

L'ACTIVITAT NEOTECTÒNICA A LES CADENES COSTANERES CATALANES

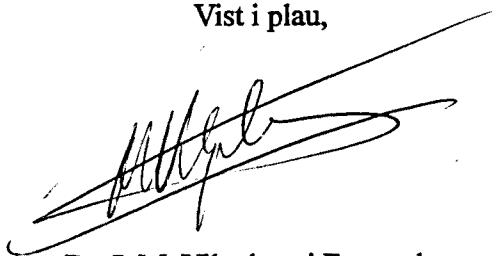
Eulàlia Masana

*Departament de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia
Universitat de Barcelona*

1995

Tesi presentada per Eulàlia Masana Closa
per a optar al grau de doctor en geologia
Barcelona, Setembre de 1995

Vist i plau,



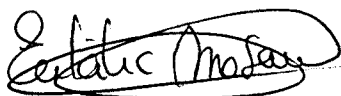
Dr. J. M. Vilaplana i Fernandez
Director de la tesi

Vist i plau,



043 MASANA CLOSA
Dr. J. Guimerà i Rosso
Director de la tesi

BIBLIOTECA DE GEOLOGIA
Universitat de Barcelona-CSIC



Eulàlia Masana Closa

4. LA SISMICITAT

4.1. INTRODUCCIÓ

4.2. LA SISMICITAT AL SECTOR E DE LA PENÍNSULA IBÈRICA

4.3. LA SISMICITAT A LES CADENES COSTANERES CATALANES

Resum

L'anàlisi de la sismicitat és útil en els estudis de neotectònica ja que aporta dades sobre les característiques de la tectònica activa que té lloc en una zona. Se'n pot extreure informació sobre el tipus de falles que són actives, la localització d'aquestes i la importància de l'activitat tectònica. Les dades de sismicitat poden ser instrumentals, és a dir recollides per sismògrafs, o macrosísmiques, és a dir calculades mitjançant l'anàlisi dels efectes en superfície del sisme. Les dades instrumentals no són suficients en la majoria dels casos per a analitzar l'activitat tectònica d'una zona ja que el període de retorn d'alguns terratrèmols pot ser major al període del que es té informació en el catàleg i per tant fa falta analitzar les dades de macrosísmica, i inclús en alguns casos les de paleosismicitat. Així he realitzat una síntesi de les dades de sismicitat existents a la bibliografia per tal d'interpretar-les dins un marc neotectònic.

La sismicitat a l'E de la Península Ibèrica es considera moderada a baixa. La distribució d'epicentres mostra dues grans zones sísmiques, el Pirineu i la zona Costanera Catalana. A la depressió de l'Ebre la sismicitat es pot considerar inexistent.

El catàleg de sismicitat de les Cadenes Costaneres Catalanes comença al segle XII amb dades de macrosismicitat, entre les que destaquen, a la zona d'estudi, el terratrèmol de Tivissa (1845) d'intensitat VI i el del Montseny (1927) d'intensitat VII. Les dades instrumentals mostren una distribució semblant a les dades de macrosísmica, amb una agrupació d'epicentres al N on la quantitat de sismes és més gran, amb magnituds entre 1 i 4, i una agrupació de sismes al S amb menys quantitat de sismes tot i que hi predominen els de magnitud alta (4). La profunditat dels sismes no supera en cap cas els 10 km.

Així, tot i que la sismicitat a la zona no és molt intensa, es pot afirmar que la presència de simes és constant, i que aquests demostren l'existència d'activitat tectònica a la zona.

4.1. INTRODUCCIÓ

L'existència de sismicitat en una zona està estretament lligada a l'activitat tectònica. Així, en un estudi neotectònic no hi pot faltar una descripció dels trets sísmics de la regió estudiada. Per una banda aquesta sismicitat indica l'existència d'activitat tectònica en una zona i per l'altra aporta informació de les característiques tectòniques de la deformació que hi té lloc. Així, el càlcul del mecanisme focal indica els tipus de falla que poden haver produït un terratrèmol, la situació del focus en l'espai permet localitzar la fractura activada, i el càlcul de l'energia alliberada permet valorar la importància de l'esdeveniment.

Es pot afirmar que, a part d'alguns sismes menors d'origen volcànic, els terratrèmols són produïts per la propagació ràpida i catastròfica d'una fractura de la litosfera (Madariaga 1986). Reid (1910) proposà la teoria del rebot elàstic per explicar els mecanismes d'un sisme. Aquesta teoria sosté que una roca sotmesa a un esforç pot arribar a acumular tensió elàstica fins a un llindar; superat aquest llindar, l'energia elàstica acumulada s'allibera bruscament en forma d'ones elàstiques i d'energia no elàstica (aquesta es dissipa principalment en el focus del terratrèmol en forma de calor). L'esforç al que queda sotmesa la zona després de l'alliberament d'energia és menor que l'inicial. La diferència entre l'esforç acumulat abans i després del terratrèmol s'anomena caiguda d'esforç. La major part de la deformació es produeix durant la caiguda d'esforç i s'anomena deformació cosísmica, mentre que la resta de deformació, que es produeix entre sisme i sisme, i que és de molta menys intensitat, s'anomena deformació presísmica.

És ben sabut que els moviments relatius entre les plaques litosfèriques provoquen l'acumulació d'esforços a les seves vores (Isacks et al. 1968). Aquesta energia acumulada s'allibera o bé de forma brusca, produint els terratrèmols, o bé de forma gradual, mitjançant processos de *creep* (deformació asísmica). Així, els límits de placa actius són els principals causants de sismes. Cal fer notar que la sismicitat no té les mateixes característiques en tots els contextos. Així, en les zones d'extensió l'activitat sísmica és superficial i de magnitud moderada, en les zones de convergència la magnitud és alta i la profunditat és indiferenciadament superficial o profunda, i en zones de moviment direccional els sismes són de magnitud elevada i poca fondària (Udías i Mézcua, 1986).

Actualment, en terratrèmols enregistrats per diverses estacions sísmiques distribuïdes al voltant de l'epicentre, els sismòlegs poden calcular la posició del focus del terratrèmol, la quantitat d'energia alliberada i el moviment relatiu entre els dos blocs de la falla que ha ocasionat el sisme. Això es realitza mitjançant el registre de les ones produïdes pel sisme. Aquestes dades són de gran utilitat en els estudis de tectònica activa, ja que permeten localitzar les estructures actives, i determinar la quantitat i el tipus de deformació que produeixen.

L'estudi dels paràmetres d'un terratrèmol ha evolucionat molt. Així, fins a la implantació dels sismògrafs, a principis de segle, al sector NE de la Península Ibèrica, la localització i mesura de la mida d'un terratrèmol es realitzava mitjançant l'observació dels efectes del terratrèmol en superfície. Mitjançant escales que graduen la intensitat dels efectes es dibuixen mapes d'isosistes, és a dir, corbes que separen zones amb diferent grau d'intensitat, i en aquests mapes es poden situar les àrees que han sofert més danys i que s'atribueixen a la zona de l'epicentre. Aquest tipus de dades se segueixen utilitzant encara actualment com a complement de les dades instrumentals i s'anomenen dades de macrosísmica. Les dades instrumentals, en canvi, permeten mesurar l'energia alliberada pel terratrèmol, a partir de l'amplitud de l'ona enregistrada o de la durada del registre; en aquest cas s'utilitza una escala de magnitud. La mesura de l'energia alliberada, a part de ser més fàcilment quantificable, elimina el problema que introduïa la fondària de l'hipocentre, ja que els efectes en superfície de terratrèmols d'igual magnitud amb el focus a diferents fondàries són molt diferents.

Per altra banda, un catàleg sísmic d'una zona suficientment llarg permet en alguns casos realitzar estudis de recurrència aplicables a estudis del risc sísmic. Malauradament els catàlegs sísmics disponibles de la majoria de les zones on es pateixen els efectes de terratrèmols destructius no són suficientment llargs per al període instrumental i, en molts casos, tampoc ho són per al període històric (macrosismicitat).

Les dades microtectòniques, de mecanismes focals i mesures d'esforç *in situ* a la Mediterrània occidental indiquen una convergència actual entre les plaques africana i euroasiàtica (Dewey et al. 1973, Tapponnier 1977, Vegas 1985, 1991) segons un moviment N-S a NNW-SSE. A aquesta convergència s'ha d'afegir un moviment direccional dextrògir del límit de placa (fractura Açores-Gibraltar) degut a un avanç a diferents velocitats de les dues plaques cap a l'E produït per l'obertura de l'Atlàntic.

La sismicitat a la Península Ibèrica es concentra principalment a la vora S (fig. 4.1), on s'ha definit el contacte entre les plaques euroasiàtica i africana. També s'observa sismicitat en d'altres zones, que Vegas (1985) agrupa en les franges que es mostren a la fig. 4.2. Tot i que la deformació es concentra a les vores de placa, la disposició favorable de fractures preexistents pot ocasionar deformació en zones d'intraplaca, tal com passa a la Península Ibèrica en zones com la Cadena Ibèrica, la zona portuguesa i les Cadenes Costaneres Catalanes. A tota aquesta zona de deformació produïda pel moviment relatiu entre Euràsia i Àfrica se l'anomena la zona Ibero-Mogrebí.

Les Cadenes Costaneres Catalanes se situen entre la franja sísmica del Pirineu i la del Gran Atlas-Llevant espanyol. És una zona de deformació intraplaca en la que la disposició de les fractures preexistents permet la presència de sismes actuals. A continuació ~~es~~ sintetitzo la sismicitat del sector E de la península, context en que se situen les Cadenes Costaneres Catalanes i, posteriorment, descriuré les dades sísmiques de la zona estudiada.

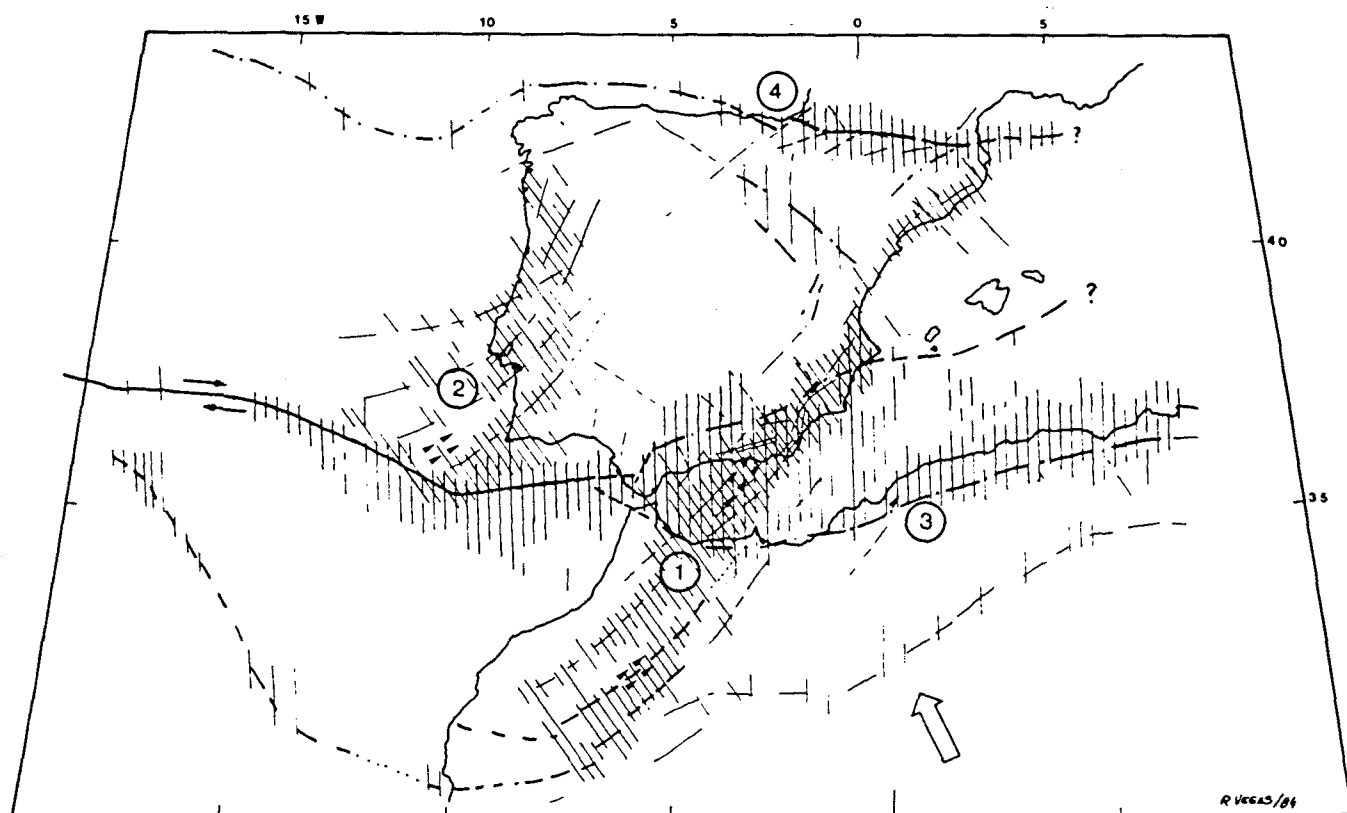


Fig. 4.2. Franges de sismicitat i dinàmica actual de la zona Íbero-Mogrebi (Vegas 1985). En ratllat vertical s'indiquen les zones sísmiques subparalel·les als contactes de placa i amb ratllat inclinat les zones obliqües a les vores de placa. 1. zona sísmica del Gran Atlas-Llevant espanyol. 2. zona sísmica del SW de la Península Ibèrica. 3. zona sísmica nord-africana. 4. zona sísmica dels Pirineus - Cantàbric.

Fig. 4.2. Fringes of seismicity and actual dynamics of the area Ibero-Mogrebi (Vegas 1985). The seismic zones subparallel to the contacts of the plate are indicated by vertical lines and the seismic zones oblique to the edge of the plate are indicated by inclined lines. 1. seismic zone of the Spanish Gran Atlas-Llevant. 2. seismic zone of SW of the Iberian peninsular. 3. north african seismic zone. 4. the Cantabric-Pyrenees seismic zone.

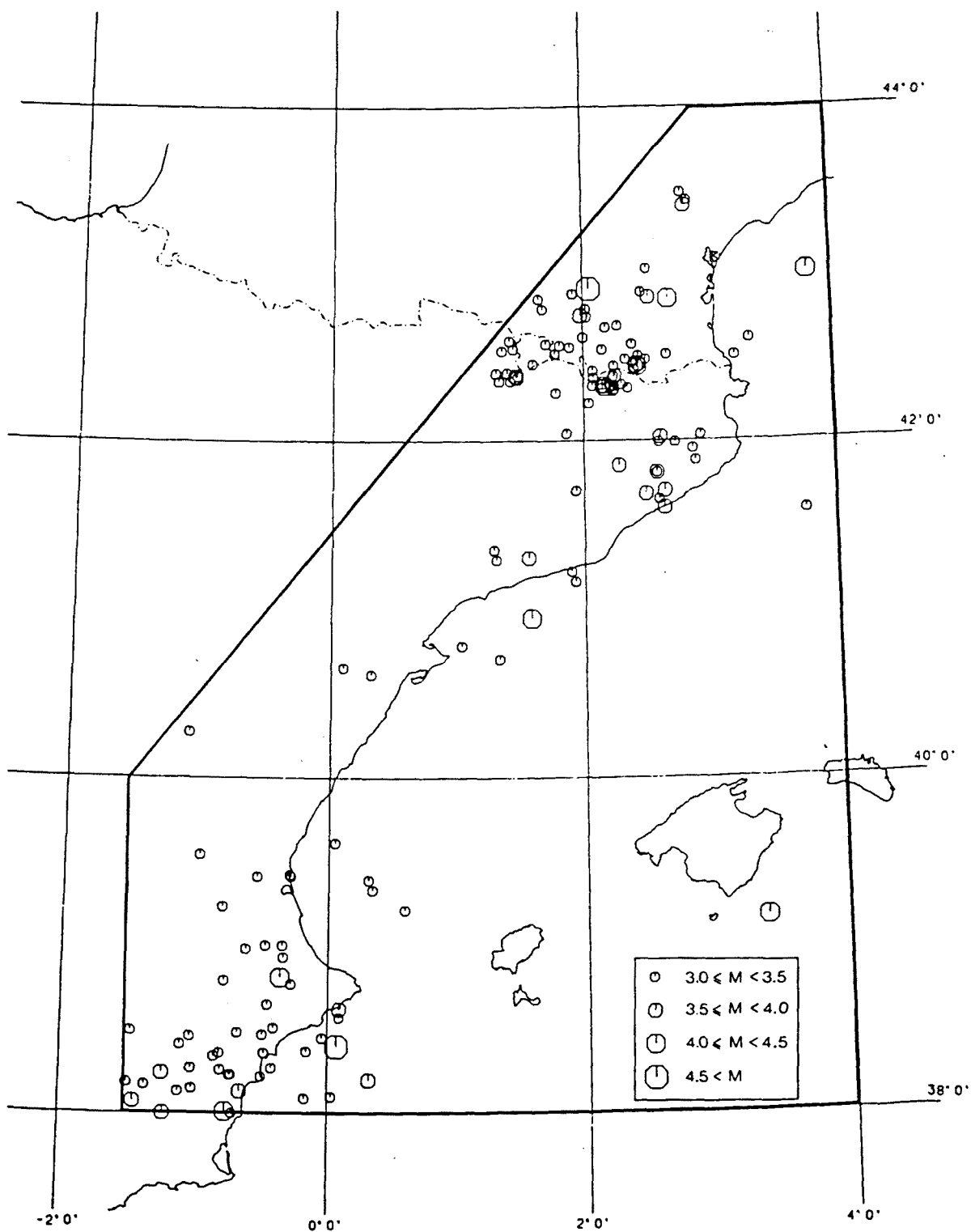


Fig. 4.3. Sismicitat instrumental a la zona del Llevant espanyol corresponent al període 1978-1989 (Olivera et al. 1992). La magnitud s'expressa en escala local.

Fig. 4.3. Instrumental seismicity at the Spanish-Llevant zone corresponding to the period 1978-1989 (Olivera et al. 1992). The magnitude is expressed in the local scale.

4.2. LA SISMICITAT AL SECTOR E DE LA PENÍNSULA IBÈRICA

La sismicitat al solc de València i sector E de la península es distribueix clarament en dues grans zones, una al N, que inclou el Pirineu i la zona litoral catalana i una al S, a la Serralada Bètica, que ja forma part de la franja del Gran Atlas-Llevant espanyol (figs. 4.3 i 4.4). L'àrea de València situada entre aquestes dues zones es pot considerar amb sismicitat pràcticament nul·la. A la zona N, la sismicitat no és homogènia sinó que es reparteix en dos grans dominis, el Pirineu i la franja litoral, mentre que la depressió de l'Ebre no s'han enregistrat pràcticament terratrèmols.

El primer sismògraf que s'instal·là a Catalunya fou a l'any 1905 a l'observatori de l'Ebre i seguidament, al 1907 s'instal·là el de l'observatori Fabra, a Barcelona i al 1914 el d'Alacant. Així les dades de sismicitat de la zona són macrosísmiques per al període anterior a aquests anys i es disposa de dades instrumentals a partir de principis de segle. A continuació es descriuen de forma sintètica les dades publicades referents a la macrosismicitat i posteriorment les instrumentals.

4.2.1. LA MACROSISMICITAT

Les primeres cites sobre terratrèmols són del segle XII, tot i que, fins al segle XIV, la informació és tan poca i poc concreta que no es pot tenir en compte en els catàlegs sísmics. Per altra banda, tot i que l'any 1904 s'instal·là el primer sismògraf, les dades instrumentals no es poden considerar homogènies ni la instrumentació prou sensible fins a l'any 1979 (Sánchez Contador et al. 1990, Olivera et al. 1992, Roca i Suriñach 1982, Susagna 1990) i, per tant, en aquest període encara s'utilitzen principalment les dades macrosísmiques per a la caracterització dels terratrèmols. Així, es poden distingir dos grans períodes, el primer, fins a principis del segle XX, durant el que la sismicitat només quedà enregistrada en els relats històrics i el segon, entre 1904 i 1979 en que ja es disposà de dades instrumentals, tot i que la instrumentació no és prou sensible i per tant s'utilitzen encara les dades de macrosismicitat. Diversos autors han realitzat revisions de les dades històriques entre els quals cal destacar Fontserè i Iglésies (1971), Roca i Suriñach (1982), Mezcua i Martínez-Solares (1983), Muñoz i Udías (1982).

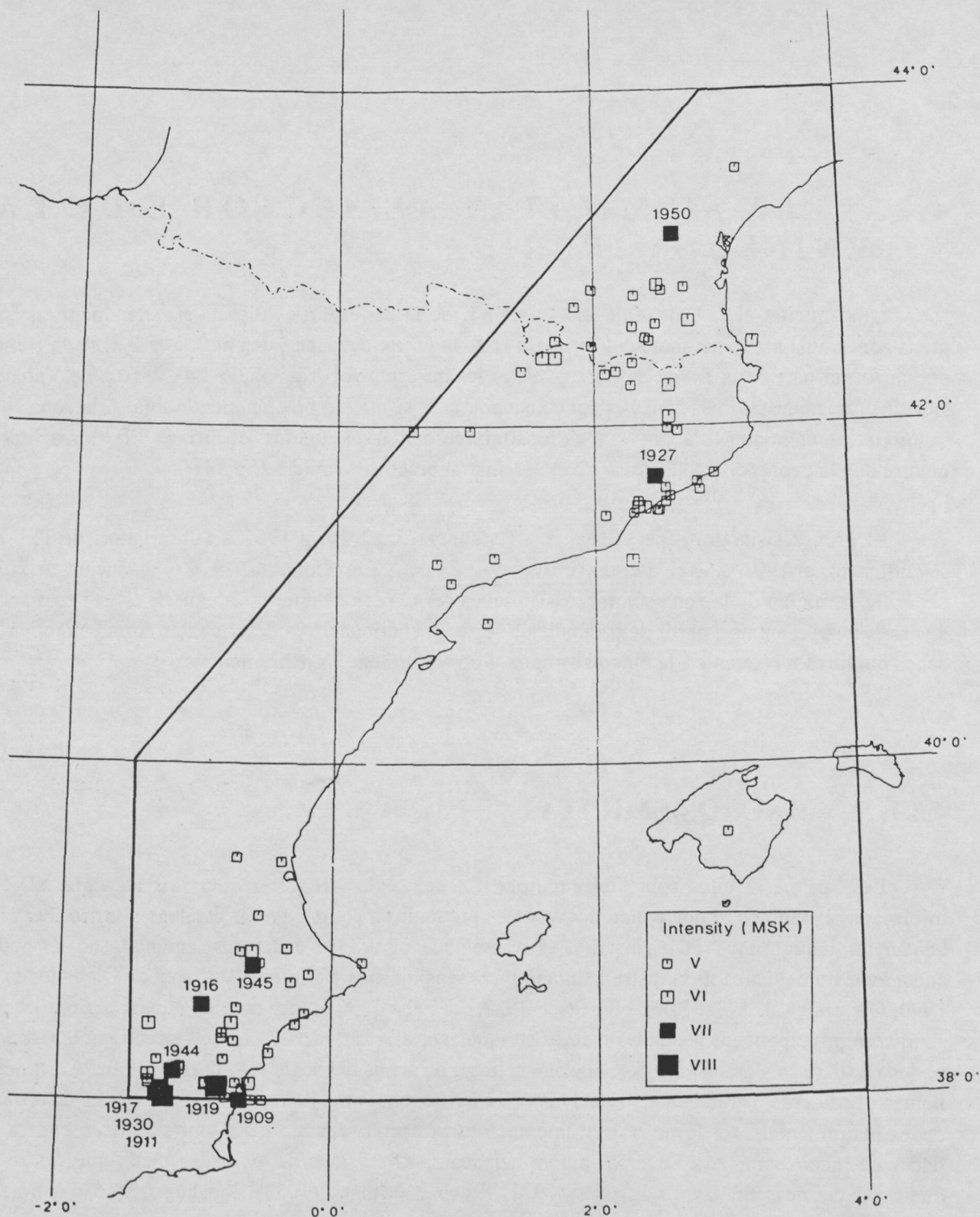


Fig. 4.4. Macrosísmica de la zona del Llevant espanyol corresponent al període 1907-1989. Nomès s'han representat els epicentres de terratrèmols d'intensitat major a V (MSK). Per als terratrèmols d'intensitat major o igual a VII s'indica l'any d'ocurrència. (Olivera et al. 1992). S'observen clarament dues grans zones de sismicitat més accentuada, al N corresponent al Pirineu i la zona costanera catalana i al S, amb major intensitat, corresponent a la zona de la serralada Bètica. La zona de València, situada entre les dues anteriors, no mostra sismicitat.

Fig. 4.4. Macro seismic of the Spanish-Llevant zone corresponding to the period 1907 - 1989. Only the epicentres of intensity greater than V have been represented (MSK). For the earthquakes of intensity greater or equal to VII indicating the year of occurrence. (Olivera et al. 1992). It clearly shows the two largest most accentuated zones of seismicity, at the N corresponding to the Pireneus and the catalan coastal zone and to the S, with major intensity, corresponding to the Betic mountain range zone. The Valencia zone, situated between the two mentioned, shows no seismicity.

4.2.1.1. PERÍODE 1100-1900.

Ja s'ha comentat que les dades no es consideren com a vàlides fins al segle XIV. A continuació es fa un repàs de la sismicitat en tres períodes diferents en què les dades han estat més estudiades:

Segles XIV-XV. Durant aquest període l'activitat sísmica fou important a la zona (Olivera et al. 1991). A la fig. 4.5 es mostren els sismes corresponents a aquest període recollits per Roca i Suriñach (1982). Tant Fontserè i Iglésies (1971) com Munuera (1963) indiquen l'existència de diversos terratrèmols d'intensitat IX o X. En destaquen dues grans sèries sísmiques:

- Sèrie sísmica de 1373. Fontserè i Iglésies descriuen una sèrie de tres grans terratrèmols, un d'intensitat IX (MSK) i dos d'intensitat VIII (MSK). Estudis posteriors (Olivera et al. 1990a) demostren l'existència de duplicacions i falsos terratrèmols en la sèrie. Així, s'ha deduït que només un terratrèmol d'intensitat IX tingé lloc als Pirineus Centrals l'any 1373 (fig. 4.6).

- Sèrie sísmica de 1427-1428. Fontserè i Iglésies citen l'existència de 37 esdeveniments sísmics entre febrer de 1427 i desembre de 1428, vuit d'ells d'intensitat VIII (MM) o més. Dels tres més destructius, un dels quals s'anomena de la Candelera, dos tingueren lloc a la falla d'Amer-Brugent (NW-SE) i el tercer a l'encavalcament de Ribes-Camprodon (Olivera et al. 1990b), al Pirineu oriental (fig. 4.7).

Segles XVI-XVII. Durant aquest període la sismicitat degué ser molt baixa ja que els relats històrics en mencionen poques incidències (Olivera et al. 1991).

Segle XVIII. Fontserè i Iglésies indiquen l'existència de 64 terratrèmols durant aquest segle, dels que Roca et al. (1990) troben que 33 no es poden considerar com a esdeveniments sísmics. Tan sols 11 es consideren reals. Les intensitats no superen el grau VIII.

Segle XIX. En el catàleg revisat de Roca i Suriñach (1982) tan sols apareixen dos esdeveniments destacables. Un terratrèmol a Tivissa, que aquests autors consideren que fou de grau VI i que es comenta més extensament més endavant, i un terratrèmol al Pirineu que Munuera (1963) considera d'intensitat VIII i Fontserè i Iglésies (1971) d'intensitat VII.

4.2.1.2. PERÍODE 1907-1979

Les dades de Fontserè i Iglésies han estat reinterpretades per Sánchez Contador et al. (1990) amb resultats bàsicament semblants. Les intensitats màximes observades durant aquest període són VII-VIII (MSK)(fig. 4.4).

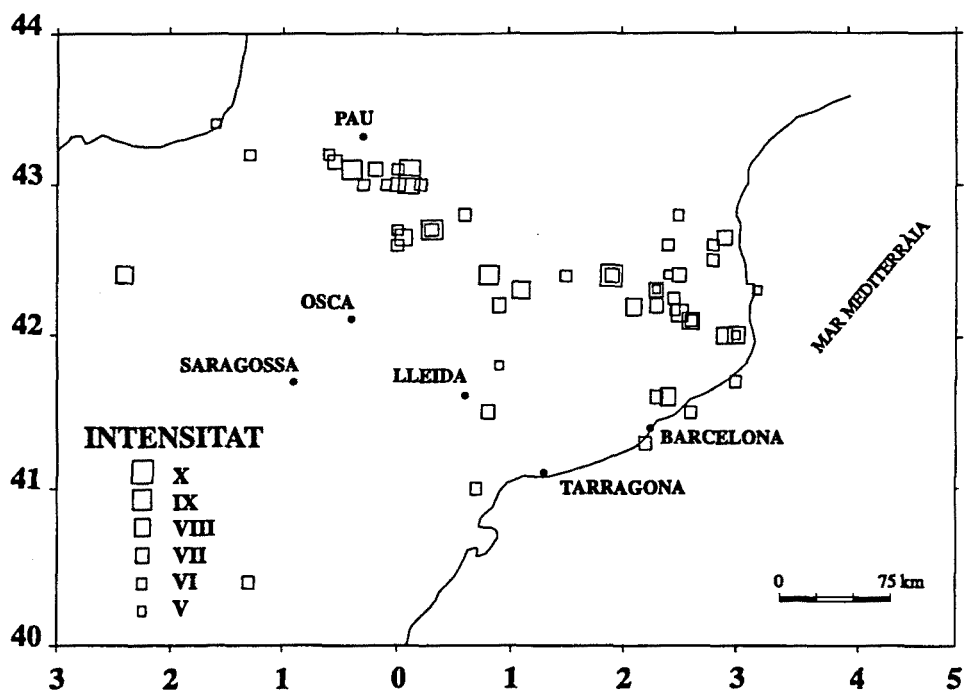


Fig. 4.5. Macrosismicitat del NE de la Península Ibèrica corresponent al període històric entre 1100 i 1906 (any de la instal·lació dels primers sismògrafs). Els terratrèmols més importants es concentren al Pirineu, on la intensitat màxima estimada és de X. A la zona costanera catalana s'observa també sismicitat tot i que molt menor que la del Pirineu. (De Roca i Suriñach 1982).

Fig. 4.5. Macroseismicity of the NE of the Iberian Peninsula corresponding to the historic period between 1100 and 1906 (year of the installation of the first seismographs). The most important earthquakes are concentrated in the Pirineus, where the estimated maximum intensity is of X. At the Catalan coastal zone its seismicity is also observed although more minor than the Pirineus. (from Roca and Surinach 1982).

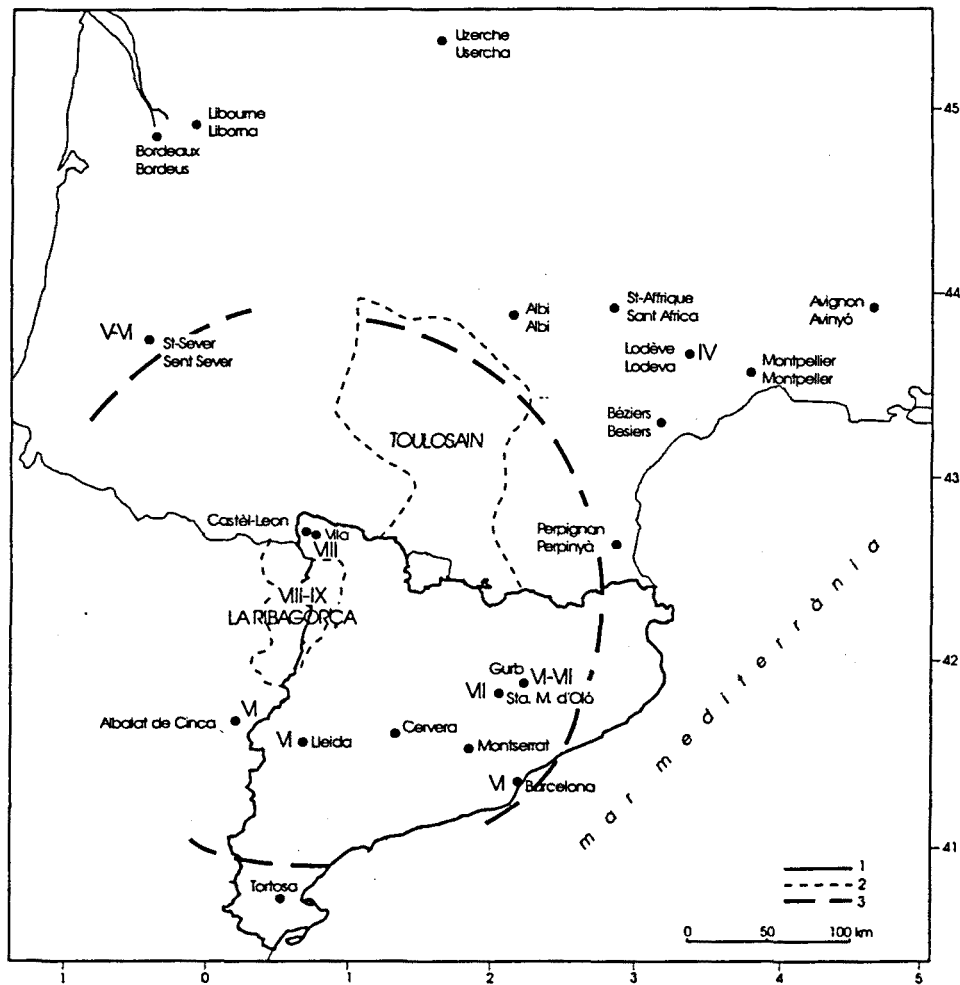


Fig. 4.6. Situació de les localitats d'on es té informació històrica sobre els efectes del terratrèmol de 1373. 1. límits actuals de Catalunya. 2. límit de comtat o de territoris històrics. 3. trams de la isosista de grau IV (De Olivera et al 1994).

Fig. 4.6. Situation of the localities where there is historic information of the earthquake effects of 1373. 1. actual limits of Catalunya. 2. county limits or territories of historic territories. 3. sections of the isosismic degree IV (from Olivera 1994).

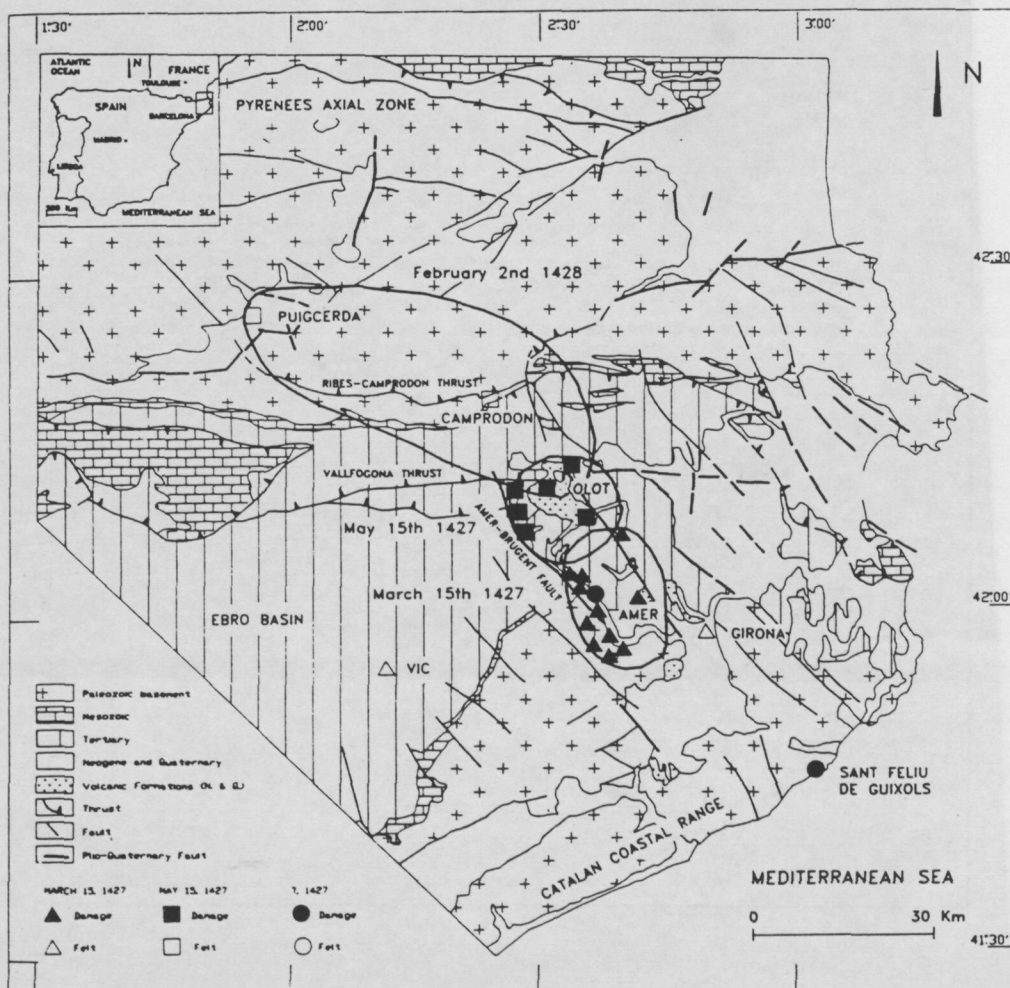


Fig. 4.7. Situació de les localitats on es notaren els efectes o se sentiren els diferents esdeveniments sísmics de la sèrie sísmica de 1927-1928, sobre un mapa geològic simplificat. (Olivera et al. 1990).

Fig. 4.7. Situation of the localities where the effects of the different seismic events of the seismic serie of 1427 -1428 were noticed or felt, on a simplified geological map. (Olivera et al. 1990).

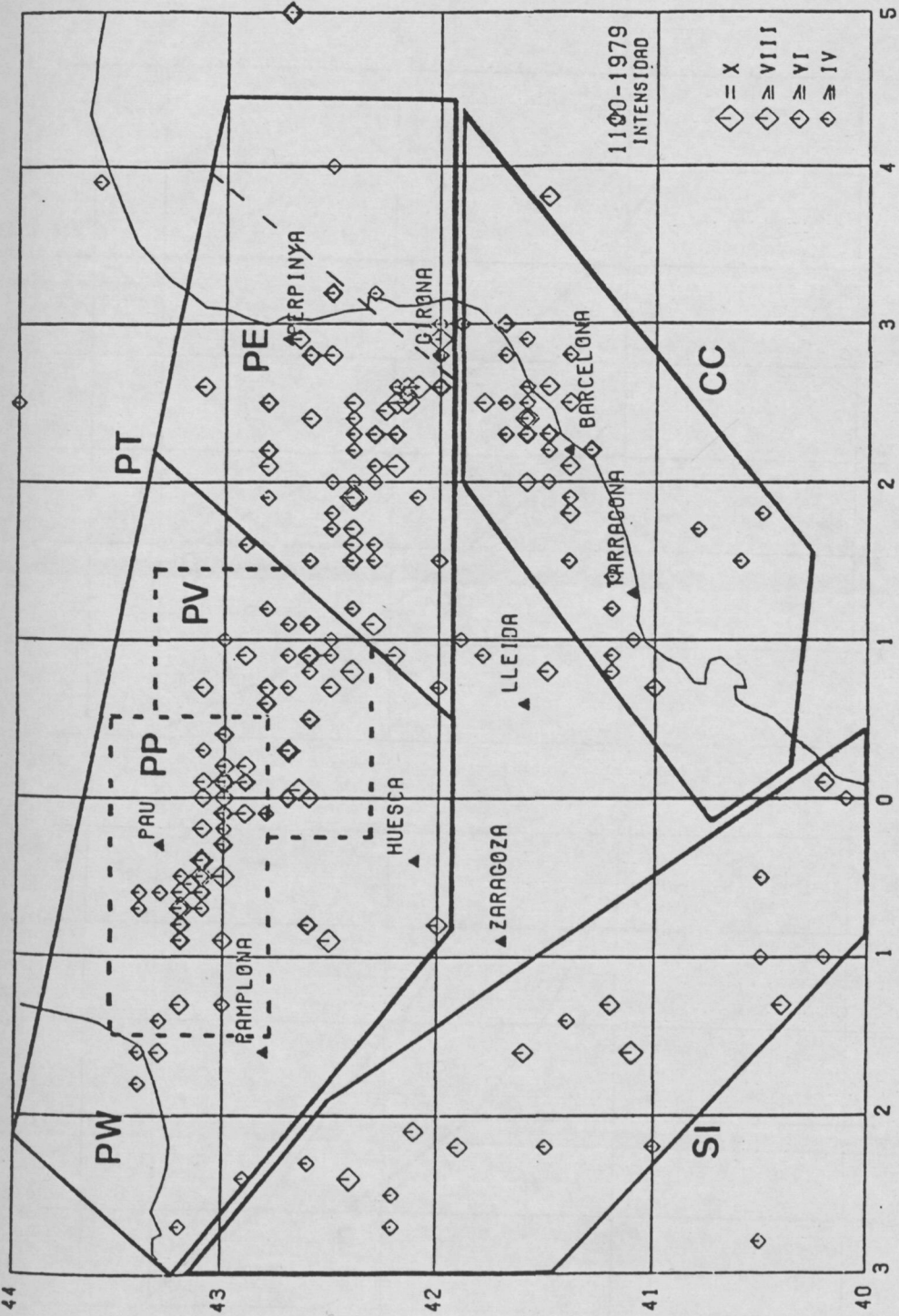


Fig. 4.8. Zonació sismotectònica a partir de la macrosísmica del període 1100-1979 proposada per Roca i Surinach (1982). El Pirineu, amb la major concentració de dades de sismicitat històrica, és dividit en diverses zones. S'observa una franja de sismicitat a la zona costanera catalana (CC) i a la serralada Ibèrica (SI), franges que delimiten l'absència de sismicitat de la conca de l'Ebre.

Fig. 4.8. Seismotectonic zoning obtained from the macrosismic of the period 1100-1979, proposed by Roca and Surinach (1982). The Pirineu, with the major concentration of historic seismic data is divided into diverse zones. One can observe a seismic strip at the catalan coast zone (CC) and at the Iberica mountain range (SI), strips which define the limits of seismic absence in the Ebre basin.

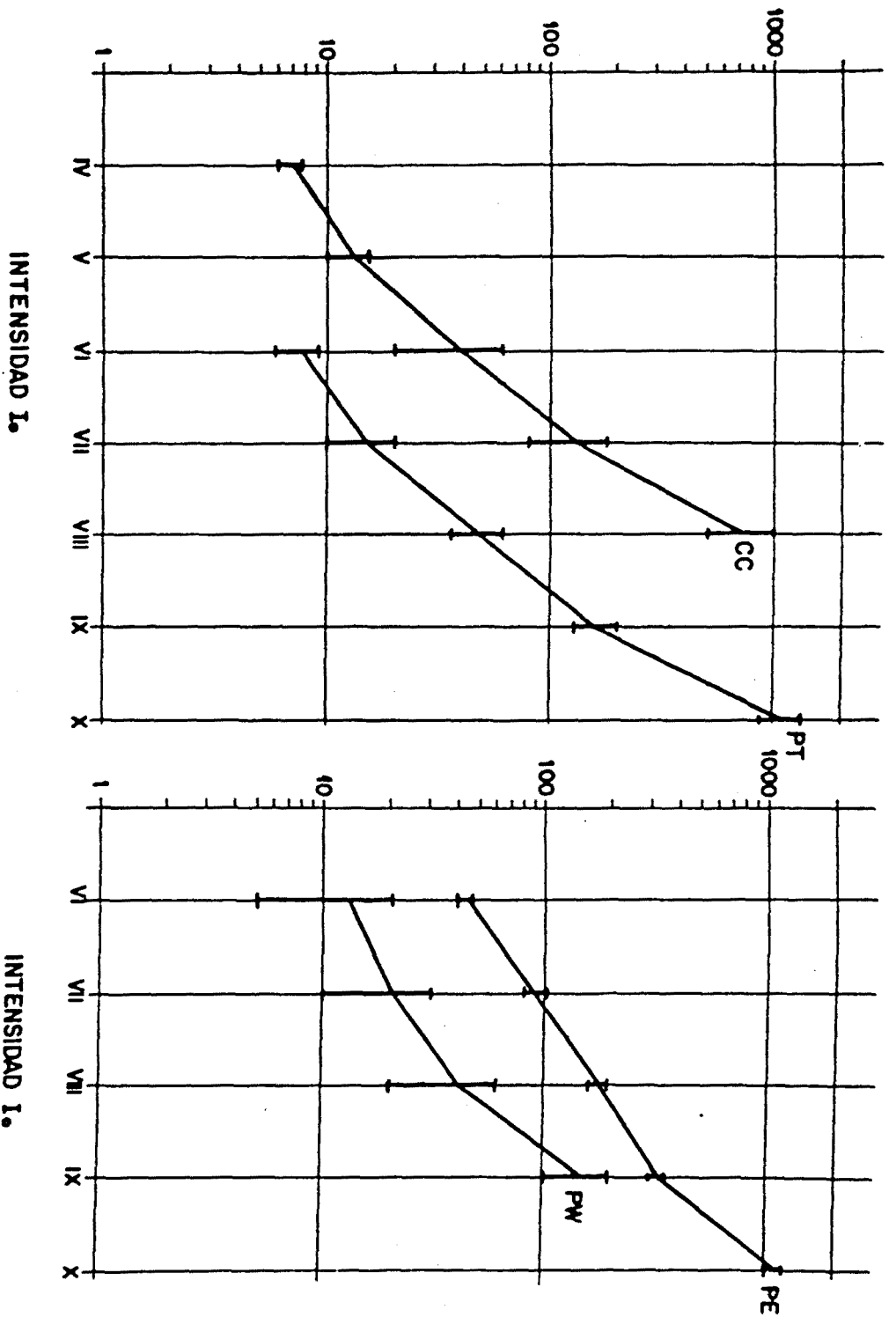


Fig. 4.9. Períodes de retorn calculats a partir de les dades històriques a la zona de les Cadenes Costaneres Catalanes (CC) i al Pirineu (PT). Els períodes de retorn són més llargs a les Cadenes Costaneres Catalanes que al Pirineu (Roca i Surinach 1982).

Fig. 4.9. Periods of return calculated from the historic data at the Cadenes Costaneres Catalanes (CC) and the Pirineus (PT). The periods of return are longer at the Catalan Coastal Ranges than the Pirineus. (Roca and Surinach 1982).

La fondària dels hipocentres s'estima en uns 10 km a partir de la distribució de les isosistes. Tan sols al Pirineu hi ha alguns sismes en què la fondària s'estima en uns 20 o 30 km (Roca i Suriñach 1982).

A partir de les dades de macrosismicitat, Roca i Suriñach (1982) establiren un mapa de zones sismotectòniques (fig. 4.8). Prenent com a base aquestes zones analitzaren les diferents freqüències d'intensitats i observaren que l'energia acumulada s'allibera a poc a poc a la zona litoral en comparació amb la zona del Pirineu. Observaren també que la intensitat més dominant a la zona costanera és de IV. També calcularen un període de retorn per a zones senceres per a diferents intensitats (fig. 4.9), que per a les Cadenes Costaneres Catalanes resulta ser de menys de 10 anys per a intensitats IV i quasi 1000 anys per a intensitats de IX.

4.2.2. LA SISMICITAT INSTRUMENTAL

Des de la instal·lació dels sismògrafs de l'estació de l'Ebre (1905), de l'Observatori Fabra (1907) i d'Alacant (1914) la sismicitat d'aquesta zona ha estat enregistrada gràficament. Tot i així les dades sísmiques instrumentals comencen a ser precises a partir de 1977, data en què s'amplia el nombre d'estacions a l'àrea en instal·lar-se les MLS (Moulis, pirineu francès), EPF (pirineu francès) i SQD (embassament de Susqueda, Girona) -a la fig. 4.10-, i en què algunes de les estacions ja existents disposen d'equips amb una amplificació més elevada (EBR Ebre i FBR Fabra a la fig. 4.10). Olivera et al. (1990) consideren la xarxa com a operativa a partir de 1985, moment a partir del qual s'instal·len les estacions POB (Poblet) i VAN (Vandellós) i en què el Servei Geològic de la Generalitat comença a gestionar la xarxa i, per tant, a tractar les dades de forma homogènia. Cal remarcar que la xarxa sísmica és més densa al sector septentrional on s'han de considerar també les estacions de la xarxa francesa i això permet que s'enregistren més terratrèmols de baixa magnitud en aquesta zona (fig. 4.10).

En el mapa de la fig. 4.3 s'observa com la distribució dels epicentres instrumentals és semblant, a aquesta escala, a la que mostren les dades de macrosismicitat: una zona septentrional i una meridional amb marcada sismicitat separades per la zona de València amb absència de sismicitat representativa. També s'observa una diferenciació entre l'eixam d'epicentres de la zona costanera i el del Pirineu, amb absència de sismes a la conca de l'Ebre. La fondària dels terratrèmols és de fins a 15 km, cosa que coincideix amb les estimacions fetes amb les dades macrosísmiques. Tan sols algun epicentre al Pirineu (20 km) o a la Serralada Bètica (50 km) supera aquesta fondària. La magnitud màxima enregistrada durant el període 1978-1989 és de 4.5, en sismes ocorreguts als Pirineus i a les Bètiques.

Els mecanismes focals del sector NE de la península es mostren a la fig. 4.11 on s'observa que la majoria són al Pirineu, on les magnituds dels sismes són majors. Les solucions focals són força diferents, i una interpretació global és difícil. Alguns d'aquests mecanismes indiquen un diedre de compressió horitzontal N-S o NE-SW, mentre que d'altres indiquen un eix de compressió NW-SE.

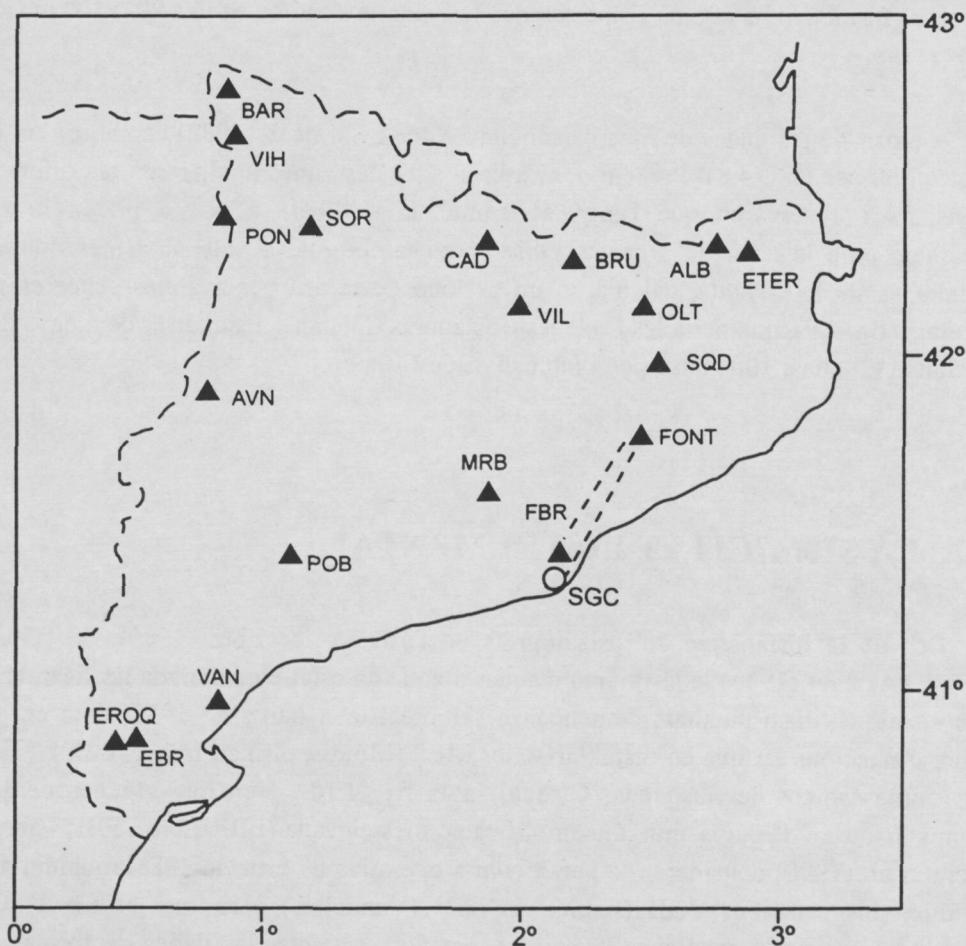


Fig. 4.10. Situació de les estacions de la xarxa sísmica catalana gestionada actualment pel Servei Geològic de la Generalitat. L'estació EPF està instal·lada al NW del requadre representat en aquesta figura, a França, i l'estació MLS està instal·lada a Montlluís, també a França.

Fig. 4.10. Situation of the stations of the Catalan seismic network presently being dealt with by the Servei Geologic of the Generalitat. The EPF station is installed at the NW of the table represented in this figure, in France, and the station MLS is installed in Mont-louis, also in France.

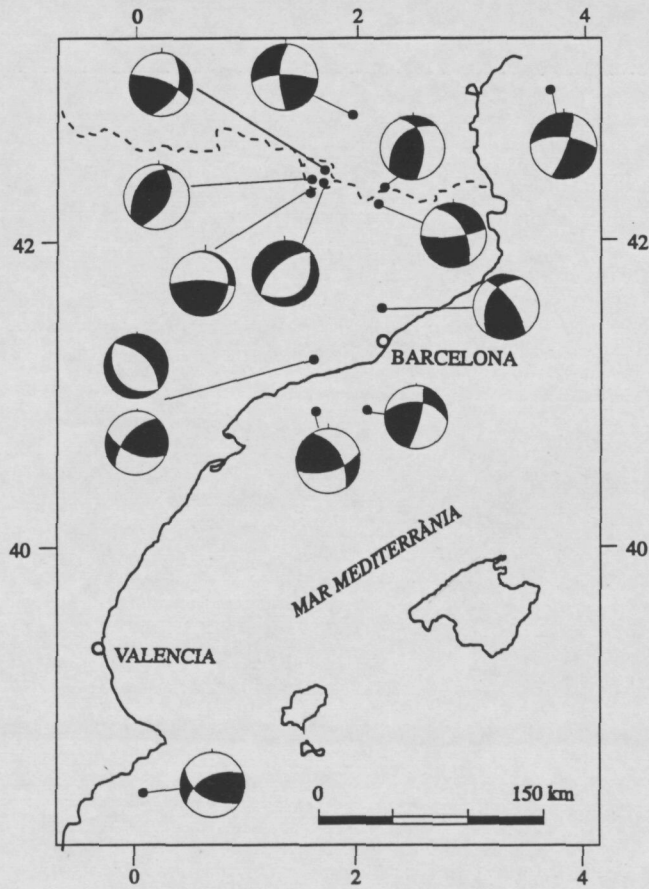


Fig. 4.11. Solucions dels mecanismes focals del NE de la Península Ibèrica. Dades de Susagna (1990), Buforn (1988), Gallart (1982), Nicolas et al. (1990), Gallart et al. (1985), Olivera et al. (1986), Susagna et al. (1990).

Fig. 4.11. Solutions of the focal mechanisms of the NE of the Iberian Peninsula. Data from Susagna (1990), Buforn (1988), Gallart(1982), Nicolas et al.(1990), Gallart et al.(1985), Olivera et al. (1986), Susagna et al.(1990).

4.3. LA SISMICITAT A LES CADENES COSTANERES CATALANES

La franja de sismicitat que s'observa paral·lela a la costa catalana coincideix amb el domini de la unitat estructural de la Cadena Costanera Catalana, i això, junt amb les característiques sísmiques, ha portat diversos autors a interpretar aquesta zona com una zona sismotectònica independent dels Pirineus (Roca i Suriñach 1982). En el mapa de la sismicitat més recent (fig. 4.12) es destaca la concentració d'epicentres a la zona N de les Cadenes Costaneres Catalanes respecte de la zona S, alhora que la presència d'alguns epicentres de magnituds més elevades situats a mar.

Les dades instrumentals més antigues d'aquesta zona són de principis de segle, però la xarxa sísmica no es considera operativa en aquesta zona fins a finals dels anys setanta i principis dels vuitanta, tal com ja s'ha explicat. A continuació sintetitzo les dades de macrosismicitat existents fins als anys 80 i després analitzaré el registre instrumental més recent.

4.3.1. MACROSISMICITAT

Les dades de macrosismicitat a les Cadenes Costaneres Catalanes no són homogènies per a tot el catàleg. Cal separar les dels terratrèmols anteriors al segle XX, dels que només es té constància per les cites en textos de l'època i que són recollits pels catàlegs de Fontserè i Iglésias (1971), Munuera (1963) i revisades per Roca i Suriñach (1982), de les dades de terratrèmols posteriors, dels que es té una informació més exhaustiva i es disposa en molts casos de mapes d'isosistes. El grau de fiabilitat en la situació de l'epicentre és major com més recents són les dades. Per a les dades del segle XX es considera que la indeterminació en la situació és de l'ordre de desenes de quilòmetres (Susagna 1990).

De les dades anteriors al segle XX en destaquen dos terratrèmols importants descrits al catàleg de Fontserè i Iglésias. Són els terratrèmols d'Escornalbou (1836) i de Tivissa (1845). El primer, al qual Fontserè i Iglésias (1971) atribueixen una intensitat de VII (MM), és descartat com a tal posteriorment per Correig (1982) que considera que la destrucció descrita en el primer catàleg fou deguda no a un terratrèmol, sinó, als efectes de la Guerra Carlina de 1836.

El terratrèmol de Tivissa tingué una intensitat que Fontserè i Iglésias consideren de grau VII i que Correig (1982), en una anàlisi posterior de les dades, baixa a VI (MSK). El 1845 no es disposava de cap sismògraf a la zona i, per tant, aquesta crisi sísmica fou sentida i descrita directament per la població. Això augmenta la importància del sisme ja que es considera que un terratrèmol sentit per la població té una magnitud de 3 o superior (Susagna 1990). Les dades històriques indiquen que es

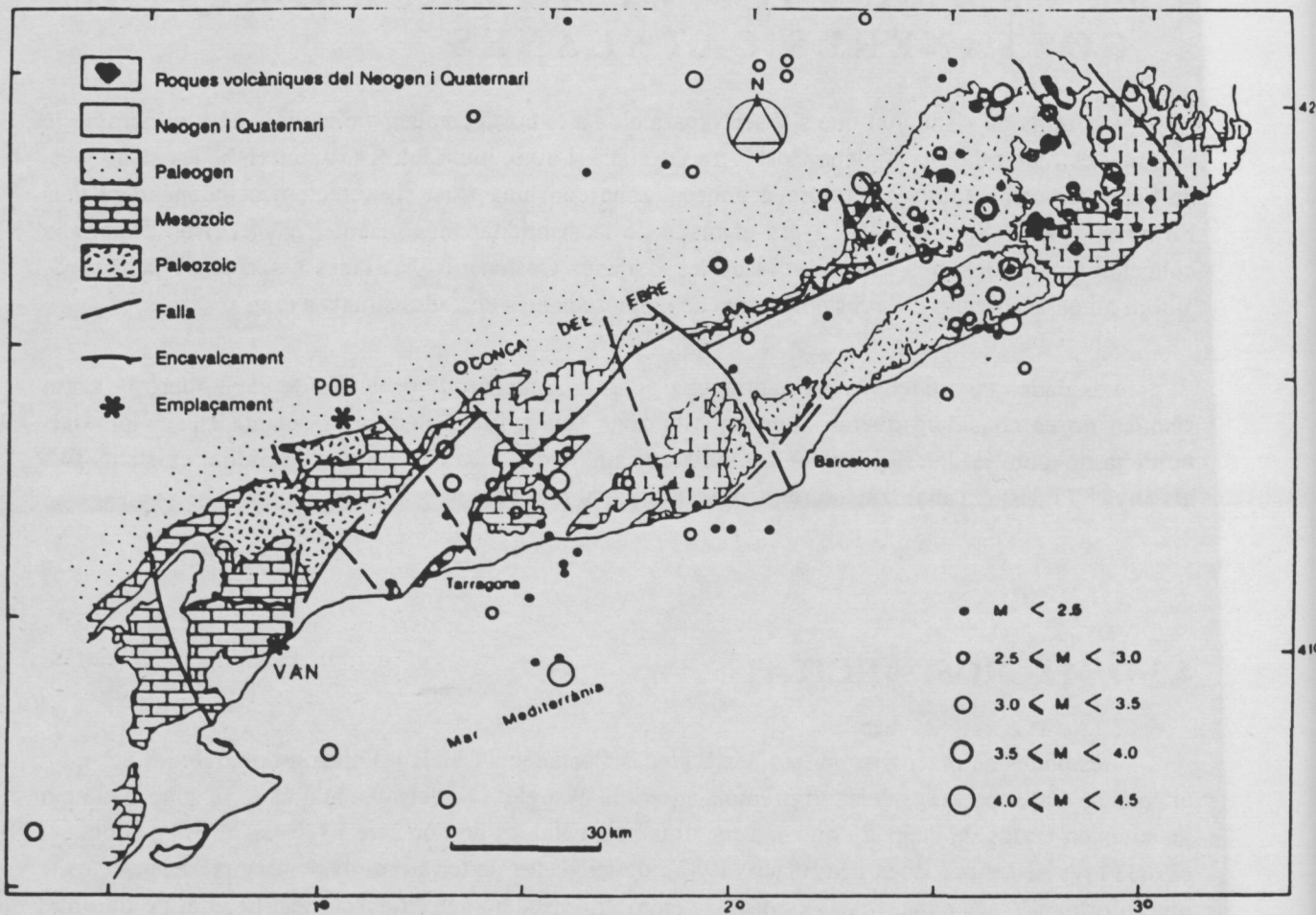


Fig. 4.12. Mapa de sismicitat instrumental a les Cadenes Costaneres Catalanes corresponent al període 1977-1988 (Susagna 1990).

Fig. 4.12. Instrumental seismic map of the Cadenes Costaneres Catalanes corresponding to the period 1977-1988 (Susagna 1988)

tractà d'una sèrie sísmica que durà des del 30 de setembre fins al 15 d'octubre de 1845. Els efectes del terratrèmol es deixaren sentir, segons Jardí i Brú (1921), a Falset, Tortosa, Tivissa, Vandellós, Barcelona i, inclús, a Cardona. Fontserè i Iglésies (1971) expliquen que "allí on prengué més intensitat fou naturalment al Baix Priorat, les muntanyes del ponent del Baix Camp i la part migjornera de la Ribera d'Ebre, concretament els pobles entorn de Tivissa". Les descripcions dels efectes d'aquest sísmic són extenses. S'indica la creació d'esquerdes en edificis, de esfondraments de xemeneies, caiguda de teulats i també d'efectes en el terreny a la zona de Tivissa, com són esquerdes de gran magnitud (finca del Manou), esllavissaments (finca del Manou i vall de la Coma de la Fena), i l'obertura d'esquerdes en d'altres zones. A la Fig. 4.13a es mostra la cartografia realitzada per Jardí i Brú (1921) a la finca del Manou (Tivissa) on encara avui s'observen diverses fractures obertes i omplertes de sediment, així com moviments de massa associats. Cal tenir en compte que durant la sèrie sísmica ocorregueren grans pluges a la zona; aquest augment de la precipitació és probablement la causa de la formació d'esllavissaments. Els efectes foren màxims a la localitat de Tivissa, cosa que fa suposar que l'epicentre fou proper a aquest lloc. Correig (1982) presenta un mapa d'isosistes elaborat a partir dels danys descrits en els documents històrics (fig. 4.13b).

Pel que fa a les dades de la macrosísmica del segle XX, només es considero aquí les que corresponen a terratrèmols ocorreguts fins a principis dels anys 80, dels que es té un mapa d'isosistes, ja que és a partir d'aquest moment en què la xarxa sísmica és operativa i, per tant, les dades instrumentals aporten una informació més exacta.

A la fig. 4.14 es mostren les dades de simicitat macrosísmica corresponent al període 1907-1988 (Susagna 1990). S'observa com la intensitat no és en cap cas superior a VII. La distribució és semblant a la que descriuen les dades instrumentals, amb més concentració d'epicentres al N de la zona estudiada. Cal destacar la presència d'alguns epicentres en la plataforma continental.

És interessant tenir en compte la forma de les isosistes en la interpretació de les dades macrosísmiques. Sovint presenten formes elongades. La propagació del lliscament al llarg de la fractura des del focus durant un esdeveniment sísmic és una possible causa d'aquesta elongació de les isosistes de forma paral·lela a aquesta fractura. Això només és possible en els casos en què l'hipocentre sigui poc profund. A la zona estudiada els hipocentres es troben a menys de 10 km de profunditat i per tant són susceptibles de mostrar aquest efecte.

El terratrèmol de major intensitat d'aquest període fou el del Montseny que tingué lloc el 12 de març de 1927, amb una intensitat de VII (MSK) i del que es disposa de mapa d'isosistes fets per Fontserè (1927) i per Comas (1927) respectivament (fig. 4.15a,b). Les descripcions de l'esdeveniment indiquen que hi hagué dues grans sacsejades durant el terratrèmol (Comas 1927). En el mapa d'isosistes de la fig. 4.15a, la zona que correspon a la intensitat VII, tot i estar-hi repartida en dos camps, descriu una alineació NW-SE. Les zones d'intensitat més elevada no mostren una distribució tant clara en aquest sentit. En el mapa d'isosistes per al mateix terratrèmol de la fig. 4.15b, l'elongació de les isosistes tendeix a ser NE-SW, tot i que les dades en aquest mapa no semblen tan completes com en el de la fig. 4.15a. Així, la informació que aporten aquestes dades respecte a l'orientació de la falla que ha ocasionat el sísmic és contradictòria.

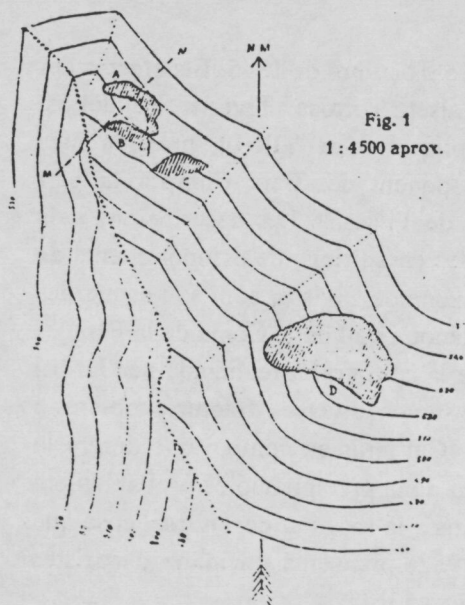


Fig. 1
1 : 4 500 aprox.

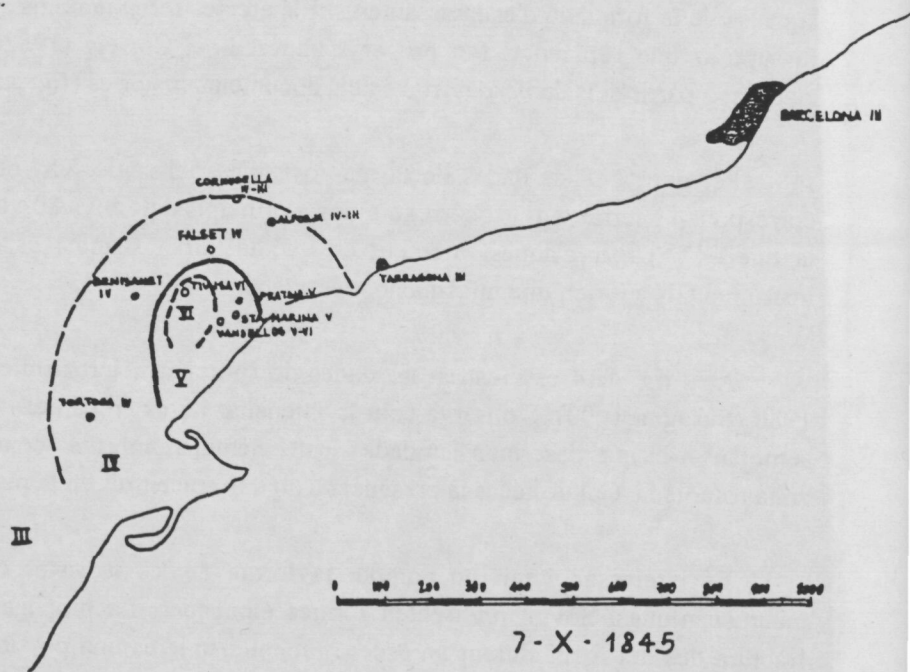


Fig. 4.13.a. Cartografia i perfil de les fractures obertes durant el terratrèmol de Tivissa de l'any 1845 a la finca de Manau (Jardi i Brú 1921). b. Mapa d'isosistes d'aquest terratrèmol realitzat a partir dels relats històrics del efectes del sisme (Correig 1982).

Fig. 4.13.a. Cartograph and profile of the fractures produced during the earthquake of Tivissa in the year 1845 at the property of Manau (Jardi and Bru 1921). b. Map of isosistes of this earthquake made from the historic accounts of the effect of this tremor (Correig 1982).

En diversos mapes d'isosistes s'observa elongació (fig. 4.16). En els mapes del Maresme les elongacions són coherents amb una mateixa direcció NE-SW. Al Montseny, ja s'ha comentat que hi ha una solució per al terratrèmol de 1927 que indica una elongació NW-SE, i en el terratrèmol de 1930 s'observa una elongació N-S. Així, es pot afirmar que l'elongació NE-SW és la dominant, tot i que cal remarcar que en algun cas aquesta elongació pot estar afavorida per la situació a mar de l'epicentre que fa que les dades siguin recollides a la costa de forma alineada.

4.3.2. SISMICITAT INSTRUMENTAL

La xarxa sísmica a les Cadenes Costaneres Catalanes no queda completa fins al 1985, any en què s'instal·laren les estacions POB (Poblet) i VAN (Vandellós). Tot i que més endavant s'instal·laren més estacions (MRB -Montserrat-, EROQ -Roquetes-, FONT -Fontmartina-), a partir de 1985 es considera la xarxa com a operativa. L'any 1988, l'*Instituto Geográfico Nacional*, instal·la una estació a Mallorca que permet solucionar el problema de la localització dels terratrèmols a mar per falta de cobertura.

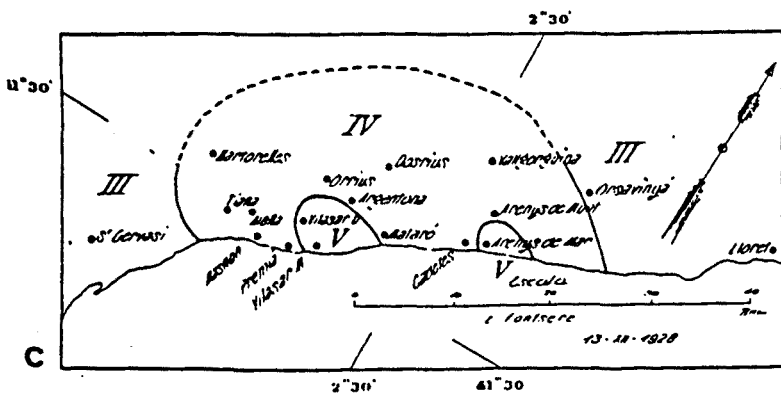
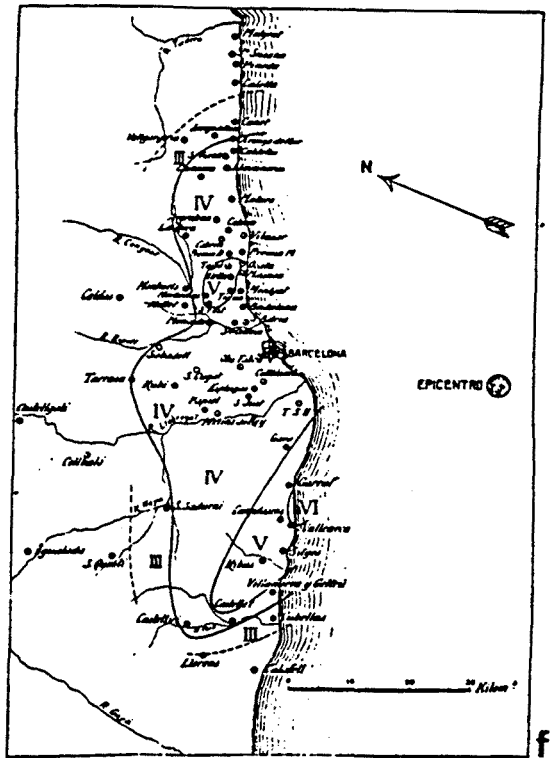
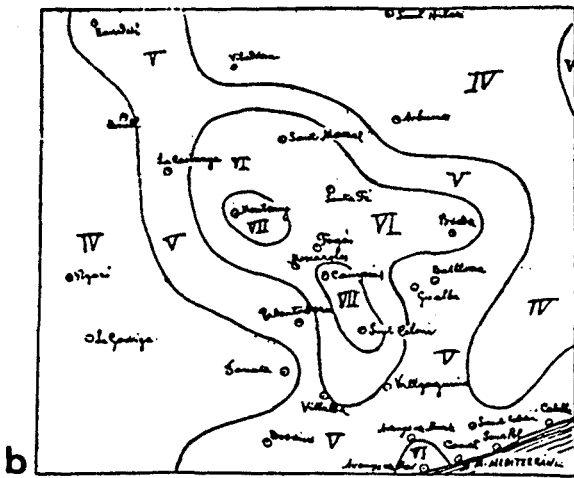
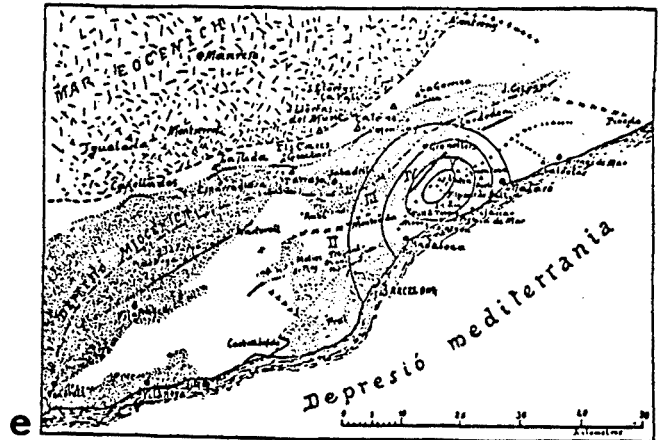
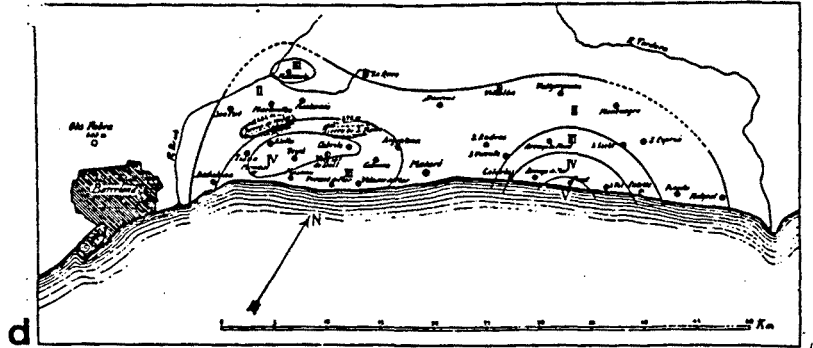
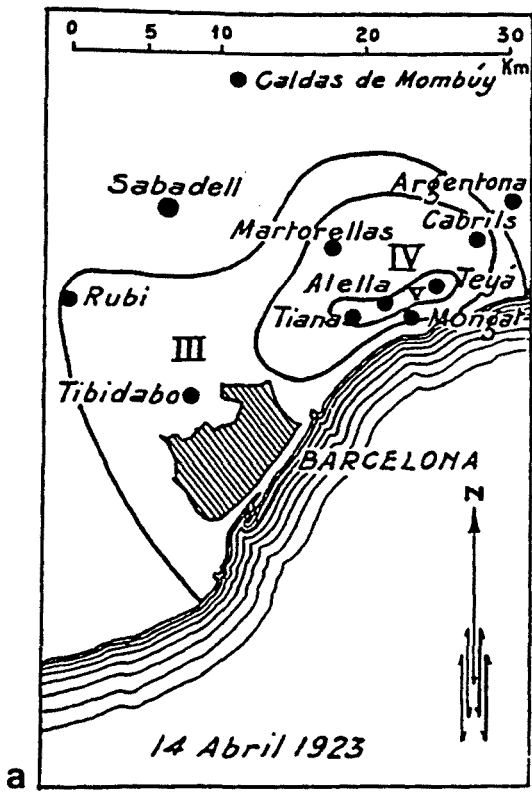
La sismicitat instrumental mostra una distribució semblant a la que mostren les dades macrosísmiques (fig. 4.12 i 4.17). En aquest cas també s'observen dues agrupacions d'epicentres, una al N, en la que la quantitat de terratrèmols és major i amb un rang de magnituds més ampli (entre 1 i 4), i una al S, amb menys sismes i amb més predomini dels terratrèmols de magnitud elevada (4) (Susagna 1990). Cal destacar que s'observen diversos epicentres a mar, a l'igual que es dedueix d'alguns dels mapes d'isosistes que s'indiquen a l'apartat anterior. La profunditat dels hipocentres, segons les dades del Servei Geològic de Catalunya, és entre 1 i 9 km, com en la resta del sector NE de la península. Cal tenir en compte que la determinació de la profunditat és molt menys exacta que la situació epicentral, encara que això no pot arribar a fer variar l'ordre de magnitud i, per tant, la profunditat màxima es pot considerar de 10 km.

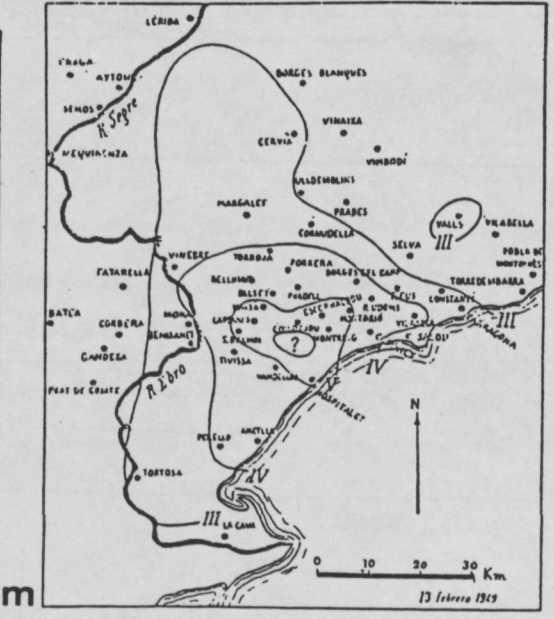
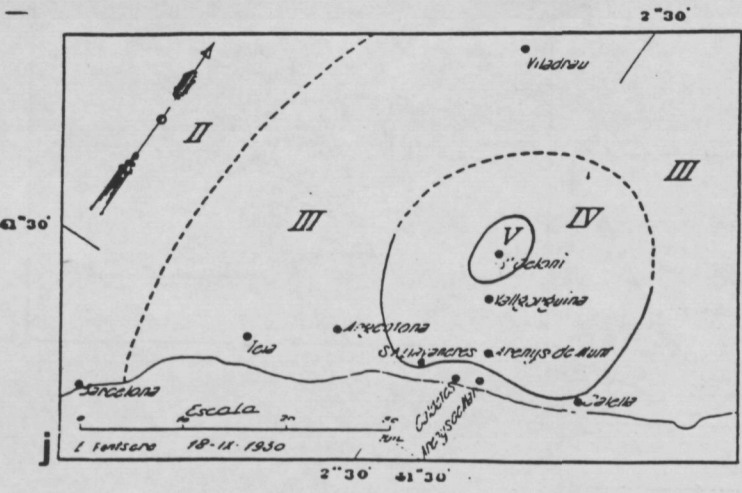
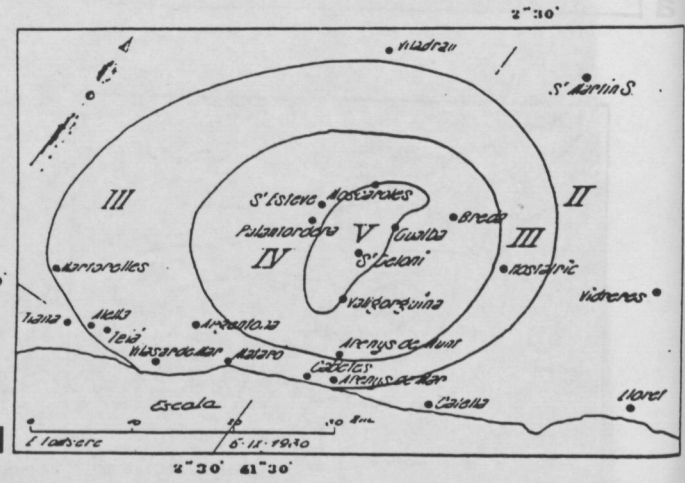
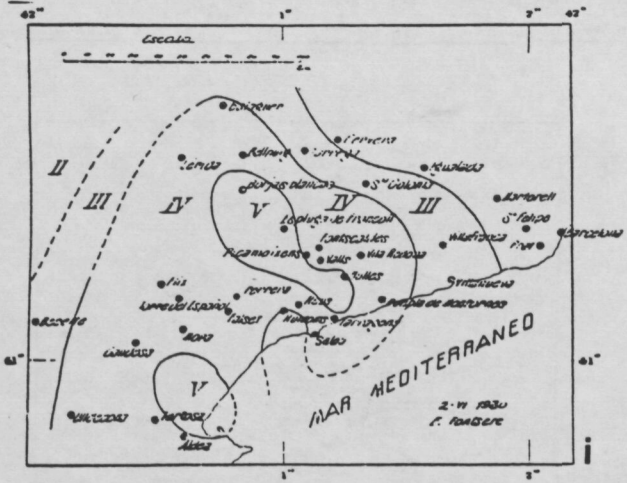
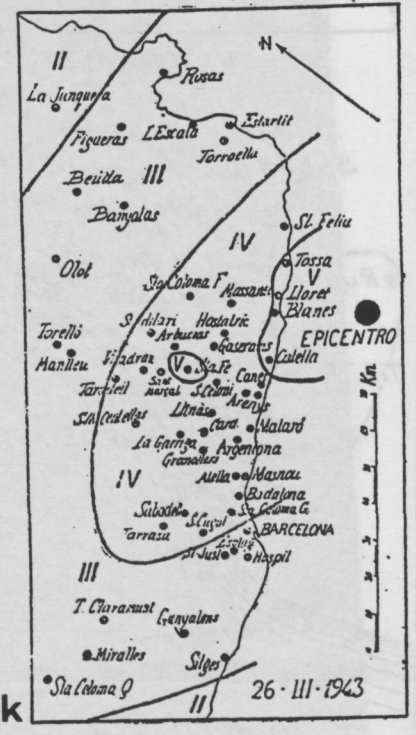
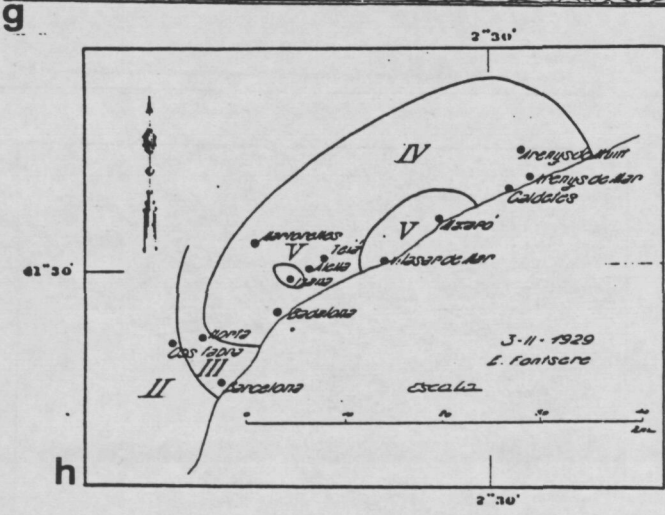
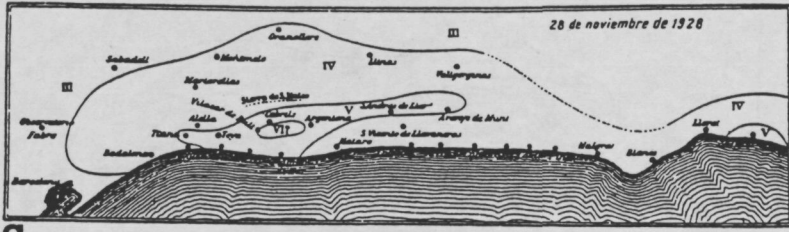
Pel que fa a les solucions dels mecanismes focals, la baixa magnitud dels terratrèmols de la zona fa que aquest càlcul només s'hagi pogut realitzar en 4 casos (fig. 4.17). El primer mecanisme focal es calculà per a un terratrèmol de magnitud 4 (4 de Juliol de 1985, intensitat IV) (Susagna 1990) i s'obtingueren dues solucions. Els sismes del 24 d'agost de 1987, (magnitud 4.2 i intensitat IV) (Susagna 1990), el del 15 de desembre de 1991 (magnitud 4.2 i intensitat IV) (Olivera et al 1991) i el del 3 de setembre de 1992 (magnitud 3.3 i intensitat IV) (Olivera et al 1992) donaren una sola solució respectivament, tot i que en el cas de 1991 s'utilitzaren per la càlcul les dades de les rèpliques posteriors al terratrèmol principal. En tots els casos menys en el del Montseny (3 de setembre de 1992) es pot interpretar un eix de compressió horitzontal que varia entre NNE-SSW i NNW-SSE. Susagna (1990) apunta l'existència d'un eix de compressió N-S.

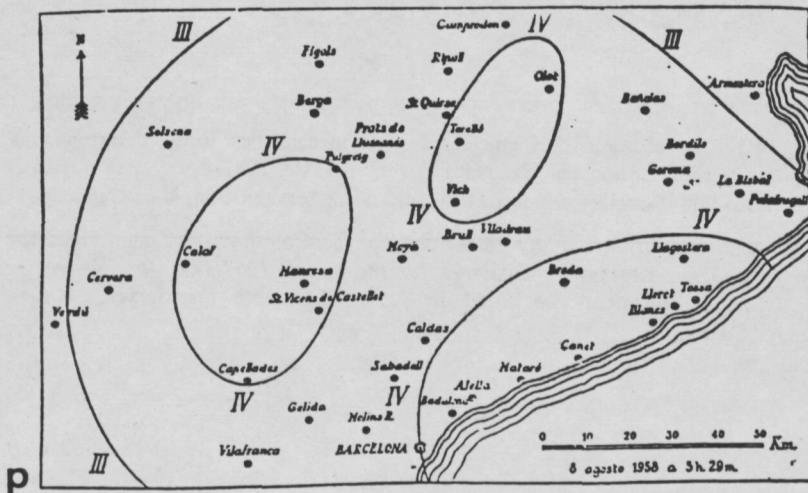
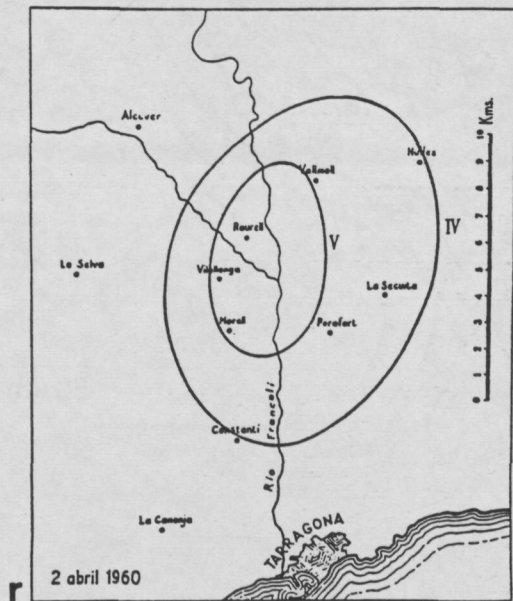
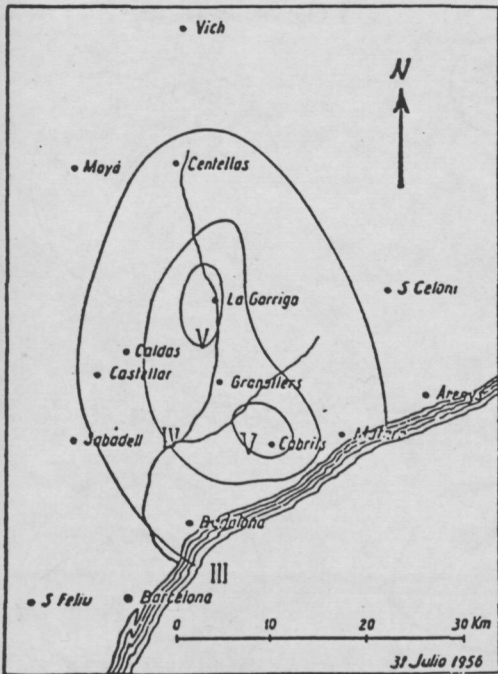
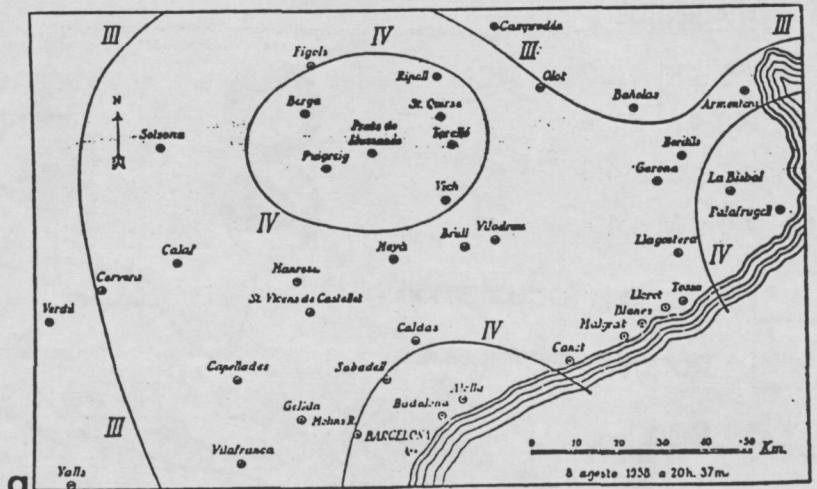
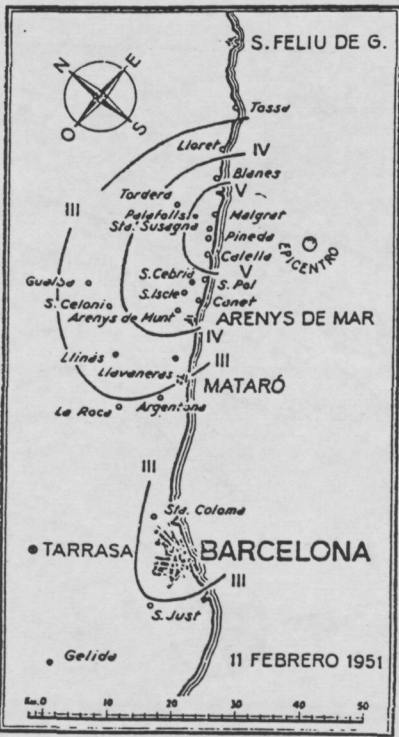
Les dades de sismicitat exposades en aquest capítol mostren que l'activitat sísmica de les Cadenes Costaneres Catalanes, tot i no ser molt intensa, és considerable. Els càlculs dels períodes de retorn realitzats per Roca i Suriñach (1982) a la zona d'estudi indiquen, de forma estimativa, que per a

Fig. 4.16. Mapes d'isosistes dels terratrèmols d'intensitat major que IV ocorreguts entre 1907 i 1966. a) 14 d'Abril de 1923 (Galbis 1932). b) 12 de març de 1927 (Fontseré 1927). c) 13 de desembre de 1928 (Galbis 1940). d) 15 de juny de 1916 (Fontseré 1916). e) 22 de setembre de 1912 (Faura i Sans 1913). f) 23 d'Octubre de 1917 (Fontseré 1918). g) 28 de Novembre de 1928 (Galbis 1932). h) 3 de març de 1929 (Galbis 1940). i) 2 de juny de 1930 (Galbis 1940). j) 18 de setembre de 1930 (Galbis 1940). k) 26 de març de 1943 (Fontseré 1944). l) 5 d'octubre de 1930 (Galbis 1940). m) 13 de febrer de 1949 (Fontseré 1951). n) 11 de febrer de 1951 (Fontseré 1953). o) 31 de juliol de 1956 (Fontseré 1957). p) 8 d'agost de 1958 (Fontseré 1958). q) 8 d'agost de 1958 (Fontseré 1958). r) 2 d'abril de 1960 (Fontseré 1969).

Fig. 4.16. Isosistic maps of major intensity earthquakes that IV occurred between 1907 and 1966. a) 14th April 1923 (Galbis 1932). b) 12 March 1927 (Fontseré 1927). c) 13th December of 1928 Galbis 1940). d) 15th June 1916 (Fontseré 1916). e) 22nd September 1912 (Faura and Sants 1913). f) 23rd October 1917 (Fontseré 1918). g) 28th November 1928 (Galbis 1932). h) 3rd March 1929 (Galbis 1940). i) 2nd June 1930 (Galbis 1940). j) 18th september 1930 (Galbis 1940) k) 26th March 1943 (Fontseré 1944). l) 5th October 1930 (Galbis 1940). m) 13th February 1949 . (Fontseré 1951). n) 11th February 1951 (Fontseré 1953). o) 31st July 1956 (Fontseré 1957). p) 8th August 1958 (Fontseré 1958). q) 8th August 1958 (Fontseré 1958). r) 2nd April 1960 (Fontseré 1969).







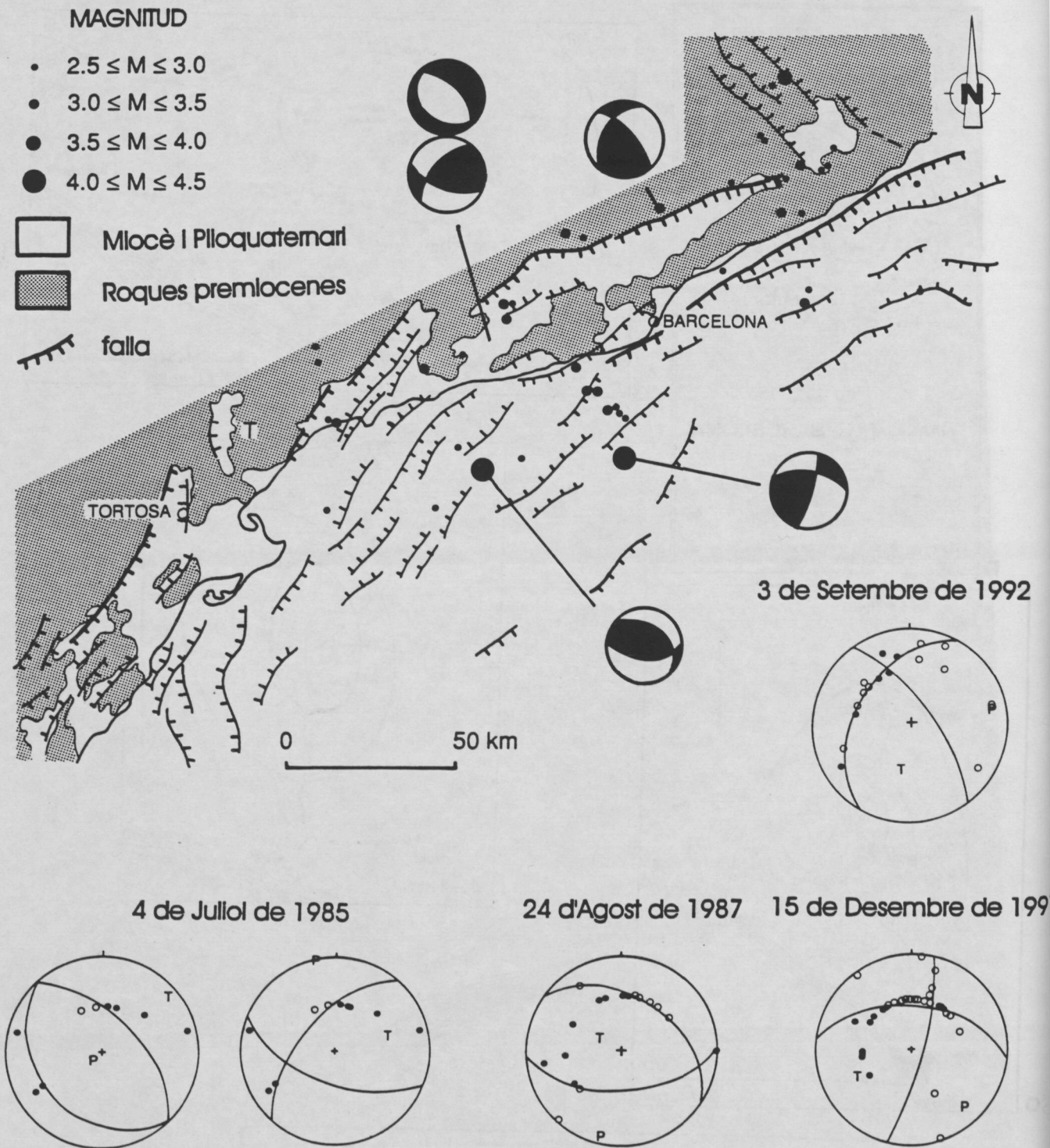


Fig. 4.17. Localització dels epicentres i els mecanismes focals determinats a les Cadenes Costaneres Catalanes per al període 1987-1991 per a sismes de magnituds majors o iguals a 2.5. (dades del Servei Geològic de Catalunya).

Fig. 4.17. Locality of the epicentres and the focal mechanisms determined for the Cadenes Costaneres Catalanes for the period 1987-1991 for the tremors of major magnitude or equal to 2.5. (Data from the Servei Geologic of Catalunya).