

Efectes dels terratrèmols de 1427 i 1428 a les terres de Girona

*Carme Olivera Lloret
Esther Redondo García
Jorge Fleta Pastor*

1. Introducció

L'interès per a la catalogació dels terratrèmols es posà de manifest al segle XIX, però certament el treball d'Eduard Fontserè i Josep Iglésias, al 1971, és la primera recopilació seriosa de notícies sobre els moviments sísmics a les terres catalanes. De la seva laboriosa tasca, que marca el punt de partida per a qualsevol treball de sismicitat històrica a Catalunya, es desprèn que a Catalunya, en èpoques històriques, s'han produït terratrèmols destructors.

L'any 1985 el Servei Geològic de Catalunya va iniciar un projecte per caracteritzar els terratrèmols històrics amb paràmetres que fossin comparables amb els dels sismes actuals, a fi de constituir un catàleg sísmic homogeni. Sospitant l'existència d'errors en els catàlegs sísmics existents, que podien induir a una estimació inexacta del risc sísmic, s'iniciaren treballs de recollida sistemàtica de notícies susceptibles d'aportar nova informació o completar la ja coneguda. El Dr. Antoni Riera Melis va dirigir un equip d'historiadors del Departament d'Història Medieval de la Universitat de Barcelona.

La gran quantitat de documents, que s'han conservat en molt bones condicions, i la riquesa descriptiva de les notícies que recullen, han permès, sovint, efectuar una reconstrucció relativament fiable dels esdeveniments. Per tal d'obtenir una avaluació dels terratrèmols al més acurada possible, s'ha adoptat el criteri d'utilitzar només fonts primàries. S'han consultat un elevat nombre de fonts coetànies als diferents terratrèmols estudiats, les quals s'han sotmès a exhaustives anàlisis. Contrastant les diverses informacions s'han pogut detectar i corregir errors o inexactituds en algunes notícies.

Uns anys després, el febrer del 2006, l'Institut Cartogràfic de Catalunya publicà el llibre *Els terratrèmols dels segles XIV i XV a Catalunya*, que recull el resultat de la revisió dels moviments sísmics més importants que s'han patit al nostre país. Els autors d'aquest llibre, Carme Olivera, Esther Redondo, Jérôme Lambert, Antoni Riera Melis i Antoni Roca, han constituït un equip interdisciplinari de sismòlegs, historiadors i geògrafs que representen diferents institucions: el Servei Geològic de Catalunya, la Universitat de Barcelona i el Bu-

reau de Recherches Géologiques et Minières. L'estudi d'alguns terratrèmols va estar integrat dins del projecte RHISE (Review of Historical Seismicity in Europe) finançat per la Comunitat Econòmica Europea.

D'aquest llibre en surt la major part de la informació que aquí es resumeix sobre la seqüència sísmica del període 1427-1428, que va sacsejar molt intensament les terres de Girona.

2. Paràmetres macrosísmics

En sismologia anomenem paràmetres macrosísmics aquells que s'obtenen a partir de la valoració dels efectes –intensitat– que produeixen els terratrèmols, sense considerar les dades instrumentals. Encara que les escales d'intensitat existents no són, probablement, adequades per avaluar la intensitat de descripcions de sismes històrics, cal utilitzar escales d'intensitat estandarditzades. Per això, i atès que l'objectiu és la catalogació conjunta dels terratrèmols històrics i instrumentals, s'ha adoptat la utilització de l'escala d'intensitats EMS-98, la més actual a Europa. Segons aquesta escala, la intensitat en un punt del territori s'avalua a partir de l'observació dels efectes del sisme, és a dir, la percepció de les persones i el dany en els edificis, tenint en compte la tipologia d'aquests edificis (classes de vulnerabilitat A, B, C, D, de més a menys vulnerable), i la seva quantitat (sentit estadístic).

Pel que fa al tipus d'edificacions de l'edat mitjana, mentre que a Europa és habitual l'edificació de fusta, a Catalunya, generalment, els edificis tenien la base de pedra i el pis i el sostre de fusta. Moltes vegades el que succeeix és que cau el sostre i els pisos intermedis, però les parets es mantenen en bona part o en la seva totalitat. Podem considerar diferents tipus d'edificacions:

- edificis (cases i esglésies populars) construïts amb morter i bigues de fusta.
- edificis (castells) construïts amb morter amb revestiment de pedra, que contribueix a augmentar la resistència. La separació entre pisos és de fusta, palla i rajoles d'argila.
- edificis (castells, catedrals i algunes esglésies i monestirs) construïts amb blocs de pedra amb dues variants de coberta:
 - volta gòtica: completament formada de pedra amb tramat de fusta i al damunt les teules.

- arcs diafragmàtics: arcs gòtics de pedra que suporten un sostre completament de fusta que aguanta les teules (per exemple el Palau Reial i el Saló del Tinell de Barcelona).

Considerem que les cases tenen classe de vulnerabilitat A-B, mentre que els castells, esglésies i monestirs corresponen a la classe B-C, tret dels casos en què disposem d'informació precisa complementària d'algun edifici que modifiqui la seva classe de vulnerabilitat.

En el cas de descripcions sobre efectes en el terreny (esquerdes, fumerols, pedres trencades, caigudes de pedres,...), o bé quan només es mencionen morts sense referència als edificis, el possible col·lapse dels quals haurien provocat les víctimes, seguint l'escala EMS-98, no s'assigna un valor d'intensitat. Tanmateix s'han tingut en compte aquestes descripcions com a informació complementària per confirmar o acotar valors d'intensitats de punts propers.

Cada valor d'intensitat puntual té associat un indicador relatiu del seu nivell de fiabilitat d'acord amb la tipologia de la font, el detall de les descripcions de danys i/o efectes dels terratrèmols, el nombre de descripcions, coincidents o no, la disponibilitat d'informació anterior al terratrèmol que permeti avaluar la tipologia i estat dels edificis, etc.

Un cop avaluada la intensitat en diferents punts i la seva qualitat, s'elaboren les isosistes. Els paràmetres macrosísmics, intensitat epicentral i epicentre, tenen també associat un índex de qualitat (A, més bona; D, més dolenta) que coincideix amb la definició del catàleg de sismes de França (SIRENE) que es pot consultar al llibre de Jérôme Lambert i Agnès Levret. A partir de la informació macrosísmica, mitjançant relacions empíriques, calculem l'energia alliberada en el focus (moment sísmic, M_0 , i magnitud moment, M_w) i la longitud de la ruptura.

3. Els terratrèmols del període 1427-1428

Durant els anys 1427 i 1428, Catalunya va ser sacsejada per una sèrie de terratrèmols molt intensos que van provocar danys a les edificacions, morts i pànic a la població. Els efectes més destructors van afectar el que actualment correspon a les comarques de la Selva, la Garrotxa, el Ripollès i la Cerdanya. Aquests terratrèmols presenten 4 fases culminants:

La seqüència sísmica de març-abril de 1427

La primera seqüència va tenir lloc al març-abril de 1427 entorn d'Amer. Segons la documentació, les primeres sotragades es van produir al final de febrer de 1427 i continuaren durant el mes de març, els dies 2, 3, 13, 14, 15, 19, 21 i 22. Tants moviments seguits van provocar el pànic i la majoria dels habitants d'Amer van anar a viure en tendes als afores. El fet que alguns sismes fossin molt propers en el temps va incrementar els danys, ja que molts edificis que van aguantar les primeres sotragades, van caure després per causa de les següents. A les descripcions no hi ha víctimes, probablement perquè la gent ja vivia fora de les seves cases a causa de la por. El sisme més important, el del 19 març, causà destrucció i desolació a la vall d'Osor i la vall d'Amer (figura 1). La intensitat epicentral és de VIII i la seva magnitud M_w de 5.9. Si bé menys intens, el 15 de març va tenir lloc un sisme que va provocar danys al monestir d'Amer i va centrar l'interès de la societat per la simbologia que representava. Després del 22 de març l'activitat va ser poc important, fins que va reprendre el 13 d'abril, i de

manera més intensa el 22 i 23 d'abril. Fou realment espectacular tot l'episodi que es va poder veure el dia 23 d'abril, conseqüència del terratrèmol de la nit passada del dia 22. Aquest havia provocat unes esquerdes en el terreny, molt a prop d'Amer, concretament en un lloc anomenat Lloret Salvatge. De les esquerdes van sortir emanacions de gasos tòxics, els quals van causar morts, fet que va causar un gran impacte en la societat en ser les primeres víctimes causades pels terratrèmols.

El terratrèmol del 15 de maig de 1427

Al maig de 1427, les sotragades es desplaçaren cap al nord, a la zona d'Olot i la vall d'en Bas. El terratrèmol del dia 15 de maig va causar danys greus a la vila d'Olot i 15 morts, i també va causar enderrocs a d'altres poblacions (figura 2). L'anàlisi de la documentació en el seu context històric condueix a fer una valoració cautelosa de les descripcions a la vila d'Olot. Tal com molt bé explica Xavier Puigverd en el seu llibre, hi ha una voluntat de la gent dirigida cap a la reconstrucció de la vila en un nou emplaçament, al costat de l'anterior, en lloc de reconstruir les cases al

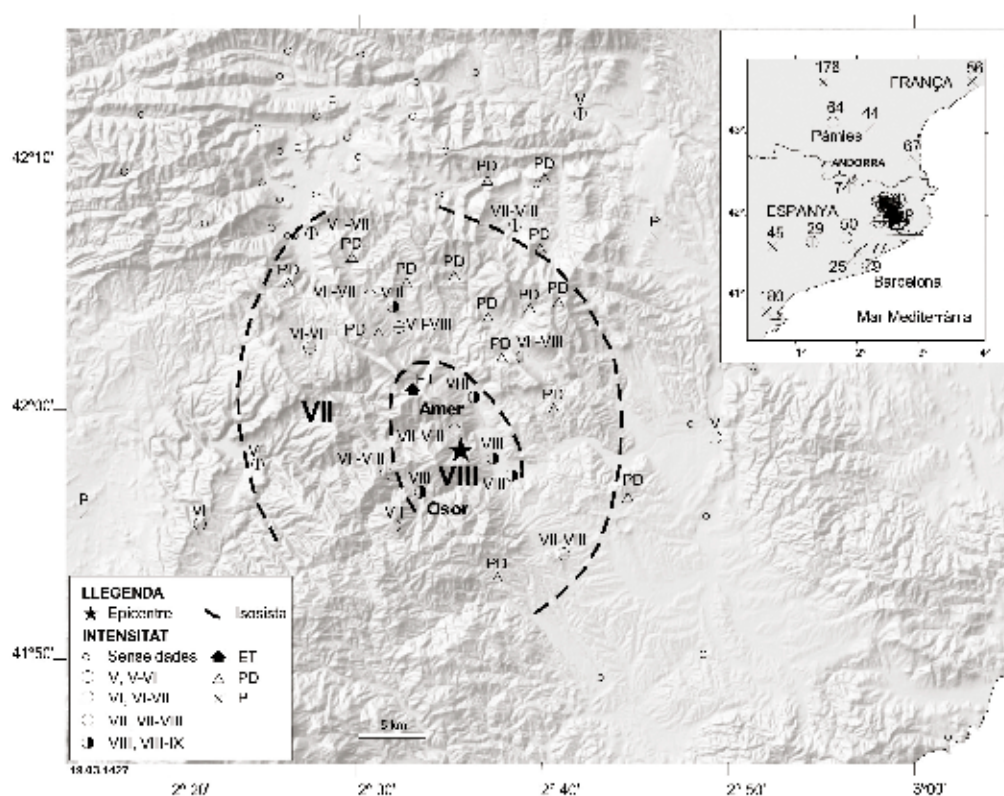


Figura 1: Mapa d'intensitats puntuals, epicentre i isosistes corresponent al terratrèmol del 19 de març de 1427. S'indiquen amb rodones buides les localitats referents a la seqüència sísmica de 1427 que no tenen dades per a aquest sisme. Nomenclatura: P (percepció), PD (probable dany), ET (efecte en el terreny).

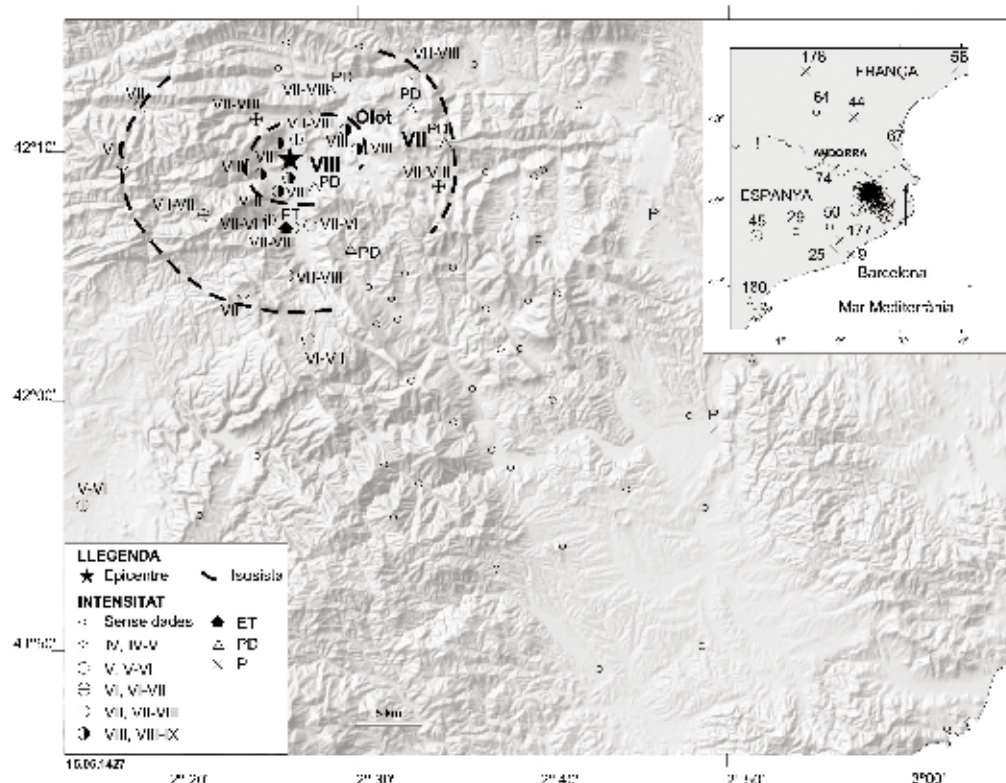


Figura 2: Mapa d'intensitats puntuals, epicentre i isosistes corresponent al terratrèmol del 15 de maig de 1427. S'indiquen amb rodones buides les localitats referents a la seqüència sísmica de 1427 que no tenen dades per a aquest sísm. Nomenclatura: P (percepció), PD (probable dany), ET (efecte en el terreny).

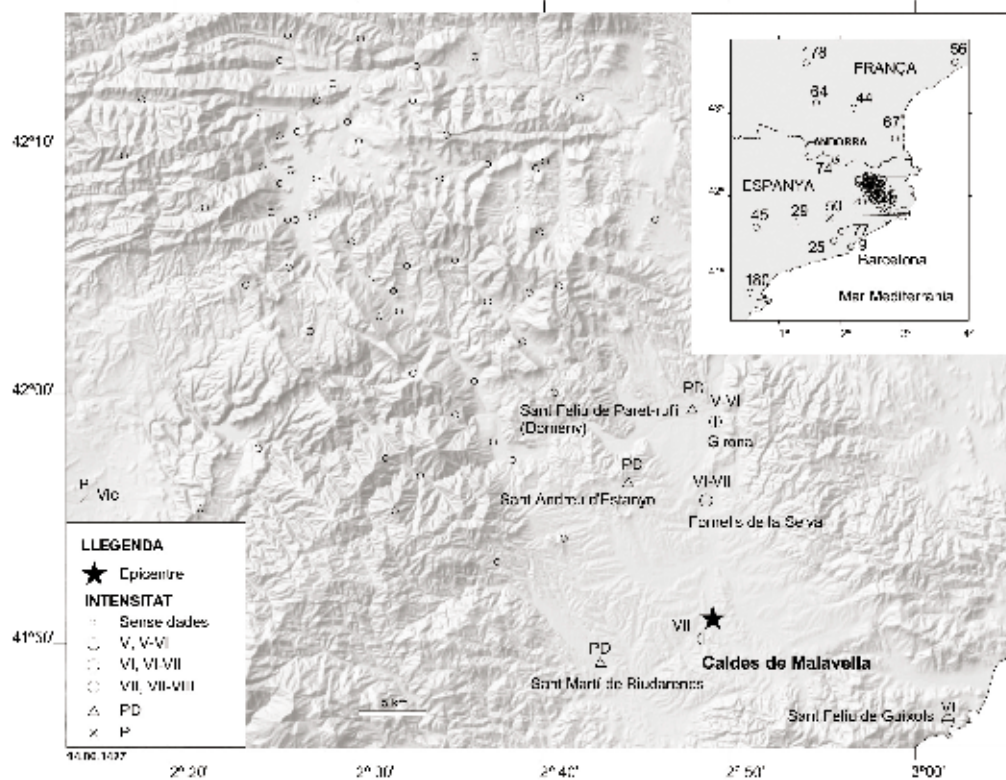


Figura 3: Mapa d'intensitats puntuals i epicentre corresponent al terratrèmol del 14 de juny de 1427. S'indiquen amb rodones buides les localitats referents a la seqüència sísmica de 1427 que no tenen dades per a aquest sísm. Nomenclatura: P (percepció), PD (probable dany).

mateix lloc, per tal d'aconseguir deslliurar-se de l'opressió de l'abat de Ripoll. Els interessos econòmics i polítics van fer que molt probablement les descripcions de destrucció fossin exagerades intencionadament per la gent d'Olot. Pensem que la vila no va quedar totalment destruïda, malgrat que va patir nombrosos danys. La intensitat epicentral d'aquest terratrèmol és VIII i la seva magnitud M_w de 5.8.

El terratrèmol del 14 de juny de 1427

Gràcies al treball de Carlos del Valle, publicat en el seu llibre el 1996, hem conegut l'existència d'alguns sismes succeïts al mes de juny a la zona de Girona. El del dia 14, el més intens, va produir danys a la meitat de la vila de Caldes de Malavella (figura 3). Aquest terratrèmol s'ha incorporat en el catàleg amb una intensitat epicentral de VII. L'escàs nombre de valors d'intensitat assignats no permet traçar isosistes. La magnitud esperada per aquest sisme seria de 5.3.

El terratrèmol del 2 de febrer de 1428

El darrer terratrèmol, el més virulent, es produí el 2 de febrer de 1428. Els Pirineus Orientals va ser la zona més devastada, i va ser percebut a França fins a uns 300 km de distància (figura 4).

Aquesta gran sacsejada va provocar més de 1.000 morts a Catalunya (taula 1).

Les sacsejades viscudes per la població durant l'any 1427 van fer que, quan va succeir el terratrèmol del 2 de febrer de 1428, el seu comportament estigués condicionat per la por. Alguns dels morts no van estar ocasionats per l'ensorrament dels edificis sinó pel pànic en intentar sortir de les esglésies, on estava la majoria de la població per a les celebracions del dia de la Candelera.

La localitat que va patir més intensament la sotragada va ser Camprodon, amb una intensitat de IX; d'altres poblacions, entre Puigcerdà i Besalú, van quedar danyades amb una intensitat VIII (figura 5). Algunes localitats que havien sofert danys durant la crisi sísmica de l'any 1427 van tornar a ser afectades pel terratrèmol del 2 de febrer del 1428; per tant, per a aquest sisme, algunes de les descripcions corresponen a l'acumulació d'efectes i només s'indica si hi ha dany o probable dany sense assignar valor d'intensitat. No obstant això, és important remarcar que la zona epicentral del sisme del 1428 no coincideix amb l'àrea de màxim dany del 1427, fet que sortosament permet avaluar la intensitat epicentral del terratrèmol del 2 de febrer de 1428 sense considerar efectes d'acumulació. La magnitud calculada M_w és de 6.5.

Topònim	Focs	Habitants	Nombre de morts	% població
Barcelona	7.645	30.580	uns 20	0.07
Bellpuig	151	604	13	2
Camprodon	196*	784	200	26
Castellfollit	60	240	80	36
Castelló d'Empúries	?	?	6	?
Girona	976	3.904	1	0.03
Montagut	?	?	molta gent	35
Olot	172	688	18	3
Puigcerdà	654	2616	300	11
Queralbs (parròquia)	41	164	gairebé tots (uns 150)	90
La Ral	?	?	9	?
Ripoll	174	696	1	0.14
Sant Joan de les Abadesses	58	232	40	17
Vall de Bas, la	130	520	molta gent (uns 180)	35
Vall de Bianya, la	95	380	molta gent (uns 130)	35

Taula 1: Estimació del nombre de morts ocasionats pel terratrèmol del 2 de febrer de 1428. S'ha considerat que "molta gent" correspon al 35% i "gairebé tots" al 90%. S'indica el topònim, el nombre de focs (*174 focs reials) corresponent a l'any 1378 extret del llibre d'Esther Redondo de l'any 2002, una estimació del nombre d'habitants (Habitants = focs x 4) i el percentatge de la població que representa.

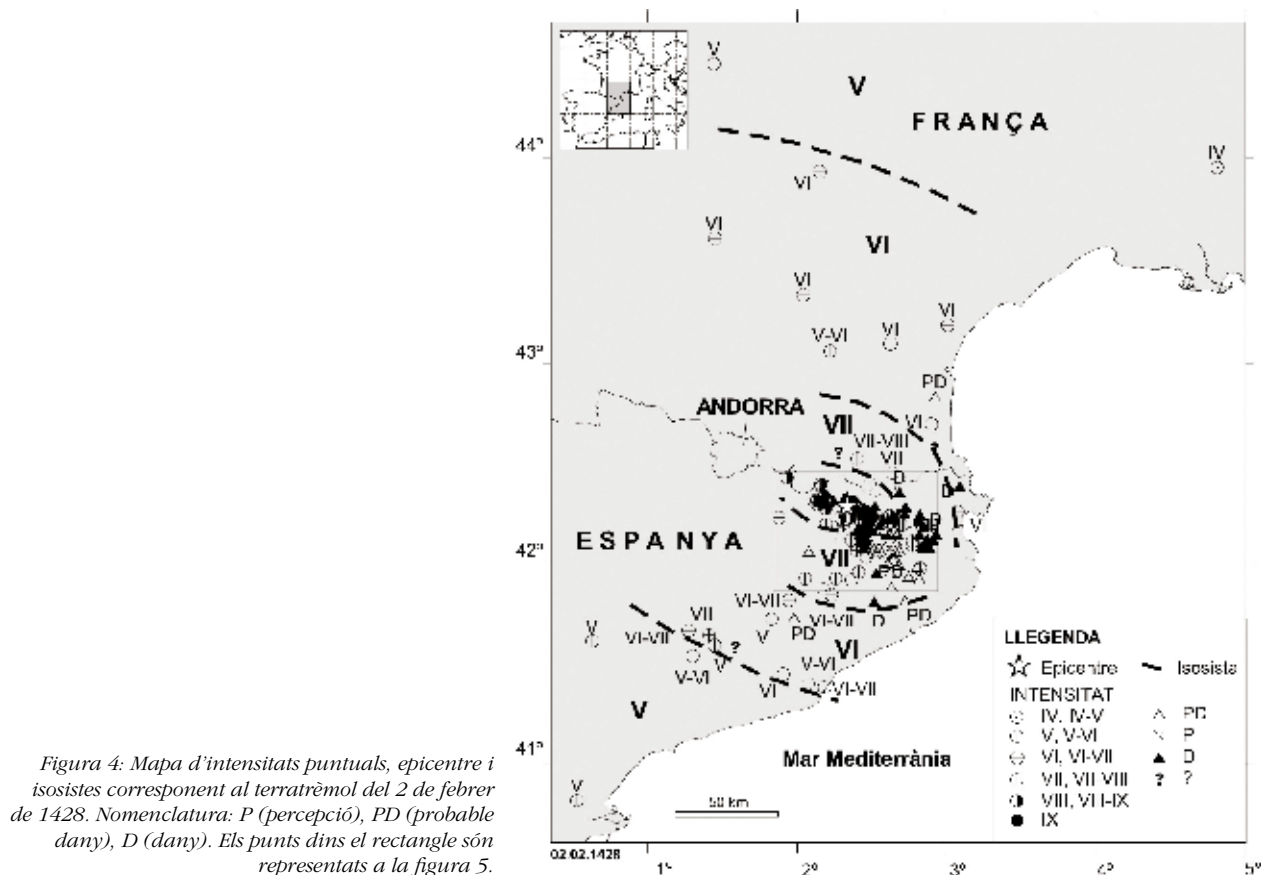


Figura 4: Mapa d'intensitats puntuals, epicentre i isosistes corresponent al terratrèmol del 2 de febrer de 1428. Nomenclatura: P (percepció), PD (probable dany), D (dany). Els punts dins el rectangle són representats a la figura 5.

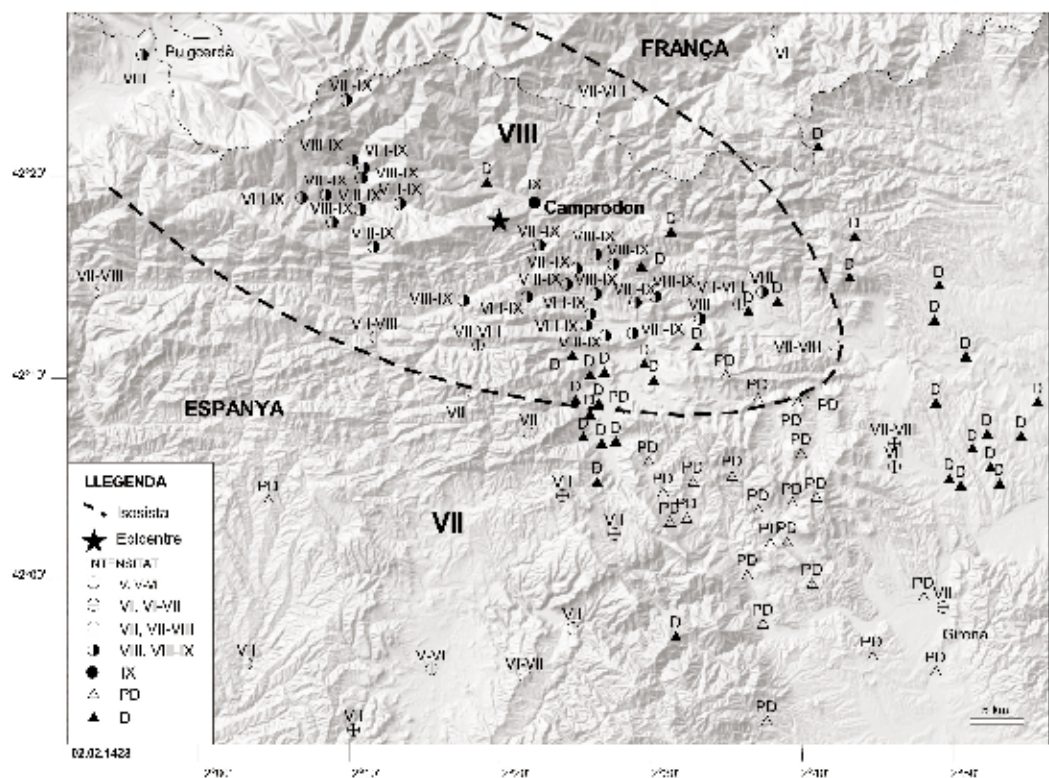


Figura 5: Mapa d'intensitats puntuals, epicentre i isosista de VIII de la zona epicentral del terratrèmol del 2 de febrer de 1428. Nomenclatura: PD (probable dany), D (dany). La zona correspon al rectangle indicat a la figura 4.

4. Conclusions

S'ha elaborat un catàleg dels terratrèmols succeïts als segles XIV i XV que conté l'epicentre i la intensitat epicentral, amb les seves respectives qualitats. A la vista de tota la investigació documental realitzada creiem que és altament improbable que existeixin, en la nostra àrea d'estudi,

terratrèmols baixmedievals amb $I_o > VII$ que no estiguin catalogats.

D'aquest catàleg es desprèn que els moviments sísmics més importants que s'han patit a Catalunya han estat els que varen succeir el 1373 a la zona de la Ribagorça-Vall d'Aran, i la seqüència del període 1427-1428 que afectà les terres de Girona (figura 6 i taula 2).

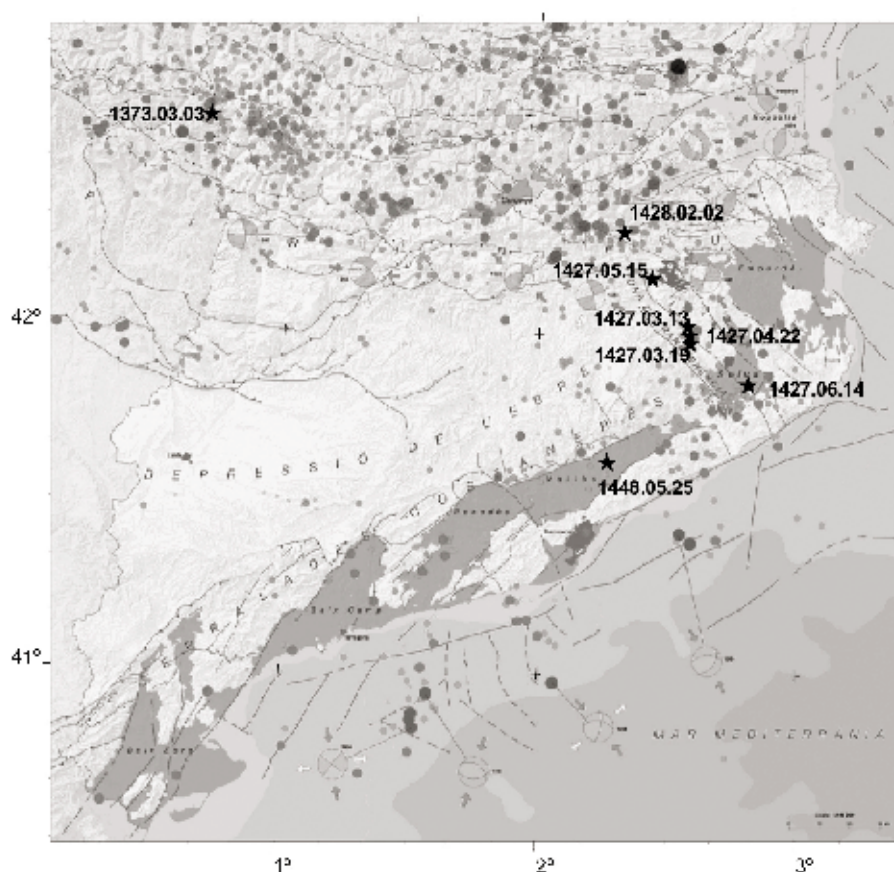


Figura 6: Situació dels epicentres corresponents als terratrèmols dels segles XIV i XV, amb $I_o > VI$. Es presenten sobre un mapa de sismicitat del període 1977-1997 i un fons estructural (ICC, 1999).

Data	Hora	Lat N	Lon E	Q_e	I_o	Q_i	h	M_w	M_o
1373.03.03	1-2	42°38'	0°41'	D	VIII-IX	C	15	6.2	2.56×10^{18}
1427.03.13	11	42°02'	2°35'	C	VI-VII	C		5.0	
1427.03.19	21	41°59'	2°35'	B	VIII	C	6	5.9	8.45×10^{17}
1427.04.22	22	41°59'	2°35'	B	VI-VII	C		5.0	
1427.05.15	15-16	42°10'	2°26'	B	VIII	C	<5	5.8	6.90×10^{17}
1427.06.14	12	41°51'	2°49'	C	VII	C		5.3	
1428.02.02	8-9	42°18'	2°20'	B	IX	C	9	6.5	5.50×10^{18}
1428.05.25	1	41°38'	2°17'	C	VII-VIII	C		5.6	

Taula 2: Terratrèmols baixmedievals amb $I_o > VI$ (EMS-98). Nomenclatura: Lat N (latitud Nord), Lon E (longitud Est), Q_e (qualitat de l'epicentre), I_o (intensitat epicentral), Q_i (qualitat de I_o), h (profunditat en km), M_w (magnitud moment), M_o (moment sísmic en N.m).

Els epicentres dels sismes de l'any 1427 mostren un alineament geogràfic que es correspon amb el sistema de falles d'Amer-Brugent, d'orientació NW-SE, que es perllonga des de la Garrotxa fins a la Selva (figura 6). El moviment d'aquest sistema de falles normals va generar una ruptura d'uns 9 km entorn d'Amer, atribuïda als sismes del mes de març, i una ruptura d'uns 8 km, més al nord, a la vall d'en Bas, a causa del sisme del 15 de maig. Atès l'escàs nombre de dades referents al sisme del 14 de juny, a la zona de Caldes de Malavella, no s'ha calculat la dimensió de la ruptura.

El terratrèmol de 1428, el més important de tots, tingué lloc als Pirineus orientals. La forma de les isosistes i la situació de l'epicentre entorn de Camprodon suggereixen que el terratrèmol de 1428 devia estar associat al sistema d'encavalcaments bassals d'orientació E-W que hi ha a l'àrea epicentral. Aquest sisme va produir una ruptura al llarg d'uns 18 km centrada a prop de Camprodon.

El coneixement dels terratrèmols ocorreguts en el passat és imprescindible per a l'elaboració de normatives de planificació del territori, especialment en regions de sismicitat moderada, com és Catalunya. Cal estendre, doncs, el període de temps d'observació dels terratrèmols a d'altres camps del coneixement. Per un costat, la recerca de sismes destructors, anteriors a l'època històrica, en el registre de ruptures en sediments recents (menys de 2 milions d'anys) podria aportar dades sobre el període de retorn, i per altra banda, la

quantificació de les deformacions actuals permetria conèixer on s'acumula l'energia, és a dir, les àrees susceptibles de produir terratrèmols destructors en el futur.

Carme Olivera Lloret

*Cap d'equip de Xarxa Sísmica
Institut Cartogràfic de Catalunya*

Esther Redondo García

Historiadora, Institut Cartogràfic de Catalunya

Jorge Fleta Pastor

Geòleg, Institut Cartogràfic de Catalunya

Bibliografia

1. FONTSERÈ, E., IGLÉSIES, J.: *Recopilació de dades sísmiques de les terres catalanes entre 1100 i 1906*, 547 p. Fundació Salvador Vives Casajuana. Barcelona, 1971.
2. LAMBERT, J., LEVRET-ALBARET, A (ed.): *Mille ans de séismes en France. Catalogue d'épicentres: paramètres et références*, 80 p. Ouest Editions. Presses Académiques. Nantes, 1996.
3. OLIVERA, C., REDONDO, E., LAMBERT, J., RIERA MELIS, A., ROCA, A.: *Els terratrèmols dels segles XIV i XV a Catalunya*, 407 p. ICC. Barcelona, 2006.
4. PUIGVERT, X.: *La reconstrucció de la vila d'Olot després dels terratrèmols (1427-1433)*, Col·lecció Beques Ciutat d'Olot/1, 176 p. Arxiu Històric Comarcal d'Olot i Museu Comarcal de la Garrotxa. Olot, 1996.
5. REDONDO GARCÍA, E.: *El fogatjament general de Catalunya de 1378*, 528 p. CSIC. Barcelona, 2002.
6. VALLE, C. Del: *Los terremotos de Girona de 1427 en la fuente hebrea*, 133 p. Aben Ezra Ediciones/Ajuntament de Girona. Girona, 1994.



Organitza



Els terratrèmols i com reduir els seus efectes

conferència:

A càrrec dels senyors:

Alex Barbat Catedràtic d'estructures de la Universitat Politècnica de Catalunya

Antoni Roca Director de l'Institut Geològic de Catalunya

Xavier Goula Responsable de sismologia de l'Institut Geològic de Catalunya

Presentaran l'acte els senyors:

Ernest Oliveras President del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona

Miquel Matas President del CECAM

Dijous, 25 de maig a les 19.30 hores

Sala d'actes del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona