables- solien quedar al recer de les aigües. En alguns casos era perquè estaven en alters -que de vegades no sobrepassaven un o dos metres de desnivell-, però en altres, eren les mateixes muralles medievals les que els aïllaven de possibles inundacions. Aquestes circumstàncies s'observen a Alacant (SEGURA, 2000), Castelló i Vila-real (SEGURA, en premsa), Gandia (SEGURA i CARMONA, 1999) Vinaròs i Benicarló (SEGURA, 1996) etc. A mode d'exemple, a la figura 6 s'observa com els desbordaments del Riu Sec de Castelló vorejaven la ciutat medieval, encara que les aigües penetraven per algunes portes del recinte. L'enderrocament de les muralles i la construcció dels successius eixamples al llarg dels segles, ha potenciat l'ocupació de zones totalment inundables, com succeeix a Castelló avui en dia. Més encara, ha estat a partir dels anys 60 quan s'han envaït paleocaixers i zones inundables sense cap mirament, tal i com ha passat al Port de Sagunt (figura 7) on barris sencers ocupen el paleocaixer de l'Almudàfer (Barri dels Papes, Barri dels Arbres, Barri de Sant Francesc).

Aquesta situació ha posat de manifest la nul·la atenció que se li dona al tema de les inundacions a l'hora de la planificació urbana, circumstància lligada tant a la falta d'informació, com a l'escassa sensibilització cap a aquests temes dels tècnics i dels polítics. És d'esperar que documents com el PATRICOVA (2000) i altres que se'n hauran de redactar en un futur puguen posar remei a una situació complicada d'ocupació d'espais inundables que ara per ara resulta irresoluble.



Esquema 1. Factors que controlen les inundacions a les planes costaneres valencianes.

A MODE DE CONCLUSIÓ: EL MODEL D'INUNDACIONS ALS VENTALLS AL-LUVIALS
DE LES PLANES COSTANERES

El perill d'inundació en els ventalls al-luvials de les planes costaneres valencianes no abasta tota la superfície del con, ja que, de fet, està localitzat en uns indrets molt determinats. Al tractar-se d'unes formes convexes (figura 8, zones A), es produeix una divergència de fluxos que dona una certa aleatorietat a les zones afectades, però els rics es poden concretar d'una manera més o menys clara. Per contra, les zones deprimides (figura 8, zones B i C), siguen marjals o espais intercons, per la seua topografia apleguen les aigües i per tant són zones de concentració dels fluxos.

En general, als ventalls de les planes costaneres, els processos dominants són de tipus fluvial, ja que es tracta de ventalls evolucionats. Les avulsions o els *debris flows* són fenòmens improbables, però no impossibles, sent més probables els segons que les primeres. Al tractar-se de cons totalment incidits, els desbordaments es localitzen als punts d'intersecció (figura 8, nº 1) i a les corbes i eixamplaments (figura 8, nº 2). Tanmateix, la topografia convexa dels ventalls fa que els fluxos desbordats divergeixen de forma radial, la qual cosa implica que la superfície afectada pot ser important. Per altra part, el perill de desbordament disminueix des de l'àpex fins a la part distal; és dir, de forma inversa a la incisió del caixer. Les zones més pròximes a la mar pateixen més inundacions perquè la secció transversal del caixer perd capacitat.

L'existència de paleocaixers (figura 8, nº 3) és un altre factor de risc, ja que poden aplegar cabals importants, arreplegats sobre el mateix ventall. Les dificultats per a localitzar aquestes formes -no sempre ben incidides- compliquen molt la percepció del seu perill.

Les probabilitats d'inundació són majors als petits ventalls del peu de les serres (ventalls immadurs), on desapareixen els canals, encara que en aquest cas, les conques de drenatge són magres i per tant els processos no poden ser de gran magnitud (figura 8, nº 4). El mateix passa als barrancs que s'acaben a les marjals, encara que els fluxos desbordats solen tenir poca energia.

Per últim, senyalar, que el risc d'inundació canvia amb el temps, ja que l'acció antròpica pot modificar-lo de moltes formes. Per exemple, la construcció d'una rodona a una carretera pot derivar les aigües desbordades en qualsevol direcció, provocant l'afectació de qualsevol indret. Però també és interessant diferenciar les inundacions de les invasions de caixers: en el primer cas, l'aigua ocupa espais que habitualment estan secs; en el segon, és l'home el que no respecta el llit del riu, ocupant-lo amb conseqüències més o menys greus. De fet a la major part d'episodis d'inundacions ocorregut en les darreres dècades, els danys es produeixen majoritàriament per les invasions i no pas pels desbordaments.

A mode de conclusió podem afirmar que la perillositat de les inundacions en els ventalls al-luvials costaners és funció de la combinació d'una sèrie de factors, la interrelació dels quals es mostra a l'esquema 1. Sense tractar de ser exhaustius, proposem un model que reflexa la complexitat dels processos d'inundació, sobretot per la interacció dels factors naturals i antròpics. El dinamisme de les intervencions humanes complica enormement la delimitació de les zones inundables i introdueix un cert grau d'incertesa, ja que l'activitat humana modifica les condicions naturals amb una gran rapidesa, per la qual cosa una petita intervenció pot canviar les previsions sobre les zones inundables amb certa facilitat, la qual cosa obliga a revisar els mapes de risc d'inundació contínuament.

BIBLIOGRAFIA

- ASHMORE, P. E. (1982): Laboratory modelling of gravel braided stream morphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 7, 201-225
- BROOKES, A. (1988): *Channelised rivers: perspectives for environmental management*. Wiley and Sons, Chichester, 336 pp.
- BULL, W. B. (1977): The alluvial fan environment. *Progress in Physical Geography*, 1, 222-270
- CAMARASA BELMONTE, A. M. (1995): *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas. Barranc de Carraixet y Rambla del Poyo*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Júcar. 252 pp.
- CARMONA GONZÁLEZ, P. (1995): *La formació de la plana al·luvial de València. Geomorfologia, hidrologia i geoarqueologia de l'espai litoral del Túria*. Ed. Alfons el Magnànim, IVEL, 175 pp.
- CARMONA GONZÁLEZ, P. (1995b): Análisis geomorfológico de abanicos aluviales y procesos de desbordamiento en el litoral de Valencia. *Cuadernos de Geografía*, 57, 17-34
- CHURCH, M.; JONES, D. (1982): Channels bars in river-bed gravels. In R. D. HEY, H.C. BATHURST and CR. R. THORNE (eds.): *Gravel bed rivers*, Chichester, John Wiley and Sons, 291-338
- FERGUSON, R. (1993): Understanding braiding processes in gravel-bed rivers: progress and unsolved problems. In J. L. BEST; C. S. BRISTOW (eds.): *Braided Rivers*. Geological Society Special Publication 75, 73-87
- FRENCH, R. H. (1987): *Hydraulic processes on alluvial fans*. Elsevier, Amsterdam, 244 pp.
- GARCÍA-RUIZ, J. M.; WHITE, S. M.; MARTÍ, C.; VALERO, B.; ERREA, M. P.; GÓMEZ, A. (1996): *La catástrofe del Barranco de Arás (Biescas, Pirineo aragonés) y su contexto espacio-temporal*. C.S.I.C., Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza, 54 pp.
- GUTIÉRREZ, F.; MATEO GUTIÉRREZ, C. S. (1998): Geomorphological and sedimentological analysis of a catastrophic flash flood in the Arás drainage basin (Central Pyrenees, Spain). *Geomorphology*, 22, 265-283
- HARVEY, A. M. (1984): Aggradation and dissection sequences on Spanish alluvial fans: influence on morphological development. *Catena*, 11, 289-304
- HARVEY, A. M. (1987): Alluvial fans dissection: relationships between morphology and sedimentation. In L. FROSTICK and I. REID (eds.): *Desert sediments, ancient and modern*. Geological society of London, Special publication, 35. Blackwell, Oxford, cf. pp. 87-103
- HARVEY, A. M. (1990): Factors influencing Quaternary alluvial fan development in southeast Spain. En A. H. RACHOCKI Y M. CHURCH (eds.): *Alluvial fans. A field approach*. Wiley and Sons, Chichester, cf. pp. 247-269
- HARVEY, A. M. (1997): The role of alluvial fans in arid zone fluvial systems. In D.S.G. THOMAS (ed.): *Arid zone geomorphology: process, form and change in drylands*, 2nd. Edition, Wiley, Chichester, 231-259
- HARVEY, A. M. (2002): The relationships between alluvial fans and fan channels within mediterranean mountain fluvial systems. En L. J. BULL; M. J. KIRKBY: *Dryland Rivers. Hydrology and geomorphology of semi-arid channels*. Wiley and Sons, Chichester, cf. pp. 205-226
- HOWARD, A. D. (1996): Modelling channel evolution and floodplain morphology. En M. G. MALCOM; WALLING, D. E. I P. BATES: *Floodplain processes*, Wiley and Sons, Chichester, cf. pp. 15-62
- KELLEHARHALS, R.; CHURCH, M. (1990): Hazard management on fans, with examples from British Columbia. En A. H. RACHOCKI Y M. CHURCH (eds.): *Alluvial fans. A field approach*

- ach. Wiley and Sons, Chichester, cf. pp. 335-355
- LA ROCA, N., CARMONA, P. (1983): Fotointerpretación de la Ribera del Xúquer después de la inundación de octubre de 1982. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, 121-134
- MATEU BELLÉS, J. F. (1983): Aluvionamiento medieval y moderno en el llano de inundación del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, 32-33, 291-310
- MATEU BELLÉS, J. F. (1990): Avenidas y riesgo de inundación en los sistemas fluviales mediterráneos de la Península Ibérica. *Boletín de la A.G.E.*, 10, 45-86
- MATEU BELLÉS, J. F. (2000): El contexto geomorfológico en las inundaciones de la Ribera del Júcar. *Cuadernos de Geografía*, 67-68, 241-259
- MATEU, J. F.; SEGURA, F. S. (2002): *Las zonas inundables del entorno de Castellón*. COPUT, Memoria y mapas. PATECAS. Inédito.
- MEMBRADO i TENA, J. C. (1998-99): Origen i desenvolupament urbà dels principals municipis de la Plana de Castelló. *Estudis Castellonencs*, 8, 57-92
- OBIOI MENERO, E. (1987): *Toponimia rural de Vila-real*. Caja Rural Católico-agraria de Vila-real. Vila-real 105 pp.
- ONO, Y. (1990): Alluvial fans in Japan and South Korea. En A. H. RACHOCKI y M. CHURCH (eds.): *Alluvial fans. A field approach*. Wiley and Sons, Chichester, cf. pp. 91-108
- PLAN DE ACCIÓN TERRITORIAL DE CARÁCTER SECTORIAL SOBRE PREVENCIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA COMUNIDAD VALENCIANA (2000) (PATRICOVA). Direcció General d'Urbanisme i Ordenació Territorial. COPUT, València.
- RACHOCKI, A. (1981): *Alluvial fans: an attempt at an empirical approach*. John Wiley and Sons, New York, 166 pp.
- RACHOCKI, A. H.; CHURCH, M. (1990) (eds.): *Alluvial fans. A field approach*. John Wiley and Sons, Chichester, 391 pp.
- RUIZ PÉREZ, J. M.; CARMONA GONZÁLEZ, P. (1998): Procesos hidrogeomorfológicos en el desbordamiento del Río Júcar de otoño de 1997 (litoral mediterráneo, Valencia), en A. GÓMEZ ORTIZ y F. SALVADOR FRANCH (eds.): *Investigaciones recientes de la Geomorfología española*, Barcelona, pp. 283-290
- RUIZ PÉREZ, J. M. (2001): *Hidrogeomorfología del llano de inundación del Júcar*. Tesis doctoral inédita. València, Universitat de València, 200 ff.
- SANJAUME, E.; SEGURA, F. S.; LÓPEZ, M. J.; PARDO, J. E. (1992): Recent Sedimentation in the Valencia Lagoon. An Approach. *Journal of Coastal Research*, 8, (3), 688-698
- SEGURA BELTRAN, F. S. (1987): Les inundacions de Novembre de 1987 al País Valencià. *Cuadernos de Geografía*, 42, pp. 205-211
- SEGURA BELTRAN, F. S. (1990): *Las ramblas valencianas. Algunos aspectos de geomorfología, sedimentología e hidrología*. València, Universitat de València, 215 pp.
- SEGURA BELTRAN, F. S. (1991): Geomorfología fluvial y trazado de mapas de riesgo de inundación: el cono aluvial del Palància. *Actas del XII Congreso Nacional de Geografía*, Valencia, cf. pp. 221-229
- SEGURA BELTRAN, F. S. (1993): Morfología de las desembocaduras fluviales en el Norte del País Valenciano. *Actas de la 2ª Reunión del Cuaternario Ibérico*, 2 tomos, pp. 167-174
- SEGURA BELTRAN, F.S. (1996): Geomorfología e inundaciones en la Plana de Vinaròs-Beniculturaló. *Cuadernos de Geografía*, 59, 87-108
- SEGURA BELTRAN, F. S. (2000): Inundaciones de ramblas y barrancos en las tierras valencianas (1980-1999). *Serie Geográfica*, 27- 47 pp.
- SEGURA BELTRAN, F. S. (2001): Evolución urbana e inundaciones en Castelló. *Cuadernos de Geografía*, 60-70, 253-278

- SEGURA BELTRAN, F. S. (en prensa): Las inundaciones de la Plana de Castelló. Ajuntament de Castelló.
- SEGURA, F. S.; CARMONA GONZÁLEZ, P. (1999): Las inundaciones en la Plana de Gandia: formas y procesos. *Cuadernos de Geografía*, 65-66, 45-60
- SEGURA, F. S.; SANJAUME, E.; PARDO, J. E. (1995): Evolución cuaternaria de las albuferas del sector septentrional del Golfo de Valencia, en *El Cuaternario del País Valenciano*, 139-153
- SELLIN, R. H. J. i WILLETTS, B.B. (1996): Three-dimensional structures, memory and energy dissipation in meandering compound channel flow. In M. G. MALCOM; WALLING, D. E. and P. BATES: *Foodplain processes*, Wiley and Sons, Chichester, cf. pp. 255-298