

# PREVISIÓ D'IMPACTES EN EL MEDI FÍSIC, DERIVATS DE L'EXPLOTACIÓ DE LES FORMACIONS GEOLÒGIQUES D'INTERÈS PER A LA PRODUCCIÓ D'ÀRIDS, A LA ZONA DEL CURS MITJÀ DEL RIU FLUVIÀ (LA GARROTXA)

I. Capellà, L. Pallí i D. Brusi

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

---

## RESUM

L'aprofitament potencial de les formacions geològiques pliocèniques i quaternàries per a la indústria de l'àrid a la zona del curs mitjà del riu Fluvià, és previsible que es realitzi mitjançant explotacions de tipus gravera. Es preveu que les afeccions més significatives al medi físic tinguin lloc en la preparació dels terrenys i al llarg de la fase d'extracció. Els tipus d'impacte que han estat definits són: la modificació del nivell freàtic, la pèrdua de cobertura edàfica, la reducció d'àrees amb vegetació, la creació de formes susceptibles a l'erosió i la degradació del paisatge.

## RESUMEN

El aprovechamiento potencial de las formaciones geológicas pliocénicas y cuaternarias para la industria del árido en la zona del curso medio del río Fluvià, es previsible que se realice mediante explotaciones tipo gravera. Se prevé que las alteraciones más significativas en el medio físico tengan lugar durante la preparación de los terrenos y en la fase de extracción. Los tipos de impactos que han sido definidos son: la modificación del nivel freático, la pérdida de cubierta edáfica, la reducción de áreas con vegetación, la creación de formas susceptibles a la erosión y la degradación paisajística.

## ABSTRACT

Potential mining of the pliocene and quaternary geological formations for the aggregate production along the medium course of the Fluvià river is likely to be carried out through gravel pits. The most significant environmental impacts are envisaged to occur during site preparation and extraction of aggregate. Several environmental impacts types have been considered: variation of water table, reduction of soil and vegetation, development of unbalanced landforms and deterioration of landscape

**Keywords:** coarse aggregate, environmental impacts, eastern Garrotxa, Fluvià river, geological formation, gravel pit.

---

## INTRODUCCIÓ

La singularitat natural d'algunes àrees de la comarca de la Garrotxa, com ara les de la seva zona volcànica i les del massís de l'Alta Garrotxa, han fet que s'inclouessin, a partir de l'any 1992, al Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN), elaborat per la Generalitat de Catalunya. Aquest pla procura la salvaguarda dels espais inclosos, tot

regulant les actuacions humanes que s'hi puguin desenvolupar. Entre aquestes, l'explotació dels recursos geològics per a la producció d'àrids s'ha vist progressivament reduïda. Per tal de garantir el proveïment d'àrids a la comarca de la Garrotxa, el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya va encarregar a la Unitat de Geologia de la Universitat de Girona la recerca de fonts d'àrids en àrees alternatives a les del PEIN. Aquest encàrrec respongué a la voluntat de compensar la restricció en l'aprofitament dels recursos englobats dins les àrees protegides. La recerca realitzada va posar de manifest que només els materials d'algunes de les formacions litològiques pliocèniques i quaternàries, situades a la zona del curs mitjà del riu Fluvià, reuneixen les característiques per ser aprofitats en la indústria de l'àrid (Pallí i Capellà, 1993; Capellà et al., 1994). Es tracta de diferents tipus de dipòsits al·luvials i de dejecció formats bàsicament per graves, amb còdols predominantment de roques carbonàtiques, amb un contingut variable d'argiles i llims. Aquests materials han estat considerats aprofitables pel fet que presenten les característiques bàsiques d'un àrid: caràcter inert i una compacitat i duresa elevades (González, 1974). Aquestes propietats són presents en els còdols de carbonat però no en els fins, els quals es poden eliminar per un procés de rentatge. Tanmateix, no cal un rentatge absolut, d'altra banda possiblement no rendible, si el material que s'aprofita s'aplica a l'obra pública, que és la seva destinació més idònia.

Amb l'objectiu de planificar el futur aprofitament de les formacions geològiques considerades com a font alternativa d'àrids, s'estudien les afeccions més significatives en el medi físic que es derivarien de la seva explotació. En concret, les que resten com a cicatrius un cop finalitzada l'activitat extractiva. El coneixement de les presumibles afeccions que resultarien de l'aprofitament de les diferents formacions litològiques permetrà decidir l'emplaçament més idoni de les explotacions. Alhora, possibilitarà el coneixement previ de les directrius bàsiques que caldrà seguir en la restauració dels espais afectats.

## METODOLOGIA

La realització de l'estudi consta de tres fases:

(a) Delimitació de les formacions litològiques potencialment explotables. Per considerar aprofitable una formació, s'han tingut en compte dos aspectes: la geometria interna de la formació i les propietats del material.

(b) Reconeixement de l'estat actual de les variables ambientals susceptibles de patir afeccions. Es defineix bàsicament la situació preoperacional del medi físic en aquelles àrees on es localitzen les formacions geològiques d'interès per a la indústria de l'àrid. Aquest coneixement permetrà saber els punts fràgils del medi en relació amb les característiques de l'activitat extractiva per implantar.

(c) Definició de les afeccions en el medi físic. S'estudien les possibles interaccions entre les operacions mineres i les variables ambientals acotades. El tipus d'explotació considerat per a la previsió de possibles impactes ambientals correspon a una gravera on l'extracció dels recursos té lloc per arrencada directa (pales giratòries i frontals). Aquest tipus respon al fet que les formacions litològiques d'interès estan constituïdes per sediments detrítics poc consolidats. Com que es té en compte un mateix tipus d'explotació per a tota l'àrea de treball, els principals condicionants

dels diferents impactes seran les característiques del material que s'haurà d'extreure, i l'emplaçament concret de l'extracció, respecte a la resta de variables que hi conflueixin.

## DELIMITACIÓ DE LES FORMACIONS LITOLÒGIQUES POTENCIALMENT EXPLOTABLES

Els materials geològics considerats d'interès per a la indústria de l'àrid formen part d'algunes de les formacions pliocèniques i quaternàries que recobreixen discordantment els materials paleògens de la part sud-oriental del Subpirineu, i fossilitzen, al sud, el contacte fallat entre l'esmentada unitat i la serralada Transversal (Pallí i Maestro, 1992) (fig. 1). Les formacions referenciades són: (a) els conglomerats plioquaternaris, (b) els glacis d'acumulació i (c) els dipòsits de terrassa (fig. 2). Els materials constituents d'aquestes deriven de l'erosió dels relleus paleògens de l'Alta Garrotxa i, en grau menor, de la serralada Transversal i de la zona volcànica d'Olot. La colada basàltica que apareix a l'oest de St. Jaume de Llierca presenta també les propietats per poder ser aprofitada. Tanmateix, el seu aflorament relativament limitat i la planificació del sòl a l'àrea on s'emplaça fan poc probable la seva explotació.

(a) Els conglomerats plioquaternaris solen ser materials de ventalls al·luvials. Es troben representats a la riba esquerra del riu Fluvià, a l'oest de Besalú, i a la riba dreta, a l'est d'aquesta població (fig. 2). Corresponen a conglomerats massius amb intercalacions puntuals de nivells d'argila o llims. Presenten una matriu argil·lollimosa que sol suportar l'empaquetat dels còdols. La composició dels còdols està dominada per les litologies carbonàtica i siliciclàstica. En una proporció petita apareixen també còdols de basalt, de margues i de roques filonianes. El grau de consolidació és feble, i això permet l'explotació amb arrencada directa, si bé localment apareixen nivells completament litificats.

(b) Els glacis d'acumulació engloben diferents tipus de dipòsits de dejecció. Així, es poden distingir: els de glacis d'acumulació pròpiament dits, els de glacis terrassa, els de con de dejecció i els de peu de mont. Aquests glacis d'acumulació es troben representats al nord del riu Fluvià, on s'estenen entre el peu dels relleus eocènics i la riba esquerra d'aquest riu. En general, estan formats per graves amb còdols poc rodats i amb una matriu argil·lollimosa. Els còdols de carbonat i, en una proporció molt inferior, els siliciclàstics, representen la composició essencial de les graves d'aquesta formació. Les fàcies de glacis d'acumulació pròpiament dits són les més esteses, i tenen com a tret distintiu una abundant matriu argilosa i intercalacions de nivells d'argiles i llims. Per la seva banda, les fàcies del glacis terrassa es diferencien de la resta per un component menor d'argiles i llims, i per un grau més alt d'arrodoniment dels còdols. Els materials constituents dels cons de dejecció tenen menys contingut d'argiles i llims que els glacis d'acumulació pròpiament dits, i els còdols són angulosos o subangulosos. Finalment, els dipòsits de peu de mont presenten argila abundant, bé com a matriu o bé com a nivells intercalats entre les graves.

(c) Els dipòsits de terrassa fluvial ressegueixen els cursos dels rius Fluvià, Llierca, Borró i Ser, i també de moltes rieres. S'han diferenciat cinc nivells de terrassa,

que de més alt a més baix tenen, en els fronts aflorants, les altures mitjanes següents en relació amb la base del riu: 48 m (T4), 30 m (T3), 22 m (T2), 12 m (T1) i 4 m (T0). Els dipòsits de llit actual s'han inclòs dins la terrassa T0. Els materials que les constitueixen corresponen a graves, que localment intercalen nivells d'argila o llims de potència inferior als 2 m. A vegades s'envolten d'una pàtina argilosa, però en general el dipòsit està suportat pels mateixos grans. La litologia de les graves és dominada pels còdols o blocs de carbonat i de roques siliciclàstiques; ambdós sumen un mínim del 80% de tots els grans. Els còdols de basalt corresponen a la tercera litologia més representada, si bé en un percentatge molt inferior a l'esmentat. Tanmateix, al tram del riu Fluvià, a l'oest de St. Jaume de Llierca, la presència de còdols de basalt creix en importància, fins a un 45% a la terrassa T0.

## RECONeixEMENT DE L'ESTAT ACTUAL DE LES VARIABLES AMBIENTALS SUSCEPTIBLES DE TENIR AFECCIONS

El tipus d'explotació considerat per a les formacions litològiques aprofitables fa preveure que les variables més afectades seran les següents: la geomorfologia, la hidrologia, els sòls, la vegetació i el paisatge.

### Geomorfologia

El tret morfològic més significatiu de l'àrea investigada és l'existència de planells esglaonats. Aquests corresponen a superfícies de dipòsits d'acumulació —terrasses fluvials i glacis d'acumulació—, que es troben emplaçades a diferent cota topogràfica. Els planells referits es troben seccionats per rius i rieres que han generat valls encaixades de seccions diverses. L'erosió lineal dels cursos fluvials ha originat escarpaments de verticalitat manifesta, amb un salt màxim de 45 m a la riba dreta del riu Borró. El traçat longitudinal dels rius i rieres és predominantment de tipus recte. També hi ha trams meandriformes, com és el cas del riu Fluvià a la zona de confluència amb el riu Borró.

Quant a l'erosió actual, el clima temperat de la latitud on s'engloba l'àrea d'anàlisi fa que l'aigua sigui el principal agent erosiu. Aquest es manifesta amb caràcter dominant per mitjà de la xarxa de drenatge, la qual, en consonància amb el seu emplaçament damunt de roques poc consolidades, és de tipus dicotòmic. Els règims hídrics, ocasionalment alts dels rius i, sobretot, de les rieres, impliquen un excés d'energia per al transport dels sediments que s'inverteix en l'encaixament dels seus llits. Així mateix, els colzes externs dels meandres esdevenen els indrets amb una taxa d'erosió més elevada. En aquests punts l'erosió es manifesta per la retracció paral·lela de l'escarpament originat en els materials on s'encaixa el riu.

### Hidrologia

El territori analitzat pertany enterament a la conca hidrogràfica del riu Fluvià. Aquest, com la resta de cursos d'aigua de la zona estudiada, presenta un marcat caràcter torrencial que es manifesta per crescudes puntuals, ràpides i fortes en els seus cabals, les quals poden multiplicar per cent el seu valor normal en qüestió d'hores. El règim hidrològic superficial depèn de la quantitat i intensitat de la precipitació i de la morfometria de la conca, i, per tant, no és controlable. Per aquest

motiu, per planificar explotacions a la terrassa T0, cal tenir en compte la probabilitat d'ocurrència de crescudes dels rius i rieres, que, tot i que són poc freqüents, poden arribar a ser catastròfiques.

En relació amb la circulació d'aigua subterrània, les formacions litològiques abans considerades tenen una capacitat de drenatge diversa. La permeabilitat en els dipòsits de terrassa és elevada; en els glacis d'acumulació, intermèdia, i en els conglomerats plioquaternaris, relativament baixa. La diferència de permeabilitat que mostren els diferents materials rau en el seu diferent grau de porositat. Tots els materials estudiats són rudites —sediments detrítics amb grans de mida superior als 2 mm—, per la qual cosa el diferent contingut de matriu és bàsicament el que condiciona la porositat. Les graves fluvials són els materials que menys matriu tenen i, per tant, són més porosos. Els conglomerats plioquaternaris, a més de presentar una matriu que sol suportar els grans, tenen també ja una lleugera cimentació, factors que contribueixen a reduir la porositat.

Les afeccions potencials derivades de l'emplaçament d'una explotació de tipus gravera dins l'àrea analitzada es concreten en variacions del nivell freàtic, atès que la mineria plantejada no és químicament contaminant. Els materials de la terrassa T0 conformen, per la seva posició geomorfològica, per la seva extensió i per la seva permeabilitat, el reservori més important d'aigua subterrània. Es tracta d'un aquífer lliure amb nivell freàtic situat a una fondària mitjana a l'entorn dels 3-4 m, però que localment és inferior. La connexió hidràulica de la T0 i la resta de terrasses amb el riu és majorment de riu influent, tot i que un component de riu efluent hi és també present (fig. 3). A la terrassa T1, quan està connectada amb el riu, el nivell freàtic sol localitzar-se entre els 10 i 14 m de fondària. Les terrasses T2, T3 i T4 presenten reservoris d'aigua subterrània molt minsos, ja que els seus emplaçaments respecte al nivell del riu no permeten establir en general una connexió hidràulica. Per la permeabilitat dels seus materials, l'aigua infiltrada a les terrasses altes flueix ràpidament cap a la base, i recarrega així les terrasses inferiors o dona surgències a la base de la formació. Les profunditats de les zones saturades a les terrasses altes són de 20 m de mitjana a la T2, i d'entre 25 i 35 m a la T3 i T4.

Als dipòsits del glacis d'acumulació, la presència d'argila com a matriu en els nivells de graves fa disminuir la permeabilitat en relació amb les graves fluvials. El nivell de captació d'aigua dins la mateixa formació correspon a la seva zona basal, a una profunditat que oscil·la entre 30 i 40 m. La permeabilitat restringida fa que les aigües de recàrrega provinents dels relleus eocènics hagin de fluir cap a la seva base, on el sòcol infrajacent actua de nivell impermeable. Localment, en aquesta formació, hi ha nivells aquífers poc importants relativament soms, els quals poden aflorar temporalment en època de forta recàrrega i poden comportar petites llacunes.

Els conglomerats plioquaternaris es comporten hidràulicament com un aquífer. La matriu argil·lollimosa i la feble cimentació impedeixen en gran manera el flux de l'aigua. Els pous emplaçats en els nivells de conglomerats capten l'aigua de determinats nivells eocènics infrajacentes.

En el balanç hídric de la zona estudiada, les aportacions deriven no solament de les precipitacions caigudes dins del perímetre considerat. Cal remarcar que l'entrada principal d'aigua prové de les conques de drenatge d'aquells cursos fluvials que hi tributen. A causa de la permeabilitat més o menys elevada dels dipòsits de

terrassa i dels glacis d'acumulació, l'aigua de precipitació s'infiltra fàcilment i flueix cap a un curs d'aigua. Com que el sòcol eocènic, damunt del qual es recolzen la majoria d'aquests materials, actua bàsicament com un nivell impermeable, l'aigua que hi arriba no pot ser retinguda. Aquest és l'origen del component de riu efluent abans esmentat. En èpoques de secada, l'aigua que entra a la zona és bàsicament l'aportada pels cursos d'aigua. En aquest darrer cas, l'alimentació dels aqüífers connectats amb el riu —principalment la T0— depèn del cabal del curs d'aigua, per la qual cosa domina una situació de riu influent.

### **Els sòls**

Les formacions geològiques analitzades estan cobertes per un sòl poc evolucionat. Així, damunt dels dipòsits de terrassa, especialment la T0, hi ha un típic sòl al·luvial, amb un perfil molt poc diferenciat. La cobertora vegetal i una capa discontinua de llins amb un baix contingut de matèria orgànica es recolzen directament al cim de les graves. Es tracta d'un sòl Fluvent, de l'ordre dels entisòls. D'altra banda, els materials dels glacis d'acumulació, i localment els conglomerats plioquaternaris, estan recoberts per un sòl en què a vegades és distingible un horitzó B argílic. Hi ha també sòls relictos que recobreixen irregularment la terrassa T3 i els conglomerats plioquaternaris. Corresponen a nivells d'argiles rogenques de fins a 4 m de potència, amb nivells de crostes calcàries de gruix centimètric. Aquests paleosòls han estat localment aprofitats per a la fabricació de rajols.

### **La vegetació**

Quant a la vegetació potencial, hi són presents dos dominis: el de l'alzinar típic —que cobreix el 90% de la superfície— i el de les formacions de ribera (Polo i Vilar, 1992, Viñas, 1993). La delimitació geogràfica d'aquests dos dominis està condicionada per l'actuació de l'home. El domini de l'alzinar cobreix principalment els conglomerats plioquaternaris a ambdós marges del riu Fluvià. Es troba en algunes àrees del glacis, sobretot a l'est de Besalú i entre Tortellà i Beuda, on s'estén als vessants de les valls encaixades. Segueix també alguns fronts de terrasses, sobretot de la T3 i T4, on correspon a una formació boscosa esclarissada amb un estrat arbustiu poc desenvolupat. En la major part dels cursos amb un flux més o menys continu d'aigua (rius Fluvià, Llierca, Borró i Ser i algunes rieres) hi ha desenvolupat un bosc de ribera suportat per la T0. El més important és el del riu Fluvià, però també és el que ha tingut més afeccions antròpiques, ja que ha estat substituït parcialment per plantacions de pollancre i plàtans.

La possibilitat d'emplaçar l'activitat extractiva en àrees de conreu, evitant àrees boscoses, de lenta regeneració, restaria magnitud a l'impacte damunt el factor ambiental de la vegetació. Val a dir també que aquest ús agrícola damunt les formacions geològiques d'interès es pot qualificar d'adient, atès que no activa processos erosius.

### **El paisatge**

És configurat per una sèrie de planells sostinguts a diferents cotes topogràfiques que es troben seccionats per valls molt encaixades. La incorporació de la vegetació damunt de les formes esmentades harmonitza el pas entre les mateixes valls. L'alzinar revesteix densament amb un verd-blavós els fronts de les terrasses fluvials, els

vessants de les valls que s'han obert pas entre les planes esmentades i algunes zones del glacis d'acumulació de feble pendent. Per la seva banda, la majoria de les zones planes, pel seu aprofitament agrícola, presenten colors marrons, ocres i verds de tons clars. El traçat dels rius i rieres més importants està indicat per la vegetació azonal caducifòlia, que, tot i que és malauradament discontinua, va resseguint amb les seves diferents coloracions les ribes d'aquests rius i rieres.

## PREVISIÓ I ORIGEN DELS IMPACTES AMBIENTALS

Les afeccions generades per la mineria de l'àrid en el medi físic poden esdevenir-se en les tres etapes que integren una explotació (Vadillo, 1988). Etapa 1: fase prèvia a l'activitat extractiva que correspon als treballs d'exploració del jaciment, a la implantació d'infraestructures i a la preparació dels terrenys. Etapa 2: període d'aprofitament del recurs. Etapa 3: finalització de l'extracció i abandonament de l'emplaçament.

Les afeccions que cal tenir més en compte en una explotació de tipus gravera a l'àrea estudiada corresponen a canvis físics i morfològics —afeccions no contaminants. En cas que no s'apliqués una restauració, aquests canvis romandrien com a cicatrius permanents un cop acabada l'activitat extractiva. S'originen en els treballs de preparació dels terrenys on s'emplaçarà l'explotació —decapatge de les cobertores edàfica i vegetal—, i durant l'etapa d'extracció pròpiament dita. La resta d'afeccions són menys significatives i en general no seran efectives un cop acabada l'explotació. Entre aquestes, destaquen les que solen acompanyar les plantes de tractament dels àrids. Com que aquests són recursos aprofitats per les seves propietats fisicoquímiques i no per les substàncies extraïbles, el tractament que reben és de tipus mecànic. Per tant, les afeccions que s'esperen són la contaminació acústica i les derivades de l'emissió de pols i de l'abocament a la xarxa de drenatge dels fins derivats del procés de rentatge. Aquestes, temporalment limitades en general, no són considerades en aquest estudi, ja que depenen bàsicament de la infraestructura que incorpori l'explotació per minimitzar aquests efectes (fig. 4).

### **Impactes en la dinàmica fluvial**

Sens dubte, l'afecció potencial més significativa que es pot esperar és l'originada per l'extracció d'àrids del llit fluvial en la realització d'un dragatge. Rebaixar la base del canal d'un riu o riera al llarg d'un tram representa variar-ne el perfil. Això comporta que els processos d'erosió i sedimentació fluvial tendeixin a cercar un nou perfil longitudinal en un tram que prograda aigües amunt i aigües avall de la mateixa zona explotada (fig. 5a). L'erosió es farà efectiva aigües amunt i a la part baixa del segment del riu dragat, mentre que la sedimentació serà manifesta en part del segment dragat i més avall d'aquest. En els trams on hi ha erosió, el riu s'encaixa i, en conseqüència, davalla el nivell freàtic, tant si es tracta d'una situació de riu influent o efluent. Aquest descens pot comportar la dessecació de pous i la interrupció de surgències a les àrees pròximes (fig. 5b). Amb el temps, el perfil inicial del riu abans de l'extracció tendirà a ser restablert, a un ritme difícil d'avaluar, que dependrà del volum de sediments que el curs fluvial transporti.

### **Impactes en les aigües subterrànies**

L'afecció més important es preveu que derivi de l'aprofitament dels materials de la terrassa T0. A l'esmentada terrassa, el nivell freàtic és relativament proper a la superfície, i aquest pot ser fàcilment interceptat per l'extracció amb la consegüent substitució d'una part de l'aquífer lliure en una llacuna. Aquesta nova situació pot comportar diferents afeccions. Així, es pot produir una degradació en la qualitat de les aigües, bé per eutrofització biòtica o per contaminació directa, com a conseqüència de l'abocament de residus. D'altra banda, l'extracció de les graves per sota del nivell freàtic posa en suspensió els sediments més fins, que un cop dipositats en el fons de la llacuna formaran una fina capa que reduirà la transmissivitat de l'aquífer. En cas que aquesta capa arribi a ser impermeable, actuarà com una pantalla per aquelles zones situades just aigües avall de la llacuna, en les quals es notará una davallada del nivell freàtic. A més a més, l'aquífer pot tenir una certa descàrrega com a conseqüència de l'evaporació de l'aigua de la llacuna.

### **Impactes en els sòls i en la vegetació**

L'explotació dels georecursos d'interès representarà una pèrdua de sòl excepte en les lleres dels rius i rieres. Aquesta afecció pot anar acompanyada d'una pèrdua de cobertura vegetal en àrees boscoses. Les ribes del riu, els fronts de les terrasses i els conglomerats plioquaternaris, són les àrees més exposades a una reducció de la cobertura vegetal. Desprotegides d'aquesta cobertura, les àrees de fort pendent seran susceptibles de tenir processos erosius i, per tant, una mobilització dels elements fèrtils. Sense aquests elements, la vegetació no es podrà consolidar de nou. El fet que bona part de les formacions geològiques —sobretot els dipòsits de terrassa— suportin en superfície un ús actual agrícola, minvarà les possibilitats d'impacte de l'activitat extractiva damunt la vegetació. Aquest fet també representarà una alternativa a l'explotació en àrees boscoses.

### **Impactes en la geomorfologia**

L'activitat extractiva genera formes que contrasten amb l'entorn i que tot sovint són inestables. Aquestes tendeixen a ser equilibrades pels processos erosius, però això no implica la recuperació immediata de l'indret afectat.

Els canvis morfològics més manifestos i de més magnitud són els talussos crestats amb un fort pendent, com els fronts d'excavació. En deixar aquestes zones i àrees adjacents, com les places d'excavació, sense la protecció d'una cobertura edaficovegetal, les aigües de pluja es converteixen en un agent erosiu eficaç. D'una banda, l'aigua que flueix dins els dipòsits no consolidats pot arrossegar petits grans en sortir a la superfície. D'altra banda, les aigües d'aixaragallament arrossegueu el material disgregat i impedeixen la formació d'un nivell granular damunt del qual es pot desenvolupar un sòl. Ambdós efectes provoquen, tal com s'observa en explotacions ara inactives, que els sòls i talussos generats per les graveres restin majoritàriament intactes o impracticables pel que fa a la revegetació natural.

El canvi d'ús del sòl que representa la implantació de l'activitat extractiva pot ser irreversible si no es restauren les formes generades, siguin sòls, llacunes o talussos d'excavació pendent. La reimplantació de l'antic ús exigeix recuperar un pendent determinat. Així, per exemple, un aprofitament forestal requereix superfícies



cies d'inclinació inferior als 35°, i si es preveu implantar un conreu s'aconsella que el terreny no superi els 5° (ITGE, 1989).

Com a conseqüència dels sots d'excavació, la xarxa de drenatge pot quedar afectada o bé d'una manera directa, per la intercepció i modificació de la llera d'un curs d'aigua, o indirectament, a partir de formes susceptibles a l'erosió. En el primer cas es poden crear nous cursos d'aigua o modificar el traçat dels existents. L'efecte directe tindrà lloc predominantment en les formacions dels glacis d'acumulació i dels conglomerats plioquaternaris, on la xarxa de drenatge és relativament densa. La creació d'accessos i l'abassegament del material extret o de runa seran també causes de la intercepció de la xarxa de drenatge. En relació amb una afecció indirecta, el cas de més entitat correspondrà al d'una gravera emplaçada al marge extern d'un meandre. L'augment del nivell de l'aigua en una crescuda fàcilment podria, per efecte de l'erosió, emprar i adequar el sot de l'extracció al traçat del nou canal. Aquesta darrera afecció és de probable ocurrència per a un aprofitament de la terrassa T0 al sector del riu Fluvià a l'est d'Argelaguer.

### **Impacte paisatgísticovisual**

L'explotació de qualsevol de les formacions geològiques considerades provocarà la interrupció de la morfologia equilibrada del territori. Segons De Paz Magaz et al. (1988), aquest impacte depèn de l'alteració de dos factors físics del medi, el morfològic i el cromàtic, i de la percepció visual. A l'àrea analitzada la degradació paisatgística provindrà generalment de l'explotació de les terrasses altes (T2, T3 i T4). Les excavacions en els seus fronts les farien molt perceptibles des de vials i poblacions, atesa la seva posició topogràfica. Els dipòsits de terrassa, formats per graves de còdols calcaris, són els que més contrast cromàtic representen en relació amb la cobertura vegetal de les zones no afectades. El factor cromàtic en els conglomerats plioquaternaris i en la formació de glacis d'acumulació, en incorporar abundant matriu argil·lollimosa, fa menys perceptibles les formes artificials generades. A part de les formes resultants per l'excavació, també contribuirà al factor morfològic d'aquest impacte la instal·lació d'infraestructures, sobretot aquelles que ressaltin per les seves dimensions verticals.

## **CONCLUSIONS**

La davallada del nivell freàtic per l'extracció de materials a la llera del riu; les pèrdues de sòl i la reducció de les àrees vegetades, possibles en totes les formacions geològiques; la creació de sots i fronts d'excavació de fort pendent, principalment susceptibles a l'erosió en els dipòsits de terrassa i en els glacis d'acumulació; i les cicatrius derivades de l'excavació en els fronts de les terrasses altes —T2, T3 i T4—, són els impactes potencials més significatius en l'explotació de les formacions geològiques d'aprofitament possible per a la indústria de l'àrid. Aquests, tal com s'ha posat de manifest, depenen en gran part de les característiques geològiques de les formacions considerades i de l'emplaçament de l'explotació dins aquestes formacions.

L'aprofitament dels dipòsits de terrassa, sobretot de la T0, és el més problemàtic per al medi físic, ja que és on es preveuen més afeccions. Entre les més signifi-

catives, hi ha una davallada del nivell freàtic com a conseqüència del dragatge del riu; la pèrdua o l'alteració del sòl i de la vegetació, bé directament pel decapatge previ a l'explotació, o indirectament, per variacions en les característiques del sòl relacionades amb el canvi de l'esmentat nivell; i les alteracions del traçat i de la geometria del canal dels cursos fluvials, modificant la secció del canal en cas d'una extracció en el llit del riu, o a partir de l'erosió dels sots d'excavació en sectors meandriformes del riu durant períodes de crescuda. A la resta dels dipòsits de terrassa, la morfologia de l'explotació pot presentar dues possibilitats: la creació d'un sot a la zona plana o l'aprofitament del front de terrassa com a front d'excavació. El segon emplaçament és relativament el més impactant pel que fa al medi físic, ja que hi són possibles els tres impactes següents: la pèrdua de sòl, a les zones conreades de la terrassa, i de cobertura vegetal, en el front; la creació de formes inestables susceptibles a processos erosius; i l'alteració del paisatge derivada de les variacions morfològiques i cromàtiques implicades.

Entre els impactes previstos per a l'explotació dels conglomerats plioquaternaris, només és destacable l'afecció a la vegetació. La feble consolidació d'aquesta formació farà resistents a l'erosió les formes creades per l'excavació. Aquest fet, però, no implica la seva restauració. D'altra banda, l'extensa superfície d'afloreament d'aquests materials i la seva morfologia poc definida permeten una selecció d'indrets, on, sense modificar els paràmetres de l'explotació, l'impacte paisatgístic seria poc significatiu. El préstec inactiu al NO de Besalú és un exemple de selecció geogràfica estratègica de l'explotació.

Quant als impactes ambientals en l'explotació dels materials de la formació dels glacis d'acumulació, cal assenyalar els impactes següents: la pèrdua de sòl que suporta conreus de secà; l'eliminació de massa forestal en extraccions que aprofitin el vessant d'una riera com a front d'explotació o que s'emplacin dins àrees boscoses; i la creació de talussos susceptibles a l'erosió fruit de la poca consolidació que presenten els materials. La situació geogràfica d'aquesta formació i la presència de nivells argilosos que resten significança al factor cromàtic farien poc destacables les alteracions en el paisatge.

A grans trets, es pot definir una zonació en la degradació potencial del medi físic que està centrada en les lleres dels rius. L'activitat extractiva dins la T0 serà la que més afeccions comportarà. En destaca l'alteració del nivell freàtic. La mineria a la resta de terrasses serà menys impactant, tot i que l'alteració paisatgística pugui fer pensar el contrari. L'explotació de les formacions dels conglomerats plioquaternaris i dels glacis d'acumulació, tot i presentar afeccions comparables als dipòsits de les terrasses altes, serien les que menys incidència negativa tindrien en el medi físic, ja que l'alteració paisatgística originada seria generalment inferior.

#### AGRAÏMENTS

Aquest treball s'ha realitzat mitjançant el finançament del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. També s'agraeix a J. Montaner el seu assessorament en la realització de diferents figures.

**Bibliografia**

- CAPELLÀ, I., PALLÍ, L. i ROQUÉ, C. 1994. Unitats litològiques d'interès per a la producció d'àrids a l'àrea del curs mitjà del riu Fluvià (la Garrotxa). *Scientia Gerundensis*, 20: 111-124.
- DE PAZ MAGAZ, A.L., PINTO MIGUEL, V. i FONT CISTERO, X. 1988. Una metodologia de evaluació del impacte paisajístico-visual de explotaciones a cielo abierto basada en parámetros cuantificables. Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio.
- ITGE, 1989. *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería*. Servicio de Publicaciones del ITGE. Madrid. Ministerio de Industria.
- PALLÍ, L. i CAPELLÀ, I. 1993. Delimitació d'àrees amb recursos per a l'explotació d'àrids al curs mitjà del riu Fluvià i avaluació de llurs susceptibilitats a l'impacte ambiental. Informe inèdit de la Unitat de Geologia de la Universitat de Girona (inèdit)
- PALLÍ, L. i MAESTRO, E. 1992. Unitats de relleu. Dins: L. Pallí i D. Brusi (ed.) *El medi natural a les terres gironines*. 3r Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències Naturals, pàg. 15-20.
- POLO, L. i VILAR, L., 1992. La vida vegetal. Dins: L. Pallí i D. Brusi (ed.) *El medi natural de les comarques gironines*. 3r Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències Naturals, pàg. 73-78.
- SGC, 1988. *Mapa Geològic de Catalunya. E. 1:250.000*. Servei de Publicacions de l'Institut Cartogràfic de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
- VADILLO, F. 1988. Evaluación y corrección del impacto ambiental de la minería. A: F. Ayala i F. Jordá (ed.) *Geología Ambiental*. Serie: Ingeniería geoambiental. ITGE.
- VINAS, X. 1993. *Flora i vegetació de l'Alta Garrotxa*. Tesi Doctoral, Univ. Girona (inèdit).

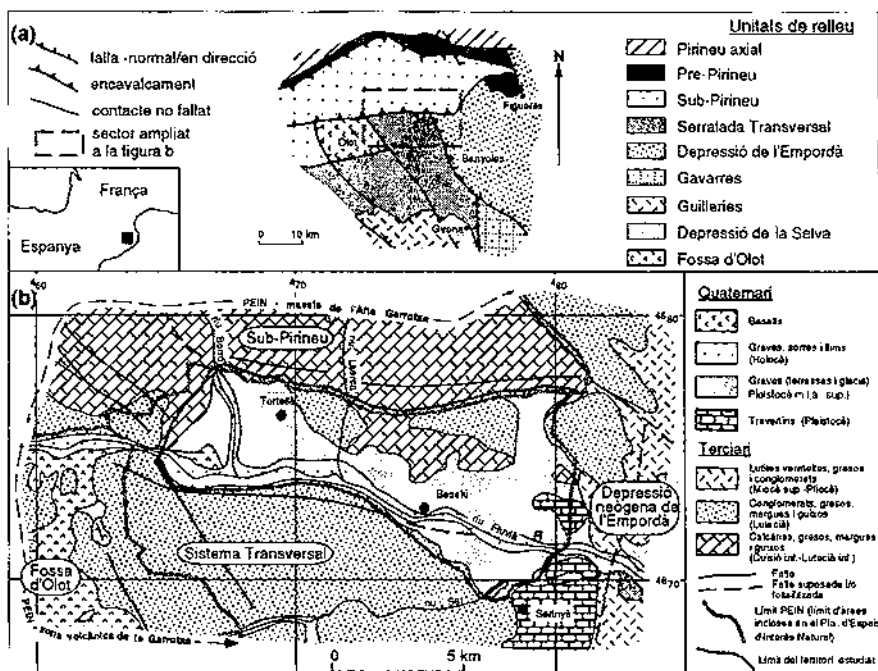


Figura 1. Situació de les formacions geològiques estudiades. (a) En el context de les unitats de relleu de les comarques gironines (adaptat de Pallí i Maestro, 1992). (b) En el marc de la geologia del sector oriental de la Garrotxa (modificat a partir del Mapa Geològic de Catalunya, SGC, 1988).

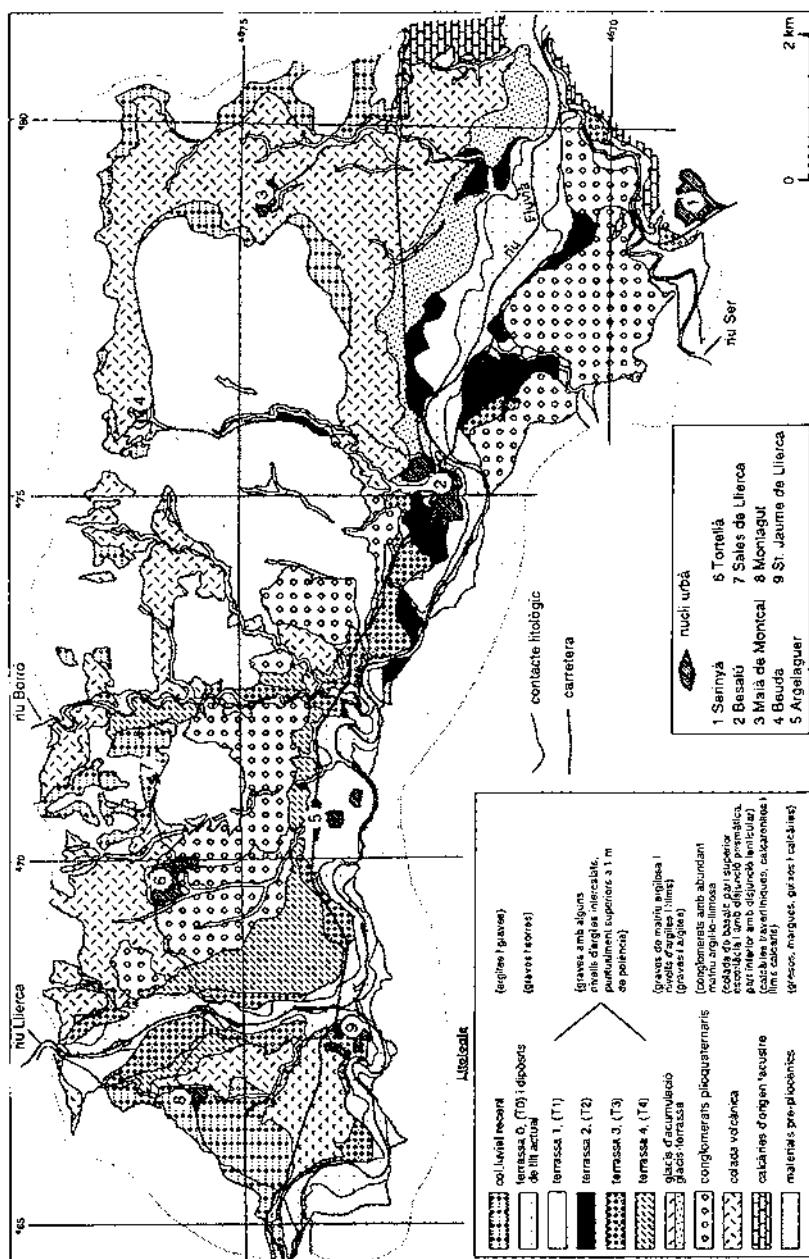


Figura 2. Mapa litològic de l'àrea de recerca (adaptat de Pallí i Capellà, 1993).

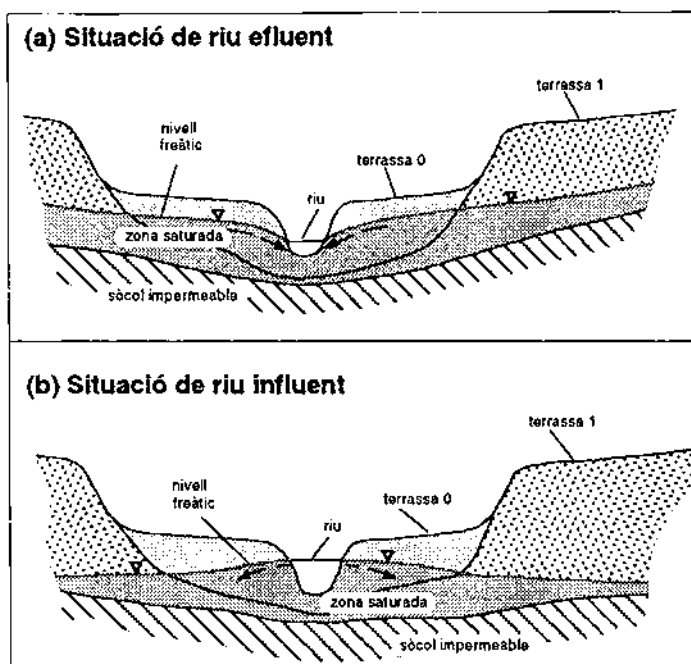


Figura 3. Tipus bàsics de connexions hidràuliques entre un riu i un aqüífer. Les fletxes indiquen el sentit de flux de l'aigua subterrània. En la situació de riu efluent l'aqüífer alimenta el riu, mentre que en la de riu influent, el riu recarrega l'aqüífer.

		Accions productores d'afeccions al medi físic									
		Fases principals de l'explotació									
		Implantació			Explotació				Finalització (abandonament)		
		Investigació del jaciment	Instal·lacions i accessos	Preparació del terreny	Excavació	Transport del material	Apliment del material	Tractament del material	Sòls abandonats	Infraestructura abandonada	
Variables i processos del medi físic	Atmosfera	contaminació química/física	■	■	■	■	■	■	■		
		contaminació acústica	■	■	■	■	■		■		
	superficials	contaminació							■		
		Aigües - alteració de la circulació (hidrodinàmica)		■	■	■		■	■		
	subterrànies	contaminació								■	
		alteració de la circulació				■			■	■	
	Sòl	pèrdua de cobertura edàfica		■	■				■		
	Vegetació	pèrdua de cobertura vegetal		■	■				■		
	Morfologia- Processos geofísics induïts	canvis a la xarxa de drenatge		■	■	■					
		creació de formes inestables				■					
		erosió				■				■	
		sedimentació				■			■	■	
	Paisatge	canvis en la qualitat del paisatge		■	■	■			■	■	■
	Ús del sòl	canvi d'usos		■	■	■			■	■	■

Figura 4. Matriu d'identificació d'afeccions potencials al medi físic i la seva relació amb les diferents activitats mineres per a una explotació de tipus gravera dins l'àrea analitzada.

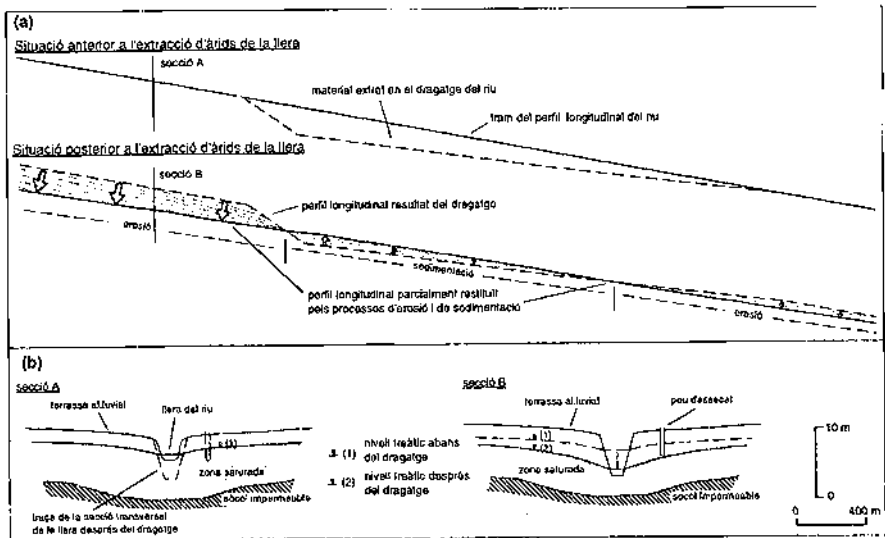


Figura 5. Esquema representatiu de la modificació del perfil longitudinal d'un riu com a conseqüència de l'extracció de graves dins la seva llera (a), i de la variació del nivell freàtic associada (b).