

10.- RISCOS I IMPACTES ALS RECURSOS GEOLÒGICS

En els capítols anteriors s'han descrit les característiques geològiques de la zona i els recursos (roques industrials, recursos hídrics o recursos geoculturals). El futur ús d'aquests recursos i del territori està condicionat per dos factors principals: d'una banda pels processos geològics, els quals poden produir impactes negatius sobre el medi i sobre l'activitat antròpica que s'hi desenvolupa, el que es coneix com a riscos geològics, i d'altra banda per impactes generats per la pròpia població de forma directa o indirecta i que produeixen un deteriorament d'aquests recursos.

Els riscos es defineixen com el producte de la probabilitat d'ocurrència d'un perill pel valor del dany ocasionat (segons ROWE, 1977).

$$R = P_c \times C$$

On R= risc, P_c= probabilitat d'ocurrència d'un perill i C= valor dels danys.

Sota aquesta percepció, el risc s'avaluaria en termes de pèrdues econòmiques: si no hi ha pèrdua econòmica no hi ha risc. El terme perill fa referència als processos que potencialment o realment produeixen danys. Tanmateix, des d'una perspectiva avaluadora, resulta més útil desprendre's d'aquesta percepció econòmica i considerar l'activitat dels processos geològics independentment dels danys reals que causen en termes monetaris, ja que un mapa de risc sota aquesta definició no permet planificar les futures activitats humanes en el territori.

Segons Ayala (1987) s'entén per Risc Geològic "*tot procés, situació o succés en el medi geològic, natural, induïda o mixta, que pot generar un dany econòmic o social per alguna comunitat i en la predicció, prevenció o correcció del qual s'han d'utilitzar criteris geològics*". En aquest sentit, el risc deriva de la interferència entre els processos geològics i la presència humana o l'ús que aquesta fa del territori. La percepció social del risc i els seus efectes catastròfics han augmentat exponencialment al llarg de la història més recent, bàsicament perquè la humanitat ha crescut progressivament.

Segons la definició abans esmentada, els riscos geològics es poden classificar com a naturals, induïts i mixtes (Ayala, 1987). Els **naturals** s'estructuren en dos grups: geodinàmics interns i externs. S'entén per riscos geodinàmics interns aquells que resulten de l'acció de processos interns com serien la sismicitat i el vulcanisme. Els riscos geodinàmics externs deriven de l'actuació de processos externs com els moviments de vessant, subsidències, expansivitat, inundacions... Els riscos naturals purs es limiten gairebé als processos interns ja que la majoria de riscos són conseqüència de l'alteració de la dinàmica natural per part dels éssers humans. Els riscos **mixtes** serien aquells que la dinàmica natural preexistent és alterada per l'home com és el cas de l'erosió - sedimentació continental i costera. Pel que fa als riscos **induits** són situacions o processos

provocades per l'home en el medi geològic (sistemes terra i aigua), que suposen un risc per a la comunitat, com poden ser els associats a preses i estructures de residus miners, la contaminació d'aigües i sòls, esgotament de recursos geològics, les subsidències induïdes i els riscos miners i geotècnics.

En funció d'aquesta classificació dels riscos i en base a les característiques de la zona estudiada s'ha dividit aquesta secció en 8 apartats principals. Els dos primers estan dedicats a riscos naturals derivats de processos externs, concretament el risc d'inundació i el risc derivat de l'expansivitat d'argiles. En el següent apartat s'analitza el risc d'erosió, únic risc mixt estudiat que sovint pot anar relacionat amb el tipus d'ús del sòl i amb els incendis forestals. Els tres capítols restants corresponen a riscos induïts i són l'impacte sobre el medi geològic de les activitats extractives, de les activitats agrícoles i ramaderes i de l'abocament de residus urbans i industrials. En l'últim apartat es fa esment dels riscos que s'han considerat menors, com els riscos naturals d'origen intern, com són la risc sismicitat i el vulcanisme; el risc natural d'origen extern relacionat amb els moviments de vessant, que donades les característiques morfològiques de la zona és poc rellevant i, per últim, el risc induït que s'ha anomenat impacte per esgotament dels recursos geològics i canvis d'usos del sòl.

10.1.- RISCOS ASSOCIATS ALS PROCESSOS FLUVIAL I TORRENCIAL

La dinàmica dels sistemes fluvials de la zona estudiada, caracteritzada per l'alternança de períodes d'estiatge i de crescuda, com és propi dels cursos sotmesos a unes condicions climàtiques mediterrànies, determina l'existència d'un risc d'inundació. Així, a les èpoques plujoses les precipitacions de caire tempestuós provoquen una crescuda sobtada del cabal, el qual pot arribar a superar la capacitat de la llera i produir una inundació, que afecta puntualment els terrenys adjacents al curs, o una avinguda, amb efectes generalitzats a bona part de la conca. El rerafons climàtic de les inundacions en aquesta zona queda ben palès per la correlació que existeix entre els cicles (anys) de precipitació intensa i els cicles (anys) de crescudes (figura 10 a).

De fet, per les característiques morfològiques, litològiques i climatològiques de la depressió de la Selva, no és possible (o quan menys poc probable) la gènesi d'inundacions com a conseqüència de l'obturació natural de les lleres dels rius degut a moviments en massa o altres fenòmens similars (allaus de neu, colades de lava, dics de gel...). La possible generació antròpica d'aquesta fenomenologia com a conseqüència del trencament de preses és també poc probable en aquest context territorial, ja que les rescloses existents són de molt escassa capacitat. Nogensmenys, els efectes que podrien derivar del trencament de les grans preses del riu Ter sobre la ciutat de Girona són una qüestió que sobrepassa l'àmbit estudiat i que cal emmarcar dins la dinàmica d'aquesta altra conca hidrogràfica.

Any	Precipitació total (mm)	Inundacions (data)
1974	608,4	
1975	753,1	
1976	-	
1977	1052,4	Novembre i desembre
1978	619,0	
1979	681,4	
1980	636,6	
1981	516,8	
1982	1121,9	Febrer

Taula 10 a.- Precipitacions anuals i inundacions en el registre de l'estació de l'aeroport Girona – Costa Brava.

La predicció temporal de les avingudes (moment en què es desencadenarà el fenomen) no es contempla en aquest estudi, ja que es basa en la predicció del temps atmosfèric i en els registres en temps real de la precipitació i del cabal instantani en estacions meteorològiques i d'aforament que haurien d'estar instal·lades en diferents punts de la conca en qüestió, i que ara per ara no existeixen en cap de les dues conques estudiades. Per això, l'avaluació del risc d'avingudes es fonamenta només en la predicció de la magnitud (cabals màxims) i, sobre tot, de l'espai (delimitació de zones inundables) de les crescudes futures. Ambdós aspectes s'aborden a partir de l'estudi de les inundacions històriques i de les característiques geomorfològiques de la zona. A més s'han analitzat les mesures correctores i modificadores del risc.

10.1.1.- Registre històric

La ciutat de Girona és creuada pel curs del riu Onyar i dels seus afluents Galligants i Güell, prop de la seva desembocadura al riu Ter. Aquest fet fa que les inundacions de la part baixa de la conca de l'Onyar tinguin una repercussió socio-econòmica molt gran, molt més que les de cap altre lloc de la zona estudiada. En consonància amb això, els treballs publicats fins ara sobre inundacions, fonamentalment relatius a aspectes històrics, es centren quasi exclusivament en aquesta ciutat. De les zones menys poblades només es disposa d'informació puntual del que ha succeït en els darrers anys, recollida en mitjans de comunicació escrit o a partir d'entrevistes personals.

En el recull històric de Güell & Sorribas (1991) es compten un total de 148 inundacions a la ciutat de Girona produïdes per qualsevol dels rius que la creuen (Ter, Onyar, Galligants i Güell) durant el període comprès entre 1193 i 1971. Alberch et al. (1982) en comptabilitzen 123. Tenint en compte que aquests estudis no són exhaustius, en aquests 800 anys es produeixen inundacions a un ritme de, si més no, una cada cinc anys i mig (Ros, 1997). Al llarg del segle XIX aquest ritme és més elevat, ja que es van produir 48 inundacions en aquesta ciutat (una cada dos anys). Durant el segle XX són menys habituals (31 inundacions) com a conseqüència de la construcció de les grans preses de la conca del Ter. De fet, a Girona la majoria d'inundacions es produeixen com a conseqüència del

rebotiment o rebufada de l'Onyar i dels seus tributaris en no poder desguassar al Ter quan aquest baixa crescut. La regularització del cabal del Ter a partir de la construcció de les preses del Pasteral, Susqueda i Sau a la segona meitat del segle XX, ha fet disminuir molt aquest risc.

Deixant de banda la ciutat de Girona, la incidència de les inundacions a la conca de l'Onyar és escassa, i generalment es limita a efectes puntuals en camps de conreu, sobretot als termes municipals de Vilobí i de Riudellots. El nucli urbà d'aquest darrer poble ha anat creixent allunyant-se de la llera del riu, ja que els terrenys adjacents s'inundaven amb certa freqüència i arribaven a afectar algunes cases. Durant la riuada de l'octubre de 1962 es va assolir l'alçada màxima d'aigua en aquesta zona: 180 cm.

El registre històric d'inundacions a la conca de la riera de Santa Coloma és molt escàs i es limita a alguna referència puntual a la zona de l'estany de Sils, concretament dels terrenys que es van habilitar al segle XIII com a camps de conreu després de les primeres obres de drenatge que s'hi van efectuar. Malgrat això, els efectes de les inundacions més recents s'han pogut establir a partir d'entrevistes personals i dels reculls de premsa dels diaris d'àmbit comarcal. Així s'ha pogut constatar que, en els darrers anys, les crescudes dels cursos d'aquesta conca han produït inundacions locals de camps de conreu i de plantacions de pollancre a la majoria dels municipis que travessen (Sils, Riudarenes i Vidreres, principalment). Tanmateix, només el nucli urbà de Caldes de Malavella ha estat afectat alguna vegada: la mala canalització de la riera de Santa Maria va fer que el 3 d'octubre de 1987 es produís una inundació que va ocasionar importants danys materials.

10.1.2.- Cabals màxims.

Els cabals màxims de les crescudes de les dues conques s'han extret dels enregistraments de les estacions d'aforament existents a ambdues conques. Ja s'ha fet constar en el capítol 8 (apartat 8.1.1) que el cabal mitjà de l'Onyar ($1,82 \text{ m}^3/\text{s}$) és més gran que els de la riera de Santa Coloma ($0,22 \text{ m}^3/\text{s}$). Aquesta diferència es manté en el registre de cabals màxims instantanis (figura 10.1). Així, segons les dades de l'estació d'aforament de l'Onyar a la ciutat de Girona, en els 40 anys d'enregistrament existent s'ha sobrepassat en un 59,5 % de les ocasions el cabal màxim instantani de $126 \text{ m}^3/\text{s}$, que és el valor màxim mesurat a la riera de Santa Coloma al llarg dels 10 anys de funcionament de l'estació d'aforament de Fogars de Tordera.

A la gràfica de cabals màxims instantanis del riu Onyar (figura 10.1) s'observa que s'assoleixen valors propers a $400 \text{ m}^3/\text{s}$ amb una cadència d'entre cinc i sis anys. D'altra banda, es nota que hi ha una certa disminució progressiva dels valors màxims des de l'any 1971. Pel que fa a la conca de la riera de Santa Coloma, la meitat dels anys enregistrats tenen un cabal màxim instantani de $0 \text{ m}^3/\text{s}$, o sigui que la riera pràcticament no portava aigua. El valor més alt va ser de $126 \text{ m}^3/\text{s}$, l'any 1996.

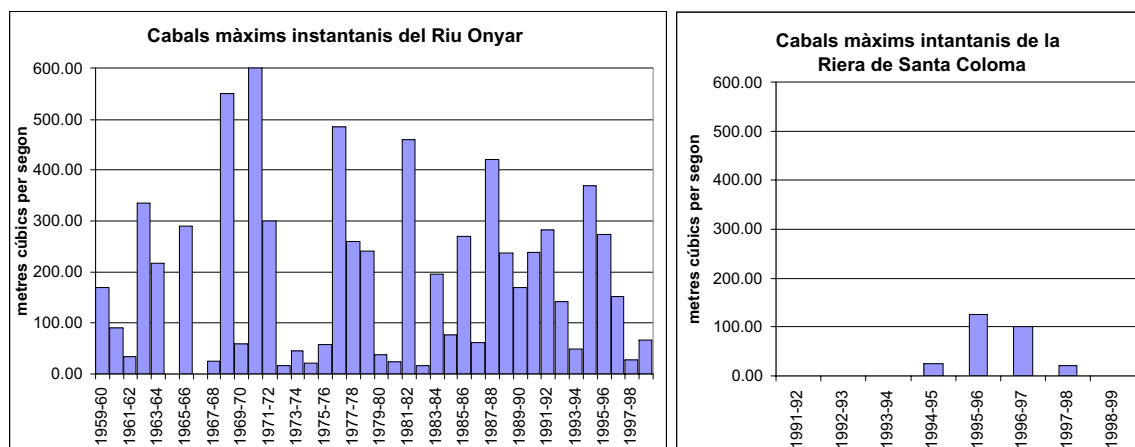


Figura 10.1.- Cabals màxims instantanis de cada any hidrològic registrats a l'estació d'aforament de Girona durant el període de 1959-1999, i de l'estació de Fogars de Tordera durant el període de 1991-1999.

Si es comparen les dades de l'enregistrament de cabals màxims de l'estació d'aforament de l'Onyar a Girona amb les inundacions d'aquesta ciutat esdevingudes entre els anys 1959 i 1999 (taula 10 b), es pot comprovar que cabals de 217 m³/s i 290 m³/s van produir el desbordament de l'Onyar els anys 1965 i 1969; i que, en canvi, en anys posteriors cabals instantanis de 260 m³/s (1978) i 270 m³/s (1986) no van produir cap inundació.

Any de la inundació	Cabal instantani màxim del dia de la inundació (en m ³ /s)
1962	335
1963	217
1965	290
1969	550
1970	600
1971	300
1977	485
1982	460
1987	420

Taula 10 b.- Taula de cabals instantanis en episodis d'inundació. (Els anys 1965 i 1969 hi ha dues inundacions enregistrades però només es disposa de la dada de cabal màxim d'una d'elles)

Els cabals Aquest fet es pot explicar per les mesures correctores realitzades a Girona (rebaix del llit del riu i construcció de murs d'enllera ment nous) i per la construcció dels embassaments del riu Ter (Pasteral, Susqueda i Sau). Així, el cabal mínim necessari per desencadenar una inundació ha passat de 217 m³/s (any 1963, taula 10 b) a 420 m³/s (any 1987, taula 10 b); actualment aquest valor seria d'uns 500 m³/s (Ros, 1997). punta del riu Onyar per diferents períodes de retorn han estat calculats pel MOPU (1971) (taula 10 c).

Temps (anys)	Cabals punta (m ³ /s)
10	418
25	586
50	710
100	845
1000	1288

Taula 10 c.- Cabals punta de l'Onyar a la ciutat de Girona, calculats per diferents períodes de retorn, segons MOPU (1971)

De la taula 10 c destaca el fet que el cabal de 586 m³/s, valor aquest que segons Ros (1997) no podria ser assumit pel riu al seu pas per Girona, té un període de retorn de només 25 anys.

Ros (1997) utilitza mètodes hidrometeorològics, que relacionen les dades pluviomètriques amb els hidrogrames de crescuda dels rius, per modelitzar la dinàmica de l'Onyar. De l'anàlisi dels registres de precipitació dedueix que si el volum de precipitació és menor de 20 Hm³ en uns 4 dies no es produeix un increment de cabal notable. Comparant els cabals màxims previstos pel model i els valors reals, fa constar que les previsions tendeixen a infravalorar el cabal en el període d'esgotament de l'avinguda i a exagerar-lo lleugerament durant l'ascens. A més, conclou que el model és incapaç de predir els hidrogrames iniciats en fases d'esgotament d'hydrogrames anteriors i, en general, en moments en els que el cabal de base és elevat.

10.1.3.- Zones inundables.

Per a la confecció del mapa de zones inundables s'han tingut en compte dos criteris principals: els límits dels materials al·luvials recents i la morfologia dels terrenys adjacents als cursos d'aigua.

La delimitació dels afloraments al·luvials de les conques estudiades s'ha fonamentat en el treball de camp i en la interpretació de fotografies aèries. Els dipòsits al·luvials de l'Onyar (capítol 5.2.4) es troben a poca alçada sobre el seu tàlveg (de 3 a 5 m), llevat de dues zones en les que apareixen nivells aterratsats a 8 m (Girona ciutat) i 20 m (Palol d'Onyar), que lògicament estan deslligats de la dinàmica actual del riu. A la riera de Santa Coloma la distribució dels dipòsits al·luvials és clarament asimètrica: aigües avall de Santa Coloma, els sediments al·luvials es troben a poca alçada i coincideixen fil per randa amb les zones que s'han inundat històricament; aigües amunt, en canvi, es succeeixen fins a 5 nivells de terrasses, el més elevat del quals es localitza a 70 m per damunt del tàlveg actual. En aquest sector de la conca la zona inundable és, òbviament, molt més reduïda de la que resultaria en considerar estrictament la superfície ocupada per sediments al·luvials. En aquest sentit, tot i que bona part del poble de Santa Coloma de Farners està construït sobre dipòsits al·luvials, la possibilitat d'inundació és molt remota, ja que formen part de la terrassa aixecada entre 5 i 8 m sobre la llera actual (figura 10.2).

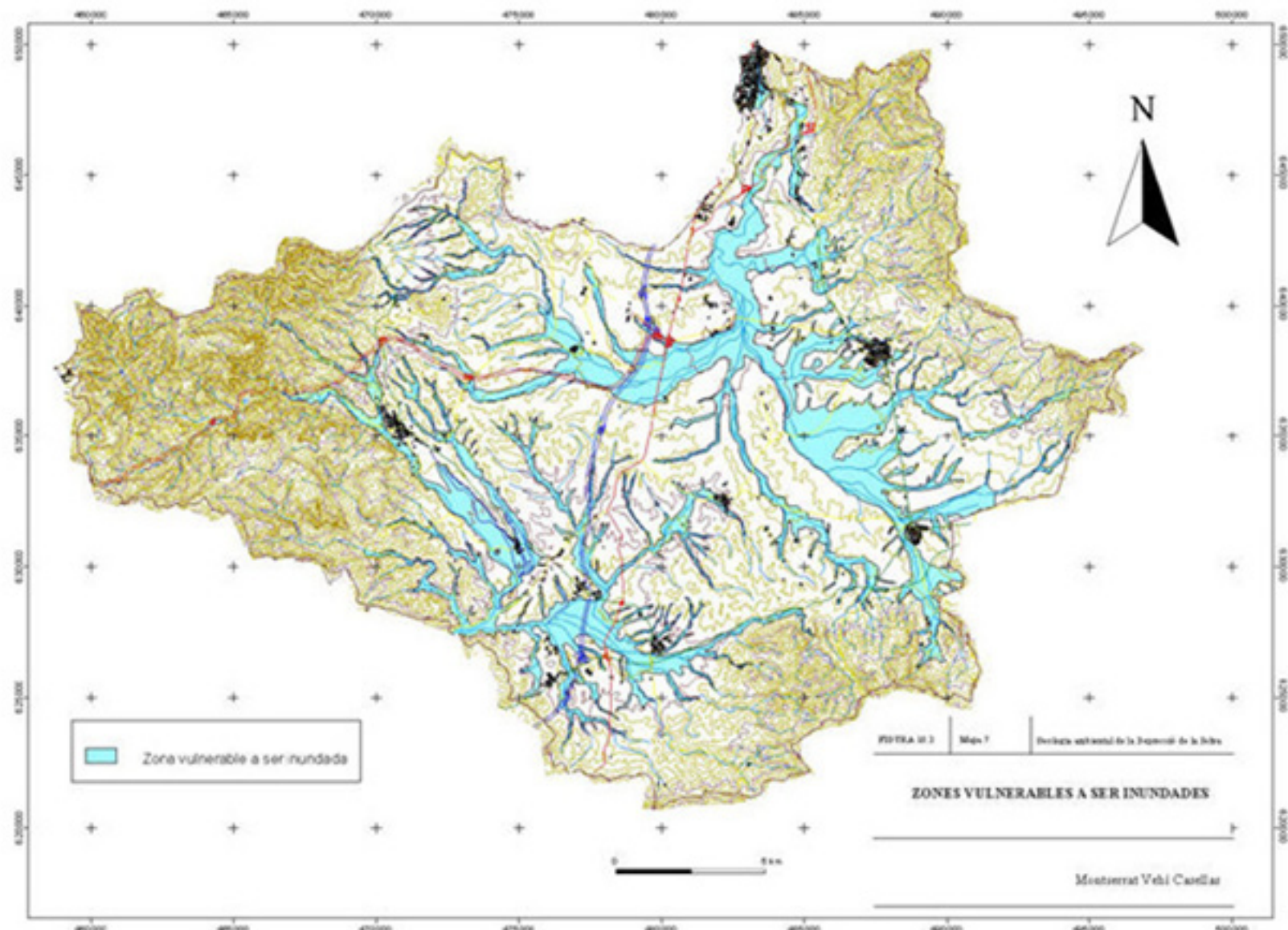
Les àrees que queden delimitades com a zones inundables (figura 10.3) en base als criteris abans esmentats, concorden molt bé amb les dades obtingudes revisant les inundacions històriques (apartat 10.1.1) i amb les dades publicades en treballs anteriors (Ros, 1997).

10.1.4.- Accions antròpiques reductores del risc d'inundació.

En el conjunt de les dues conques estudiades hi ha un total de 8 petites rescloses, però en cap cas es van construir amb la finalitat d'evitar inundacions, sinó que ho van ser per aprofitar l'aigua superficial. En realitat l'obra més important a l'hora de minimitzar el risc d'inundació a la ciutat de Girona va ser la construcció dels embassaments del Pasteral, Susqueda i Sau, que, com ja s'ha fet constar, van afavorir la disminució del risc de desbordament per rebotiment.

Figura 10.2.- Mapa geomorfològic de Santa Coloma de Farners, segons Roqué & Pallí (1994).

Figura 10.3.- Mapa de zones vulnerables a ser inundades.



10.2.- RISC DERIVAT DE L'EXPANSIVITAT DE LES ARGILES

El risc derivat de les variacions volumètriques dels sòls argilosos és un dels menys evidents i dels que a vegades tarda més temps a desenvolupar-se, però pot arribar a ocasionar danys que sobrepassen els derivats d'altres fenòmens molt més evidents.

Una propietat peculiar d'alguns sòls argilosos és la d'experimentar canvis de volum quan varia el seu contingut d'aigua. Les inestabilitats volumètriques determinen moviments diferencials del terreny amb inflaments i assentaments que arriben a distorsionar les estructures que suporten. Els increments de volum arriben a valors de fins el 10% (amb argiles expansives pures i condicions experimentals, es superen ampliament).

L'abast dels danys produïts per argiles expansives es concreta en patologies generals del tipus deteriorament de talussos, intersecció de drenatges, trencament de conduccions subterrànies, enronament de murs, deformació de paviments, deformació i ruptura de soleres i voreres, distorsió de cementacions i esquerdamment d'estructures.

Perquè un sòl manifesti inestabilitats volumètriques per expansivitat són necessaris dos requisits: el sòl ha de contenir minerals argilosos capaços d'experimentar canvis de volum i s'han de produir alternatives en la humitat d'aquests materials perquè aquesta capacitat pugui desenvolupar-se (Salinas, 1987).

Dins les terres gironines es té constància de l'existència d'argiles expansibles en àmbits geogràfics diversos (Linares et al., 1999), entre els que destaquen alguns barris de Girona com Palau i Montilivi, i municipis com Quart i Fornells, tots ells situats dins la zona d'estudi. Per aquest motiu, s'ha cregut convenient avaluar el risc d'expansivitat d'argiles. Concretament s'ha procedit a realitzar un estudi de les zones on afloren argiles o a on hi ha constància que en profunditat n'hi pugui haver. Posteriorment, s'ha fet una anàlisi detallada de les característiques d'aquestes argiles a partir de dades d'assaigs de laboratori, i per últim, s'ha fet una valoració final del risc lligat a les argiles expansives amb la integració de totes aquestes dades en sistemes d'informació geogràfica.

10.2.1.- Zones amb minerals argilosos

Els materials argilosos que afloren a la depressió de la Selva es situen en dues àrees: a Caldes de Malavella on hi ha una petita extensió d'argiles lacustres del Quaternari; i a Quart, on afloren argiles del Neogen. Les primeres ocupen només una superfície de 0,182 km² i estan situades en una zona de camps de conreu. Les segones ocupen una àrea de 3,209 km² i estan en part en zona urbana.

Tot i que els afloraments en superfície es limiten als sectors abans indicats, hi ha constància de la presència de nivells d'argiles subaflorants en molts altres llocs de la zona estudiada. De fet, en el subsòl de la ciutat de Girona, concretament en les urbanitzacions de Palau i de Montilivi hi ha nombrosos indicis de problemes geotècnics derivats de l'expansivitat d'aquests materials. Per a concretar l'abast territorial d'aquestes litologies, s'han revisat les dades geotècniques de 50 sondatges, repartits per municipis, en els que es van perforar nivells d'argiles (taula 10 d).

Municipi	Núm. de Geotècnics
Caldes de Malavella	2
Campllong	2
Cassà de la Selva	7
Fornells de la Selva	2
Girona	13
Llagostera	5
Llambilles	3
Maçanet de la Selva	2
Quart	2
Riudarenes	2
Riudellots de la Selva	4
Santa Coloma de Farners	1
Vidreres	2
Vilobí d'Onyar	3
TOTAL	50

Taula 10 d: Estudis geotècnics en els que s'ha localitzat materials argilosos, distribuïts per municipis.

La informació d'aquests estudis geotècnics s'ha incorporat en una nova base de dades. De cadascun d'aquests punts se n'ha inventariat les coordenades geogràfiques, les característiques litològiques (gruix, tipus de material i profunditat en que es troba) i els resultats de diferents assaigs de laboratori que permeten establir el grau d'expansivitat dels materials.

10.2.2.- Paràmetres geotècnics lligats al risc d'expansivitat.

La identificació i classificació dels sòls expansibles té com a propòsit principal la caracterització qualitativa del canvi potencial de volum dels terrenys que se sospita que poden presentar problemes d'expansivitat. Els mètodes o tècniques d'assaig utilitzats són bastant variats i nombrosos, i és possible dividir-los en tres categories: indirectes, directes i combinats (Linares et al., 1999). Els indirectes consisteixen en la mesura d'una o més propietats intrínseques del material, complementades amb l'experiència disponible sobre el canvi de volum potencial. Els directes són els que utilitzen mesures de canvi de volum, emprant per a aquest objectiu un aparell del tipus edomètric convencional. Els combinats són aquells en que es correlacionen dades de tècniques directes i indirectes per proporcionar millors grups de classificació en relació amb la magnitud del canvi de

volum. Permeten desenvolupar mètodes d'estimació quantitativa que subministren una primera idea de la magnitud de la inestabilitat volumètrica.

La inestabilitat volumètrica dels sòls argilosos es quantifica, normalment, mitjançant assaigs de laboratori realitzats amb edomètre. Aquests es realitzen sobre els sòls sospitosos de contenir argiles expansives, bé perquè l'experiència en el comportament dels sòls de la mateixa procedència així ho demostra, bé perquè alguns paràmetres geotècnics de determinació usual en els laboratoris de geotècnica així fan preveure-ho. Algunes de les classificacions dels sòls argilosos en funció dels resultats de diferents assaigs se sintetitzen a les taules 10 e i 10 f.

Índex per avaluar la capacitat d'inflament d'una formació argilosa					
Grau d'expansivitat	Límit Líquid (promig)	Límit líquid (extrem)	C.p.v Assaig lambe	Expansió lineal probable (%)	Pressió d'inflament (kn/m ²)
NUL A BAIX	<35	<20 / <50	<2	<1	<25
BAIX A MODERAT	35-50	20-30 / 50-70	2-4	1-4	25-125
MODERAT A ALT	50-65	30-40 / 70-90	4-6	4-10	125-300
ALT A MOLT ALT	>65	>40 / >90	>6	>10	>300

Taula 10 e. Taula dels índex per avaluar la capacitat d'inflament recopilats per Oteo, Salinas & Ferrer (1987) (Salinas, 1987).

Dades per determinar el canvi potencial de volum en els sòls expansius				
Grau d'expansivitat	Coloïdes < 1 μ (%)	Índex de plasticitat (%)	Límit de contracció (%)	Canvi potencial de volum (%)°
MOLT ALT	28	35	11	30
ALT	20-31	25-41	7-12	20-30
MIG	13-23	15-28	10-16	10-20
BAIX	15	18	15	10

Taula 10 f. Taula dels valors de diferents paràmetres per acotar el grau d'expansivitat de les argiles segons Ayala (1975).

Per a la caracterització geotècnica dels 50 punts inventariats on s'ha localitzat argiles, s'han incorporat a la base de dades i al SIG els resultats dels següents assaigs geotècnics: densitat aparent (gr/cm³), índex de plasticitat (%), humitat natural (%), N₃₀(resistència a la penetració), resistència a la compressió simple (kg/cm²), Mòdul d'elasticitat (kg/cm²), cohesió (kg/cm²), angle θ (graus) i assaig Lambe (índex d'inflament en kg/cm²).

Dels assaigs obtinguts, cal destacar que l'índex de plasticitat i l'assaig Lambe, que són importants per determinar el caràcter expansiu, només es realitzen quan hi ha indicis de plasticitat. L'assaig Lambe es basa en realitzar un assaig de pressió d'inflament d'una mostra col·locada en un anell de dimensions determinades. La pressió mesurada és l'índex d'expansivitat a partir del qual s'obté el "canvi potencial de volum (C.P.V)", segons les condicions inicials d'humitat de la mostra. L'índex de

plasticitat es va obtenir de la determinació del límit líquid d'un sòl en assaigs realitzats pel mètode de l'aparell de Casagrande amb accionament manual de la cullera.

En 34 dels 50 punts s'hi va realitzar, com a mínim, un assaig per determinar l'índex de plasticitat i/o es va calcular l'índex d'inflament amb l'assaig Lambe. Les zones on es van realitzar la majoria d'assaigs per determinar aquests paràmetres, davant la sospita de possible expansivitat, es concentren al nord de la zona, sobretot als municipis de Girona, Quart i Fornells de la Selva i zones properes. Altres àrees situades més al sud, com a Maçanet i Riudarenes han estat menys mostrejats.

Els índex de plasticitat mitja dels punts dels que se'n disposa informació és de 19,8 %, amb un valor màxim de 50,4 % i un mínim de 5 %. La majoria de mostres es situen dins a la categoria de mig o baix segons la taula 10 e, amb quatre casos en els que es classificarien com a expansibilitat alta i un (el valor màxim) com a molt alta. Els valors dels assaig Lambe donen índexs d'inflament per sota els 2 kg/cm² en la majoria d'anàlisis, la qual cosa segons al taula 10 d es considerarien punts amb grau d'expansibilitat nul a baix però aquests valors tenen una mitjana de 1,5, la qual cosa indica que en molts assaigs el grau d'expansibilitat és proper a la categoria de baix a moderat. Quatre punts presenten valors per sobre de 2 kg/cm² amb un valor màxim de 3,87 d'una mostra de Riudellots (taula 10 g).

En la taula 10 g s'indica el resultat dels assaigs realitzats a diferents punts de la zona i s'hi ha diferenciat els cinc punts que es pot considerar més crítics pel que fa a l'expansivitat, tres situats a Girona, un a Maçanet i un a Riudellots de la Selva. S'ha escollit un punt de cadascuna de les zones que es creuen més crítiques per fer-ne un estudi detallat.

Pel que fa als geotècnics de Girona, en la parcel·la 017/00 (taula 10 g) s'hi van realitzar un total de 12 sondatges de profunditats entre 3 i 13 m. Es disposa de 6 assaigs d'humitat natural, 6 per a la determinació del pes específic, 6 granulometries per tamissat, 6 granulometries per sedimentació, 6 límits d'Atterberg, 6 assaigs Lambe i 6 assaigs de compressió simple. Estratigràficament s'identifiquen dos nivells argilosos: un nivell A, situat a menys d'un metre de profunditat i amb una potència que varia entre 0,30 m a 6,5 m de argiles de color marró relativament fosc amb alguna passada de grava i sorres argiloses i un nivell B més profund d'una potència que oscil·la entre un mínim de 5,45 m a un màxim reconegut de 12,40 m, constituït d'argiles, argiles llimoses i llims argilosos de colors marró relativament clar, beix i gris amb algunes passades de grava argiloses i sorrenques i sorres argiloses. Les característiques físiques a partir dels assaigs de laboratori es mostren a la taula 10 h. En aquestes anàlisis es pot determinar que és en el nivell B en el que hi ha paràmetres amb valors d'argiles expansibles. Es pot comprovar que, a part dels valors alts ja comentats d'anàlisi Lambe i d'índex de plasticitat, se li sumen uns valors de límit líquid força alts que permeten classificar les mostres com d'un grau d'expansivitat com de moderat a una mica alt.

Número de parcel·la	Terme municipal	Lambe (kg/cm ²)	Í, Plàstic (%)
166/00	Campllong	0,92	16,7
247/00	Cassà de la Selva	1,43	11
032/97	Cassà de la Selva		17,82
167/99	Cassà de la Selva	1,17	18,11
157/99	Cassà de la Selva	1,94	20,8
278/00	Fornells de la Selva	0,82	18,2
088/99	Fornells de la Selva	0,31	18,8
015/00	Girona	0,82	15,6
017/00	Girona	3,51	30,2
027/99	Girona	1,3	18,58
014/99	Girona	2,41	
118/98	Girona	1,19	15,2
100/98	Girona	1,03	20,25
268/00	Girona	2,45	37,9
249/00	Girona	1,43	13,3
165/00	Girona	1,22	19,9
139/00	Girona	0,51	8,3
108/00	Girona	0,51	5
052/00	Girona	1,02	20,4
016/00	Girona	1,73	17,1
257/00	Llagostera		12
311/00	Llagostera	1,63	15,6
204/00	Llambilles	1,02	13,4
106/00	Maçanet de la Selva	1,83	50,4
040/00	Maçanet de la Selva		32,7
006/00	Quart	0,82	14,8
007/00	Quart	1,02	11,5
069/00	Riudarenes	0,31	
006/97	Riudarenes		37,12
192/00	Riudellots de la Selva	3,87	21,6
018/98	Riudellots de la Selva		17,39
120/99	Riudellots de la Selva		23,3
075/00	Vilobí d'Onyar	1,43	17,9
272/00	Vilobí d'Onyar		23,5

Taula 10 g. Taula dels valors obtinguts d'índex d'inflament (assaig Lambe) i d'índex de plasticitat, en els diferents punts mostrejats, amb indicació del municipi on es troben.

Les dues parcel·les de fora de Girona (Riudellots i Maçanet) presenten un nivell argilós molt superficialment que té un gruix de 5 a 6 m. A Maçanet es tracta d'argiles i argiles sorrenques de colors marrons i negrosos amb algunes passades de graves i sorres argiloses. A Riudellots són argiles i argiles llimoses de colors marronós i verdós, amb algunes passades de llims argilosos i sorres. En la taula 10 i es mostren els resultats de les anàlisis de dues mostres de cadascuna de les zones. Es pot comprovar que els índex d'inflament Lambe, índex de plasticitat i límits líquids són molt alts, sobretot a la parcel·la de Riudellots, la qual presenta unes característiques globals molt semblants a les de la zona de Girona. En els assaigs de la zona de Maçanet, els valors dels paràmetres són més moderats. De totes maneres, els materials argilosos d'ambdues zones poden quedar classificades com de grau d'expansivitat de moderat a alt, com en el cas anterior.

Propietat Paràmetre	Nivell a			Nivell b		
	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 3
Granulometria per tamisat						
% passa tamís 5 mm	100	97,72	99,77	87,15	86,95	100
% passa tamís 0.008 mm	77,85	80,72	49,85	80,89	76,72	99,41
Granulometria per sedimentació						
% sorra grossa (2-0.2 mm)	8,5	5,9	32,30	3,0	6,9	0,3
% sorra fina (0.2-0.05 mm)	24,80	15,0	19,3	1,6	2,4	0,5
% llims (0.05-0.02 mm)	18,8	54,5	14,0	21,4	21,50	32,0
% argiles (<0.002 mm)	47,20	21,15	30,5	59,10	54,8	67,20
Humitat (%)	17,8	15,4	11,9	17,0	15,2	17,5
Densitat humida (g/cm ³)	1,91	2,04	2,08	1,83	1,97	1,85
Densitat seca (g/cm ³)	1,6	1,78	1,83	1,83	1,97	1,85
Límit líquid (%)	29,7	34,4	26,3	56,4	44,7	44,9
Límit plàstic (%)	17,0	15,4	11,9	26,1	23,0	21,6
Límit de retracció (%)	12,7	9,61	15,68	11,3	9,2	12,83
Índex de plasticitat (%)	12,7	16,9	10,5	30,2	21,7	23,3
Lambe						
Canvi potencial de volum	No crític	Marginal	No crític	Crític	Crític	Marginal
Índex d'inflament (kg/cm ²)	0,82	1,12	0,20	2,14	1,73	1,53
Resistència a la compressió simple (kg/cm ²)	1,11	5,5	0,29	3,51	4,36	6,56

Taula 10 h. Valors de les anàlisi de laboratori de sis punts d'una parcel·la del barri de Palau de Girona. Anàlisis realitzades al laboratori del Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de materials de Celrà.

La diferència més notable entre aquestes tres zones analitzades és el fet que a l'entorn de Girona el nivell d'argiles expansibles no es superficial sinó que s'ha trobat fins a un màxim de 6,5 m de profunditat i que a més, té un gruix mínim de 5,45 m i un de màxim constatat de 12,4 m a la zona de Palau. A les altres dues zones comentades, el nivell d'argiles expansibles es troba molt superficialment, com a molt a 2 m de profunditat a la zona de Maçanet i té un gruix d'entre 5 i 6 m. Aquesta diferència condiona notablement el tipus de construcció a realitzar, ja que en el cas de tenir

un nivell no massa gruixut es pot fonamentar l'edifici en un nivell inferior i evitar així les argiles, cosa força més difícil de fer en determinats sectors zones de Girona.

Propietat / Paràmetre	Maçanet de la selva		Riudellots de la selva	
	Mostra 1	Mostra 2	Mostra 1	Mostra 2
Granulometria per tamissat				
% passa tamis 5 mm	99,84	98,23	99,76	99,59
% passa tamis 0.008 mm	62,01	82,83	80,65	85,52
Granulometria per sedimentació				
% sorra grossa (2-0.2 mm)	24,67	8,11	11,98	6,53
% sorra fina (0.2-0.05 mm)	11,94	8,58	8,09	7,84
% llims (0.05-0.02 mm)	21,37	29,78	21,29	20,60
% argiles (<0.002 mm)	38,68	50,39	58,13	63,84
Humitat (%)	18,6	50,4	17,5	21,6
Densitat humida (g/cm ³)	1,97	1,68	2,05	2,02
Densitat seca (g/cm ³)	1,62	1,1	1,69	1,62
Límit líquid (%)	39,1	66,8	57,8	67,5
Límit plàstic (%)	19,1	37,6	22,0	22,7
Límit de retracció (%)	13,5	16,43	9,05	7,43
Índex de plasticitat (%)	20,0	29,2	35,8	44,7
Lambe				
Canvi potencial de volum	Marginal	Crític	Molt crític	Molt crític
Índex d'inflament (kg/cm ²)	1,43	1,83	3,57	3,87
Resistència a la compressió simple (kg/cm ²)	1,6	0,41	1,96	2,14

Taula 10 i. Valors de les anàlisi de laboratori de quatre punts, dos d'una parcel·la d'un punt de Maçanet de la Selva i dos d'una de Riudellots de la Selva. Anàlisis realitzades al laboratori del Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials de Celrà.

10.2.3.- Zones de risc lligat a les argiles expansives

Les dades geotècniques analitzades han permès elaborar un mapa de risc d'expansibilitat (figura 10.4). S'hi ha incorporat, a més, l'extensió superficial dels afloraments d'argiles que, en base a les seves característiques de camp, han estat determinades com a potencialment expansibles. En la zona de Quart, la més extensa, s'hi observen clarament indicis d'expansibilitat (Salinas, 1987) com: colors del sòl grisos, verdosos i blavosos, absència de vegetació tipus arbres i arbustos de fulla caduca, esquerdes clares en època seca, fang molt viscos i adhesiu, petjades molt persistents, sòls que al assecar-se són molt durs i, finalment, aparició de fractures de superfície corbada en els talussos.

Per a la catalogació de les zones amb més problemes d'expansivitat s'han establert 5 categories en funció dels valors de les anàlisis Lambe i els índex de plasticitat: punts amb grau d'expansivitat molt alt, alt, moderat, baix i molt baix o nul.

PUNTS AMB GRAU D'EXPANSIVITAT MOLT ALT

S'hi ha considerat aquells llocs on l'índex Lambe és superior a 2 kg/cm^2 i, al mateix temps, l'índex de plasticitat és superior al 35 %. Amb aquestes característiques únicament s'ha donat un cas situat en l'urbanització Mas Prunell del barri de Palau de Girona. En tota aquesta zona de Palau i la de Montilivi hi ha diversos llocs on afloren aquests materials i tenen un aspecte molt similar a les argiles abans comentades de la zona de Quart. Si es té en compte que aquestes dues zones són actualment les de major creixement urbanístic de Girona i possiblement de tota la zona d'estudi, aquestes característiques dels materials poden comportar problemes en els edificis si no es prenen mesures adequades durant la construcció.

PUNTS AMB GRAU D'EXPANSIVITAT ALT

Són aquelles zones on l'índex Lambe és superior a 2 kg/cm^2 o bé l'índex de plasticitat és superior al 35%. S'han localitzat quatre punts amb aquestes característiques. Dos d'ells es troben també a Girona, mentre que els altres dos són a Maçanet i a Riudellots. Com ja s'ha comentat, malgrat les grans similituds d'aquestes argiles, sobretot entre les de Riudellots i de Girona, els problemes constructius a Maçanet i Riudellots són menors, ja que el gruix d'aquesta formació argilosa és més petit i es troba a un nivell més superficial.

PUNTS AMB GRAU D'EXPANSIVITAT MODERAT

Si han considerat aquells punts en els que l'índex Lambe està entre 1 kg/cm^2 i 2 kg/cm^2 i/o l'índex de plasticitat està entre el 25 % i el 15%. S'han localitzat 16 punts amb aquestes característiques que es situen en les mateixes zones que els casos anteriors i a les rodalies (Quart, Cassà, Vilobí), tot i que també n'hi ha un de més allunyat, concretament a Llagostera.

PUNTS AMB GRAU D'EXPANSIVITAT BAIX

Són els punts en els que l'índex Lambe és inferior a 1 kg/cm^2 i l'índex de plasticitat està entre 15% i 25%. En aquesta categoria s'hi han classificat 14 punts distribuïts per tota la zona d'estudi localitzats majoritàriament en aquells indrets on no s'ha detectat indicis evidents d'expansivitat.

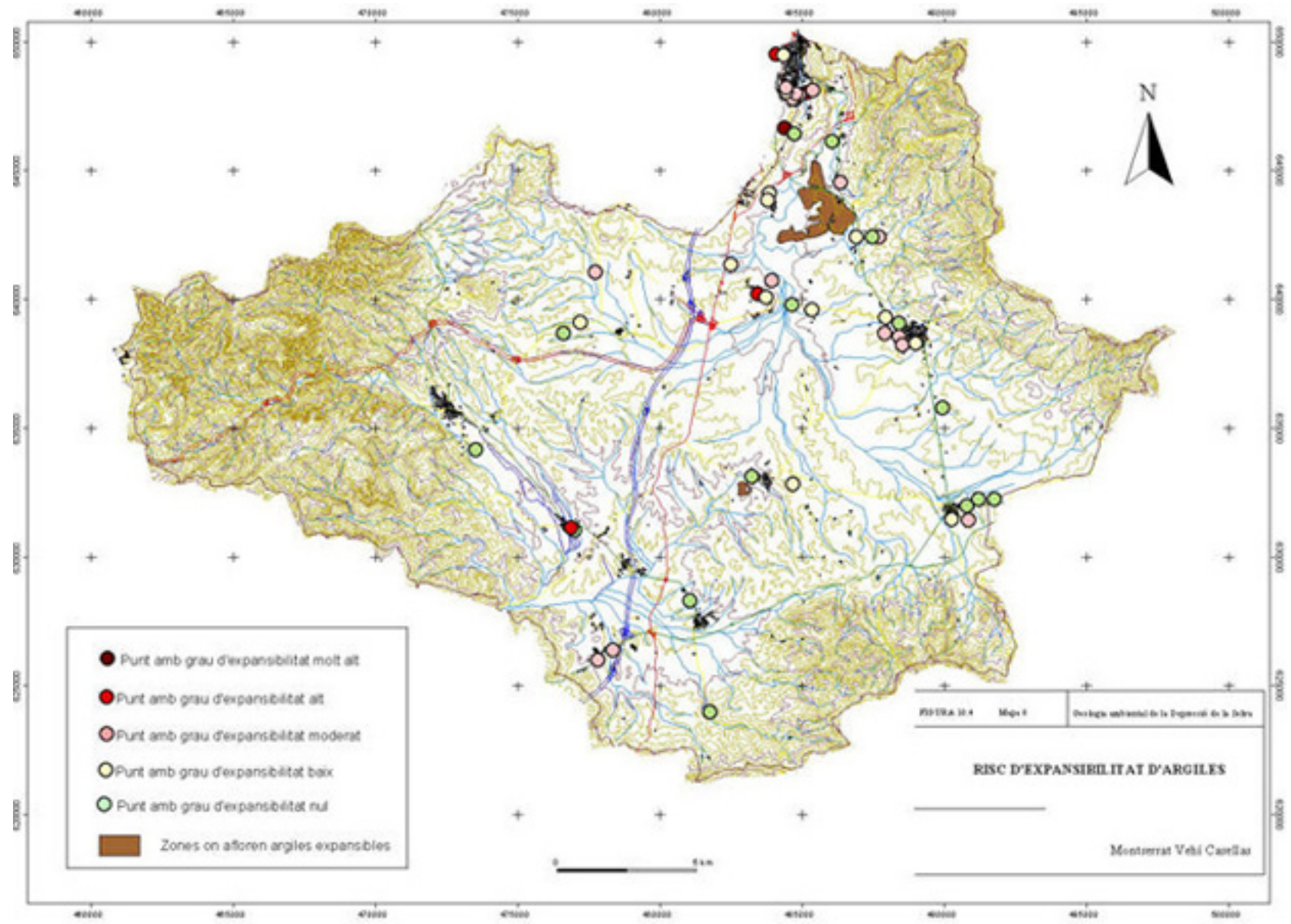
PUNTS AMB GRAU D'EXPANSIVITAT MOLT BAIX O NUL

Són els punts amb un índex Lambe inferior a 1 kg/cm^2 i un índex de plasticitat inferior a 15%. Hi ha un total de 15 punts en els que no hi ha evidències d'expansivitat, ja sigui perquè l'aspecte del material no era indicatiu de la presència d'argiles expansibles o perquè els resultats han estat de valors baixos. Els punts amb aquestes característiques es distribueixen per tota la zona d'estudi excepte a la zona més propera al nucli urbà de Girona.

En conjunt es pot afirmar que el risc d'expansivitat és baix o molt baix en la majoria de la zona estudiada. Tanmateix, hi ha algunes àrees on es pot considerar moderat, i puntualment, alt o molt alt. La zona amb més perill d'expansivitat correspon a les urbanitzacions de Palau i Montilivi de Girona i a

les afores del poble de Quart. Hi ha dues zones, a Maçanet i Riudellots on hi ha constància de la presència d'argiles expansibles però en les que el nivell argilós és superficial i molt poc potent.

Figura 10.4.- Mapa de risc d'expansivitat d'argiles.



10.3.- RISC DERIVAT DE PROCESSOS D'EROSIÓ DEL SÒL

L'erosió és un procés geològic natural, constituent de l'anomenat cicle geològic extern d'erosió – transport – sedimentació, derivat en última instància d'un potencial regular, la gravetat. Per tant, l'erosió actua, al menys en teoria, a tota la superfície emergida del planeta, però amb diferent intensitat (espacial i temporal), condicionada per factors o variables de control que, en darrer terme són geològiques i climàtiques (Val, 1987). A aquests factors és evident que caldria afegir-hi els antròpics, que modifiquen directament o indirecta el procés erosiu.

Hi ha diversos factors que afecten a l'erosió i que són utilitzats per quantificar-la. Alguns autors afirmen que l'erosió està condicionada pel clima, el sòl, el relleu i la cobertura vegetal (Camarasa et al., 1998). Icona realitza mapes de paisatges erosius en funció del pendent, litologia i cobertura vegetal (Icona, 1982). També hi ha autors que calculen l'erosivitat utilitzant fórmules empíriques com la de Fournier:

$$\text{Log } D = 2.65 \log p^2/P + 0.46 \log H \text{ tg } \alpha - 1.56$$

On D= degradació específica en Tm / km² /any

H= altura mitjana de la conca

α = pendent mitjana de la conca

p= precipitació màxima del mes més plujós

P= precipitació total anual

En aquesta fórmula s'arriba a determinar les tones per quilòmetre quadrat anuals que s'erosionen en una conca, tot i que no té en compte la vegetació que influeix en l'erosió. En concret, la vegetació redueix l'impacte de la pluja, protegeix el sòl, aporta matèria orgànica que facilita la formació d'agregats estables, redueix la velocitat de circulació de l'aigua, afavoreix la capacitat d'infiltració i pot crear un microclima en zones molt arbòries que afavoreixen la conservació del sòl.

Hi ha mètodes directes per avaluar l'erosió que bàsicament s'apliquen a petites zones, com són: claus o varetes situades verticalment en el sòl, successius aixecaments microtopogràfics en vessants, comparació de perfils edàfics entre sòls no erosionats i sòls erosionats o avaluació del volum d'incisions a mitjana o petita escala. Per poder aplicar aquests mètodes cal una zona de petites dimensions, zones prou tranquil·les perquè ningú no destrueixi les estacions d'observació i un llarg període de temps d'observació. Aquestes condicions són difícils d'aconseguir a la zona d'estudi, que té unes dimensions considerables i on les zones més tranquil·les reben una afluença important de visitants en caps de setmana i estiu que dificulten la conservació de les estacions.

Per a l'avaluació del risc d'erosió a l'àrea estudiada es consideren fonamentalment el pendent, la litologia i la cobertura vegetal, ja que el clima és força homogeni i per tant és un paràmetre que afecta

de manera homogènia a tota la zona. Cal tenir en compte però que l'home, en la seva relació amb el medi, ha introduït canvis que han modificat els processos actuant, com és el cas de la dinàmica fluvial (embassaments, rectificació de lleres) o ha modificat substancialment els usos del sòl (explotacions forestals, conreus inapropiats, pastures). En la zona estudiada l'impacte més important de l'home en relació al sòl és la freqüent ocurrència d'incendis forestals. Pràcticament cada estiu hi ha algun incendi forestal que redueix la cobertura vegetal i per tant que augmenta l'erosionabilitat del sòl. Aquest fet provoca que les zones on teòricament hi ha un factor reductor de l'erosió, com són les masses forestals, en moments imprevisibles, poden ser cremades i passar a ser una zona amb un risc molt més alt. Per aquest motiu s'ha determinat diferenciar zones segons la seva susceptibilitat geomorfològica a l'erosió, per la qual cosa s'utilitzen com a variables el pendent i la litologia. No s'hi ha inclòs la vegetació perquè, tot i que habitualment és un considerable protector del sòl, en moments puntuals i imprevisibles pot desaparèixer i, per tant, el mapa resultant del càlcul tenint en compte la vegetació podria perdre vigència en pocs mesos.

10.3.1.- Característiques morfològiques de la zona d'estudi

La zona d'estudi es caracteritza per presentar un relleu bàsicament pla (capítol 4.3), únicament amb algunes zones més elevades coincidint amb les serralades que l'envolten: Gavarres, Guilleries i serralada de la Selva Marítima. En el mapa de pendents realitzat amb els sistemes d'informació geogràfica, per poder-lo superposar a la litologia, es va comprovar numèricament aquest fet: el 46,48 % de la superfície total té un pendent inferior a 1%; i menys d'un 1% té un pendent superior al 30% (taula 10 j). En definitiva és constituïda per una zona central plana, on els pendents màxims són del 7%, dels quals 264,4 km² tenen un pendent inferior al 1% i, per altra banda, unes zones muntanyoses amb un pendent d'entre el 10% i el 20% (100,19 km²) on el pendent màxim és del 50% (únicament 0,028 km² estan entre el 50% i el 80% i 0,001 km² superen el 80%).

Pendent	Àrea en km²	% respecte del total
inferior al 1%	264,42	46,48
1% - 3 %	64,34	11,31
3% - 5%	39,55	6,95
5% - 7%	25,34	4,45
7% - 10%	31,55	5,54
10% - 20 %	100,19	17,61
20% - 30%	38,73	6,80
30% - 50%	4,66	0,81
50% - 80%	0,03	0,005
superior al 80%	0,001	0,0002

Taula 10 j.- Àrees totals segons el pendent i el seu percentatge respecte del total.

Aquestes característiques geomorfològiques fan que la zona estudiada sigui molt poc susceptible a l'erosió, la qual només es pot arribar a desenvolupar amb un cert grau d'incidència a les poques

àrees on hi ha un relleu més vigorós, coincidint amb els sistemes muntanyosos que encerclen la plana selvatana, en les que els pendents oscil·len entre un 10% i un 30% majoritàriament.

Per a l'extrapolació de la vulnerabilitat a l'erosió s'han agrupat els pendents en cinc categories a les quals s'ha donat un valor numèric per tal de poder operar amb la variable de la litologia quan tota la informació es processés amb els sistemes d'informació geogràfica (taula 10 k).

Pendent	Valor numèric	Característiques
Inferior al 1 %	0	La erosió es considera nul·la ja que el pendent és gairebé inexistent. Equival a un angle inferior a 0,57 °.
Entre 1% i 7%	1	Comença a poder ser erosionable, tot i que molt poc. Equival a un angle que va de 0,57° a 4°.
Entre el 7% i el 30%	2	És el pendent més habitual als marges de la depressió on hi ha erosió si bé no és molt alta. L'angle és de 4° a 16,6°.
Entre el 30% i el 50%	3	Són les zones situades clarament als marges de la depressió i a on la erosió pot ser notable. L'angle és de 16,6° a 26,5°.
Superior al 50%	4	Donat que hi ha molt poca superfície amb aquest pendent s'ha agrupat tot el que és superior al 50%, a on l'erosió ja es podria considerar molt important. Equival a qualsevol zona amb un angle superior a 26,5°.

Taula 10 k. Taula amb els valors numèrics que s'han atorgat a cada pendent.

10.3.2.- Classificació dels materials segons la seva susceptibilitat a l'erosió

A la zona d'estudi hi ha dues litologies dominants: per una banda sorres i graves, ja siguin quaternàries o neògenes, que són el rebliment recent de la fossa de la Selva i que ocupen 252,9 km² (taula 10 l) i, per altra banda, els materials granítics i granodiorítics característics del sòcol paleozoic i que configuren els massissos que envolten la plana i que ocupen 184,6 km² (capítol 5 i annex 1, mapa 2). En zones molt més reduïdes es troben materials més compactes com travertins i conglomerats silicificats, calcàries, basalts, roques metamòrfiques intruïdes per granitoides, marbres, gneissos, cornianes, pissarres i esquistos. També hi ha petites extensions de materials més disgregats, com és el cas dels piroclastos.

L'erosió hídrica és manifesta de manera més notable i generalitzada sobre les formacions superficials i edàfiques, i en general, sobre conjunts de caràcter detrític poc consolidats i/o cimentats. En la zona estudiada aquestes característiques són les pròpies dels sediments que rebleixen la fossa de la Selva i, també, els afloraments de granodiorites i de granits de gra gros alternats a sauló.

Hi ha diverses taules i gràfiques d'erosionabilitat de les partícules, però en general coincideixen en el fet que les partícules que necessiten menys energia per mobilitzar-se són d'un diàmetre aproximat

de 0,5 mm (sorra mitjana) fins a 1 mm (sorra grossa) i els llims (0,04 mm). Les argiles, en canvi, són més resistents per la seva cohesió, degut a les càrregues elèctriques i per la seva facilitat per combinar-se amb matèria orgànica formant agregats estables i, de fet, es considera que els sòls més erosionables tenen una quantitat de matèria orgànica inferior al 2% (Val, 1987). Per últim, les roques inalterades seran les menys erosionables degut a la seva pròpia cohesió.

Litologia	Àrea en km²	% respecte l'àrea total
Sorres i graves	252,908	44,34
Travertins	0,058	0,01
Argiles	3,392	0,59
Llims	3,253	0,57
Conglomerats silicificats	0,371	0,07
Calcàries	1,495	0,26
Conglomerats i argiles (Fm. Pontils)	1,239	0,22
Piroclastos	5,423	0,95
Basalts	9,215	1,62
Roques metamòrfiques intruïdes per granitoides	13,348	2,34
Roques filonianes	4,061	0,71
Marbres	0,197	0,03
Gneissos	5,391	0,95
Cornianes	28,113	4,93
Pissarres i esquistos	32,876	5,76
Granodiorites i granits de gra gros (alterats a sauló)	184,671	32,37
Granodiorites i granits de gra gros (inalterats)	0,8	0,11
Granits de gra mitjà i fi	24,428	4,28

Taula 10 I.- Àrees totals segons litologies i el seu percentatge respecte del total.

En definitiva, es pot afirmar que a la zona estudiada els materials majoritaris són fàcilment erosionables i només hi ha formacions resistents en punts aïllats dels massissos que envolten la plana i en alguns indrets de la pròpia plana, com són les calcàries, basalts o conglomerats silicificats. A l'igual que s'ha fet amb els pendents, s'ha donat valors numèrics a cada tipus de material per tal de poder després operar amb el valor atorgat al pendent i, així, obtenir el mapa final. S'ha considerat que no hi ha cap tipus de material que no sigui gens erosionable, per tant no hi ha cap categoria amb un valor d'erosió 0 (taula 10 m).

Litologia	Valor numèric	Característiques
Roca inalterada	1	En aquesta categoria s'hi ha inclòs tots els materials rocosos compactes. Corresponen a travertins, conglomerats silicificats, calcàries, basalts, roques filonianes, marbres, cornianes, pissarres i esquistos, granodiorites i granits de gra gros (inalterats) i granits de gra mitjà i fi.
Roca lleugerament alterada	2	Engloba aquells materials rocosos que no estan totalment inalterats però que tampoc es poden considerar com a solts. Són les roques metamòrfiques intruïdes per granitoides i els gneissos.
Materials lleugerament consolidats	3	Són aquells materials que no estan tant solts com els sediments més recents però que no són roca totalment compacte. Es tracta dels conglomerats i argiles de la formació Pontils i els piroclastos de la Crosa i de Caldes.
Sediments solts de gra gros	4	Són sediments no consolidats, de mida grava i sorra. També forma part d'aquesta categoria els llocs on hi ha granodiorites i granits de gra gros alterats a sauló.
Sediments solts de gra fi	5	Són els materials llimosos que, degut al seu petit diàmetre, s'han considerat com a més erosionables. També haurien entrat en aquesta categoria les sorres però a la zona estudiada tots els nivells sorrencs estan barrejats amb graves.

Taula 10 m. Taula amb els valors numèrics que se li han atorgat a les diferents litologies.

10.3.3.- Zones de susceptibilitat geomorfològica a l'erosió

En la realització del mapa de susceptibilitat geomorfològica a l'erosió s'han superposat els resultats obtinguts en l'anàlisi del pendent i de la litologia dominant (apartat 10.3.1 i 10.3.2), obtenint així una capa de polígons amb ambdues informacions. En el treball d'anàlisi de les dades amb el SIG s'han multiplicat els valors d'erosió de les taules 10 g i 10 f, amb la qual cosa s'ha obtingut uns valors d'erosió que van de 0 a 20. En funció d'aquesta qualificació s'han determinat cinc categories a partir de diferents intervals numèrics i que s'han classificat com de zones amb susceptibilitat a l'erosió: nul·la, baixa, mitjana, alta i molta alta (taula 10 n).

Susceptibilitat a l'erosió	Valor numèric calculat	Àrea ocupada (km ²)	% respecte al total
Nul·la	0	264,40	46,4
Baixa	1-5	181,50	31,9
Moderada	6-10	86,19	15,1
Alta	11-15	37,64	6,6
Molt alta	16-20	0,02	0,0

Taula 10 n.- Distribució segons tipus de susceptibilitat a l'erosió de la zona.

ZONES ON LA SUSCEPTIBILITAT A L'EROSIÓ ÉS NUL·LA

Són aquelles on l'erosió final té un valor de 0, o sigui totes les zones amb un pendent inferior a 1%, que és característic de tota la plana central. Com ja s'ha comentat anteriorment, és gairebé la meitat de la zona, ocupant aquests terrenys 264,4 km².

ZONES AMB SUSCEPTIBILITAT BAIXA A L'EROSIÓ

Són aquelles zones en les que s'ha obtingut un valor d'erosió entre 1 i 5, la qual cosa significa que la zona no es absolutament plana, però on cap dels dos valors és molt alt, o, com a molt, un dels dos valors és 5 però l'altre és 1. Per exemple, en aquesta zona quedaria inclòs un espai en el que hi ha graves i sorres, que són fàcilment erosionables (valor 4, segons taula 10 m), però en una zona amb un pendent inferior a 7% (valor 1, de la taula 10 k), que en minimitza la seva susceptibilitat a l'erosió. Dins d'aquesta categoria queda englobada aproximadament el 32% de la zona d'estudi (181,5 km²), la qual se situa bàsicament a la part plana.

ZONES AMB SUSCEPTIBILITAT MODERADA A L'EROSIÓ

En aquestes zones el valor resultant en el càlcul de l'erosió està entre 6 i 10. Amb aquest valor s'hi troben, per exemple, zones on afloren sediments molt solts i erosionables (valor 5 de la taula 10 m) però amb poc pendent (valor 2 de la taula 10 k). Més o menys el 20% de l'àrea total s'ha classificat en aquesta categoria, i es concentra sobretot a la zona on hi ha granodiorites i granits de gra gros molt alterats a la rodalia de Santa Coloma de Farners, a la serralada de la Selva i a les Gavarres. Aquest nivell d'erosió es dona en altres llocs, com són els petits turonets de materials volcànics de la Crosa de Sant Dalmai. L'extensió total de zona classificada en aquesta categoria és de 86,19 km².

ZONES AMB SUSCEPTIBILITAT ALTA A L'EROSIÓ

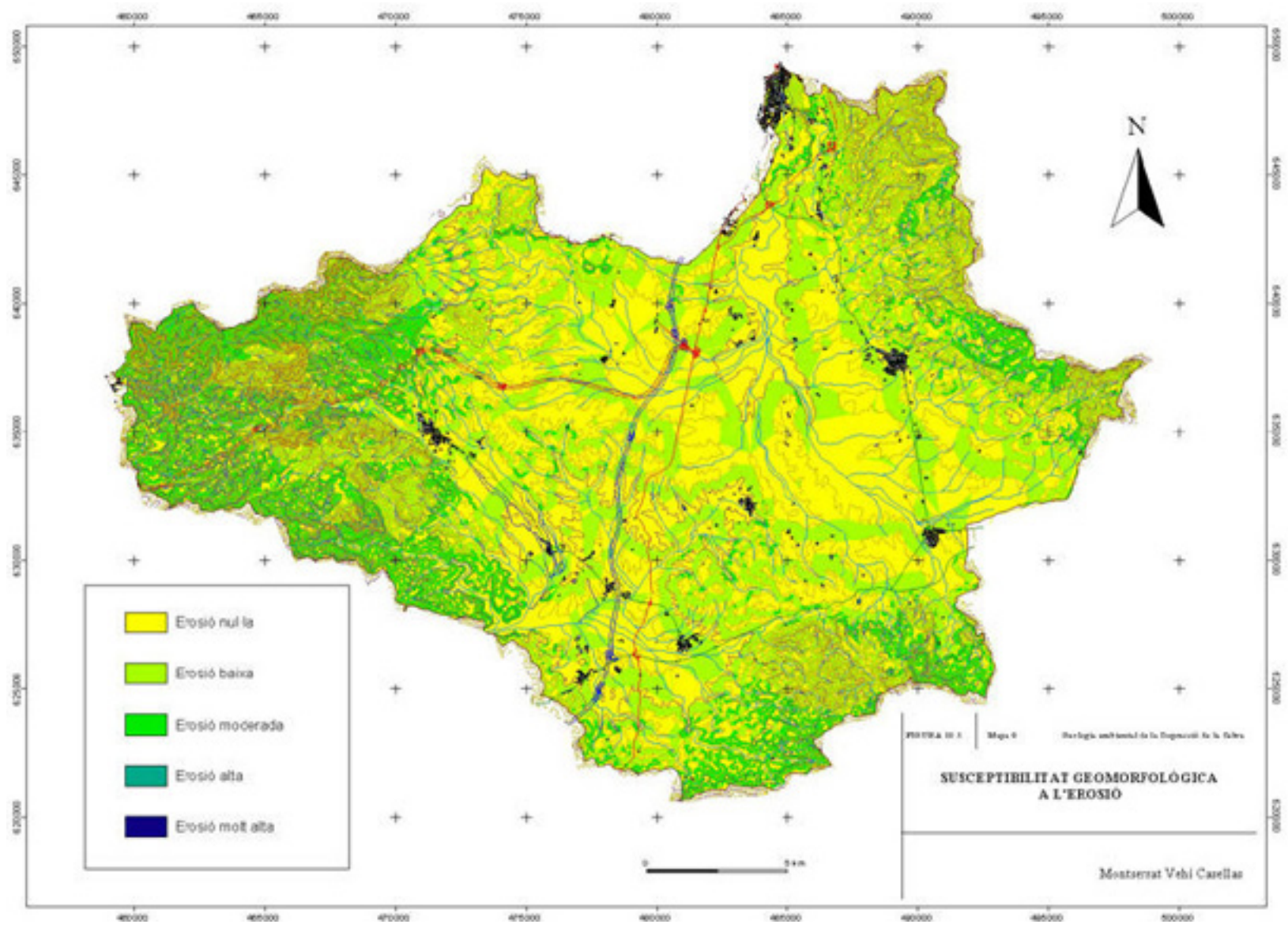
S'ha agrupat en aquesta categoria les àrees en que el càlcul d'erosió dona un valor entre 11 i 15. Aquestes zones corresponen als terrenys constituïts per materials molt susceptibles a ser erosionats i que presenten un pendent quelcom més accentuat. Hi ha 37.64 km² englobats en aquesta categoria (el 6,6%), i són les zones abans esmentades de materials granodiorítics i granits de gra gros molt alterats, amb més pendent que en el cas anterior. Bàsicament es concentren a la zona de Santa Coloma de Farners, en un petit sector de la Serralada de la Selva Marítima i encara més puntualment, a les Gavarres.

ZONES AMB SUSCEPTIBILITAT MOLT ALTA A L'EROSIÓ

Són les zones on es donen els valors màxims de susceptibilitat a l'erosió, concretament d'entre 15 i 20. Són àrees amb materials molt erosionables i de pendent fort. Únicament 0,023 km² estan dins aquesta categoria, la qual cosa fa que en el mapa només apareixen unes petites zones, gairebé inapreciables, a l'entorn de Santa Coloma de Farners.

Resumint, es pot concloure que la susceptibilitat geomorfològica a l'erosió a l'àrea estudiada es pot considerar nul·la o baixa a tota la zona plana. Únicament en petits relleus i les zones elevades de Gavarres, Serralada de la Selva Marítima i de les Guillerries dels voltants es pot considerar susceptibilitat de moderada a alta.

Figura 10.5.- Mapa de susceptibilitat geomorfològica a l'erosió



- Erosió nul·la
- Erosió baixa
- Erosió moderada
- Erosió alta
- Erosió molt alta

SUSCEPTIBILITAT GEOMORFOLÒGICA A L'EROSIÓ

Montserrat Vehí Casillas