

L'extensió de la xarxa de sismògrafs ha permès una millora en la localització dels terratrèmols.

La sismicitat a Catalunya.

Carme Olivera

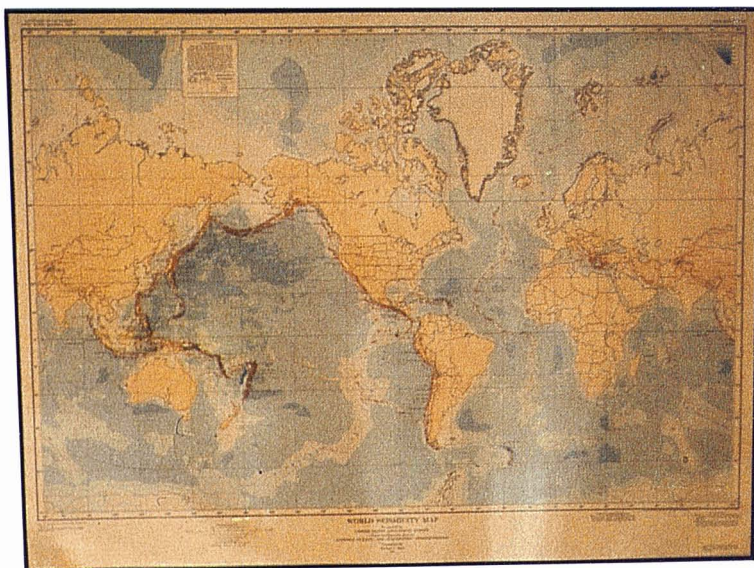
DOCTORA EN FÍSICA

Encara que actualment Catalunya és una zona de sismicitat moderada, temps enrere l'activitat sísmica ha estat important, sobretot al segle XV, amb alguns terratrèmols que produïren destrucció.

A començament de segle entren en funcionament a Catalunya dos sismògrafs: l'un a l'Observatori de l'Ebre (Tortosa) i l'altre a l'Observatori Fabra (Barcelona). A causa de l'escàs nombre d'estacions sísmiques, durant l'època instrumental, la sismicitat ha estat mal coneguda.

El Servei Geològic del Departament de Política Territorial i Obres Públiques ha iniciat, el 1985, la instal·lació d'una xarxa de sismògrafs per tot el territori català. La recopilació i el tractament de les dades obtingudes permet la confecció d'un catàleg complet de sismicitat que inclou els paràmetres necessaris per al disseny d'estructures d'acord amb el risc sísmic corresponent.

Fig. 1. Distribució mundial de la sismicitat.



El fenomen dels terratrèmols

Un dels esdeveniments naturals més esfereïdors que pot experimentar l'home és el dels terratrèmols. Aquest fenomen succeeix quan el material de l'interior de la Terra es trenca a causa dels esforços a què està sotmès. Els terratrèmols no es produeixen a qualsevol lloc, sinó que es concentren a certes zones com mostra la figura 1. L'observació de la distribució global dels terratrèmols ha contribuït al coneixement de l'evolució dels continents, dels oceans i dels sistemes muntanyencs.

La tectònica de plaques és una teoria recent que explica, de manera satisfactòria, la major part dels moviments sísmics. La hipòtesi de partida és suposar que la litosfera, que correspon a l'escorça i part del mantell (entre 60 i 150 quilòmetres), és formada per grans blocs, força estables, que anomenem plaques (fig. 2). Cadascuna es mou horitzontalment respecte a les seves veïnes, amb valors de velocitats que poden assolir els 17 cm per any. Les zones de les plaques més afectades pels moviments de col·lisió o separació són les vores, on precisament observem (fig. 1 i 2) que tenen lloc principalment els terratrèmols. Un exemple de separació de plaques el tenim en la dorsal centratlàntica, que s'estén en direcció nord-sud des d'Islàndia fins a l'Antàrtida, passant per les illes Açores on la serralada aflora per sobre el nivell del mar. Un cas de col·lisió és el de la placa de Nazca que subdueix sota la placa subamericana originant la formació dels Andes (fig. 3).

El rastre que han deixat els moviments sísmics importants el tenim en la morfologia actual de la Terra i també en els documents escrits d'èpoques històriques. Partint de l'anàlisi dels documents podem fer una estimació de l'epicentre (latitud, longitud) i del grau d'intensitat màxima en què s'ha

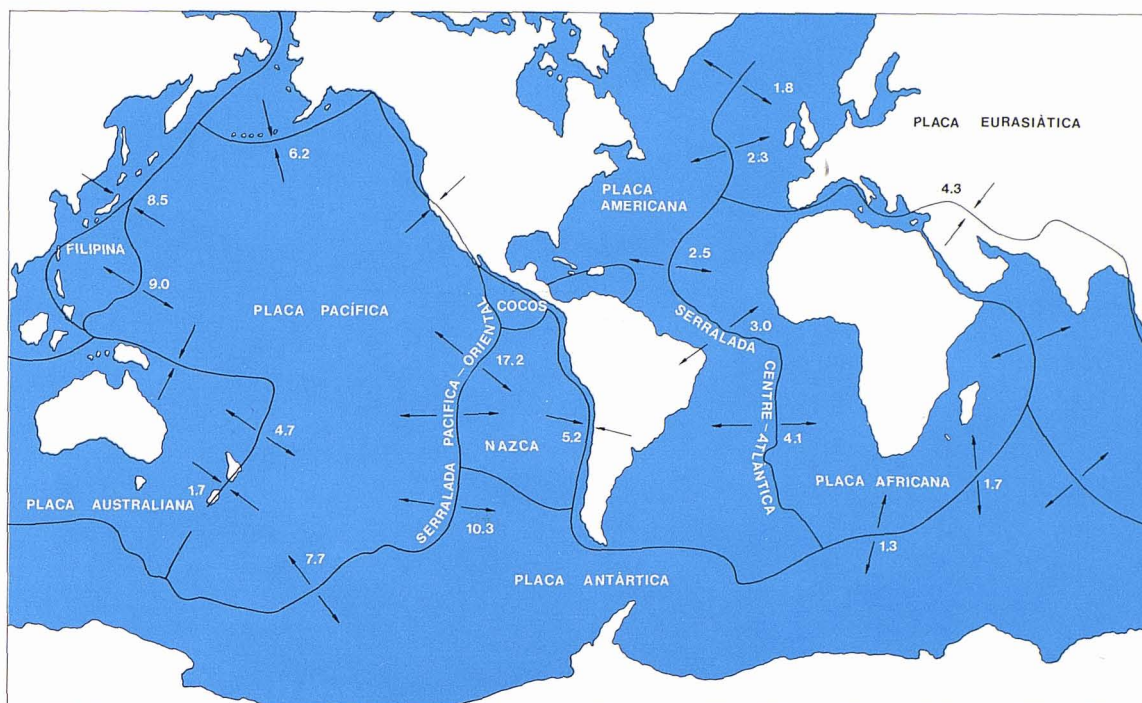


Fig. 2

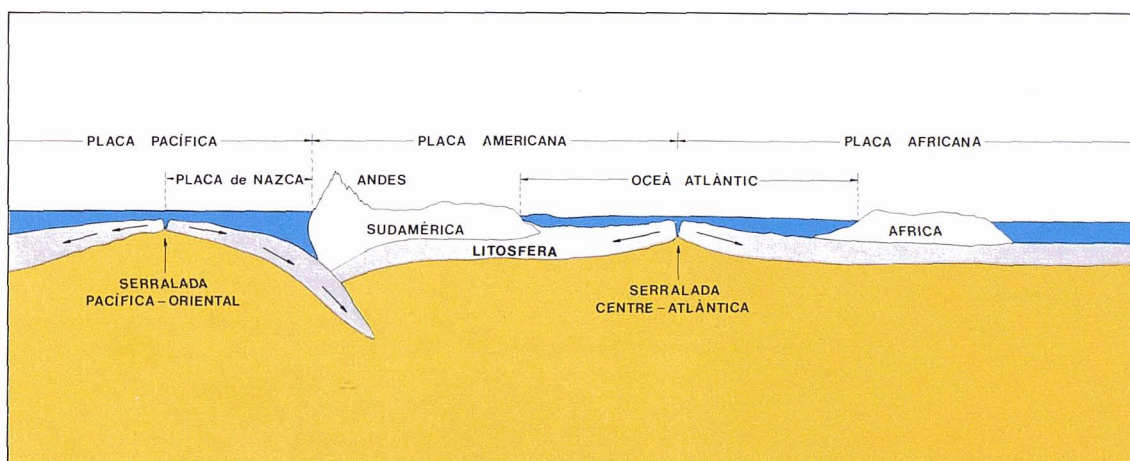


Fig. 3

Fig. 2. Representació de les 6 grans plaques tectòniques de la litosfera i algunes subplaques. Les plaques tectòniques estan en constant moviment relatiu les unes respecte de les altres; de vegades xoquen ($\rightarrow \leftarrow$), d'altres es separen ($\leftarrow \rightarrow$), o bé es mouen paral·lelament l'una respecte de l'altra. Els números indiquen el desplaçament en cm per any. Els terratrèmols es produeixen precisament a les zones de contacte de les plaques tectòniques a causa del seu moviment.

Fig. 3. Tall esquemàtic on es representen les zones de contacte de les plaques pacífica, americana i africana. Les serralades pacífic oriental i centratlànica representen límits de plaques que divergeixen, zones on es crea escorça oceànica. De vegades la col·lisió entre dues plaques (per exemple la de Nazca i l'Americana) dona lloc al fenomen de la subducció (placa que s'enfonsa sota una altra) i es formen grans muntanyes com en aquest cas els Andes.

percebut un terratrèmol (vegeu figura 4). La intensitat és una mesura dels efectes produïts per un terratrèmol en un punt determinat, i el seu valor, en general, va disminuint com més ens allunyem del focus sísmic. Per tal de quantificar els efectes sobre persones, objectes, construccions, etc... els especialistes van definir diferents escales d'intensitat; una de les més utilitzades és la de Mercalli, que varia des del grau I fins al grau XII. Actualment, la més vigent a Europa és la MSK, que classifica també els efectes del terratrèmol amb el mateix sistema gradual.

No és fins a les acaballes del segle passat que s'inicia l'anomenada època instrumental, quan s'ins-

tal·len els primers sismògrafs i apareixen els observatoris on analitzen la informació que recullen. El desenvolupament que tingué l'electrònica cap als anys 50 va permetre l'obtenció d'aparells de registre sísmic d'alta sensibilitat, capaços de detectar petits moviments (microterratrèmols) no percebuts per l'home, dels quals no sabíem ni on es produïen ni amb quina freqüència. Des del punt de vista tecnològic l'avenç no ha estat solament aconseguir sismògrafs d'alta sensibilitat, sinó també que aquests equips siguin portàtils i no hagin d'estar fixos en els observatoris. Això vol dir que podem instal·lar en una zona una densa xarxa de sismògrafs durant un temps determinat i després desplaçar la xarxa

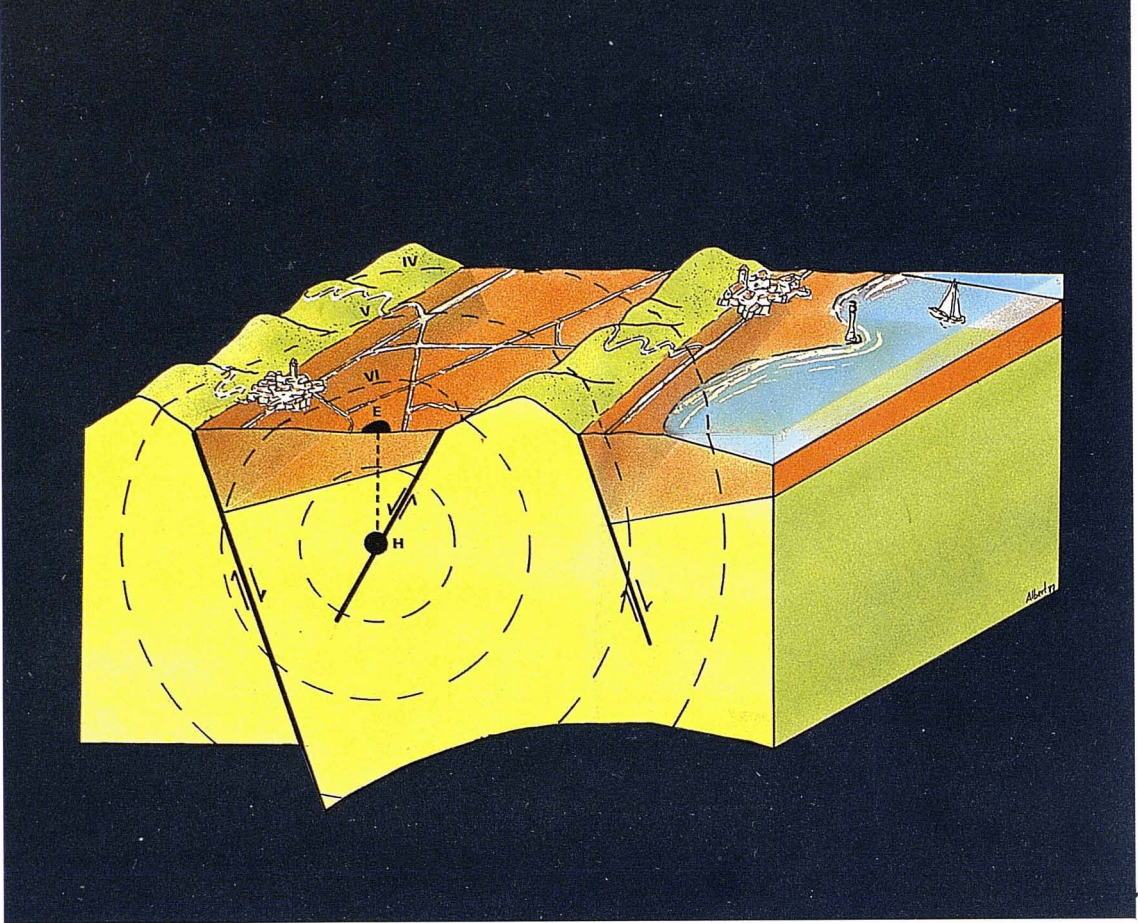


Fig. 4. Representació esquemàtica del focus d'un terratrèmol (H: hipocentre), de la seva projecció a la superfície (E: epicentre) i de les diferents àrees d'intensitat.

cap a una altra zona, cosa que permet d'abordar un estudi detallat de la sismicitat d'una regió.

A l'època instrumental, mitjançant l'anàlisi de les ondes representades en els registres podem calcular la localització de l'hipocentre (vegeu figura 4) —latitud, longitud, profunditat—, l'hora origen, la magnitud del terratrèmol, el mecanisme que l'ha originat, les dimensions de la zona de la falla afectada. La magnitud és una mesura de la grandària del terratrèmol. Aquest paràmetre s'obté a partir del registre instrumental i dona informació de l'energia que s'allibera al focus del terratrèmol. L'escala de magnitud més coneguda és la que va definir Richter, amb la qual s'ha calculat des de magnituds negatives fins a valors entre 9 i 10.

Hem enumerat fins ara els paràmetres bàsics que caracteritzen la sismicitat d'una zona. A partir dels anys 60 s'ha dedicat un esforç científic molt gran a investigar els mecanismes de producció de terratrèmols per tal de poder predir-los, especialment a països com el Japó, l'URSS, la República Popular Xina i els Estats Units on hi ha sismes catastròfics amb una certa freqüèn-

cia. Els paràmetres a controlar són molt nombrosos i les lleis que els regeixen no són encara ben conegudes. A la Xina van predir terratrèmols com el d'Haicheng (1975) i Sangpan (1976), cosa que va permetre d'evacuar-ne la població, però aquests èxits no impliquen que, poc temps després, a la Xina mateix, hi hagués fracassos com el de Tangshan on moriren centenars de milers de persones.

Tot i que s'hi treballa intensament, a hores d'ara la predicció de terratrèmols no és un problema resolt. Encara que aquest és sens dubte l'objectiu més atractiu per al sismòleg, hi ha també un aspecte molt important que és la identificació de les zones de major risc sísmic i l'estudi del disseny d'estructures de tal manera que suportin els efectes dels terratrèmols. No podem evitar que es produeixi un sísmic de gran intensitat però sí que podem minimitzar-ne els danys a persones i als edificis. Als països on l'activitat sísmica és moderada, adquireixen una importància primordial els estudis de risc, és a dir, l'avaluació de la probabilitat que es produeixi un terratrèmol d'una determinada magnitud, en una zona concreta. La incidèn-

cia social és ben evident si traduïm aquests conceptes en costos econòmics.

Història sísmica a Catalunya

Fins a començament de segle el coneixement de la sismicitat es basa únicament en els documents d'èpoques històriques. L'activitat sísmica a Catalunya queda recollida en el catàleg bàsic dels Professors Fontserè i Iglésies que abasta el període 1100-1906. Cal destacar l'activitat sísmica que tingué lloc el segle XV, anomenada sèrie olotina, la qual presenta nombrosos terratrèmols, alguns de gran intensitat. El més anomenat és el del dia 2 de febrer de 1428, que segons estudis recents (fig. 5) arribà a una intensitat màxima de IX-X (escala MSK) i provocà destruccions a diversos llocs de Catalunya. A més d'aquesta sèrie sísmica, en el recull de Fontserè i Iglésies, s'indiquen més sismes importants. La localització dels epicentres basada en els documents històrics, en general, presenta una gran imprecisió, de vegades de l'ordre de desenes de quilòmetres.

L'assignació de la intensitat en cada població és una tasca complexa, ja que cal conèixer-ne el

context històric i el tipus d'edificis de l'època. Amb tot, però, podem afirmar que la història sísmica a Catalunya ha estat important, amb sismes destructors que han anat succeint-se al llarg dels segles. Els Pirineus, zona poc poblada, ha estat la regió sísmicament més activa.

Amb el convenciment que els catàlegs contenen errades de diferents tipus (duplicació, transcripció, transmissió, confusió amb fenòmens d'origen no sísmic, etc...) i que es podien millorar, el Servei Geològic va plantejar-se, el 1985, d'iniciar una revisió dels documents originals. Per aquesta tasca contactà amb historiadors de la Universitat de Barcelona que, basant-se en el treball de Fontserè i Iglésies han reanalitzat les fonts ja conegudes i, en algun cas, hi han aportat dades inèdites.

La finalitat d'aquest treball és aconseguir un catàleg sísmic tan fiable i complet com sigui possible, ja que el catàleg és la base per als estudis de risc sísmic. No oblidem que, actualment, Catalunya és una zona amb nuclis de població molt densos, amb obres públiques importants (rescloses, centrals nuclears, ponts, etc...) que tenen una implicació social i econòmica molt forta.

Època instrumental

Si bé l'època instrumental a Catalunya s'inicià amb la instal·lació de sismògrafs a l'Observatori de l'Ebre i a l'Observatori Fabra, el 1905 i 1907 respectivament, les localitzacions epicentrals basades en els registres instrumentals són molt imprecises. La situació geogràfica dels dos observatoris, l'un a Barcelona i l'altre a Roquetes (el Baix Ebre), fa que l'activitat sísmica dels Pirineus, la zona més activa de Catalunya, quedi mal controlada. Per una altra banda, la baixa sensibilitat dels primers sismògrafs no permet enregistrar els petits moviments i per tant fa que el coneixement de la sismicitat sigui incomplet.

Així doncs, fins els anys 70, cal considerar que la informació ma-

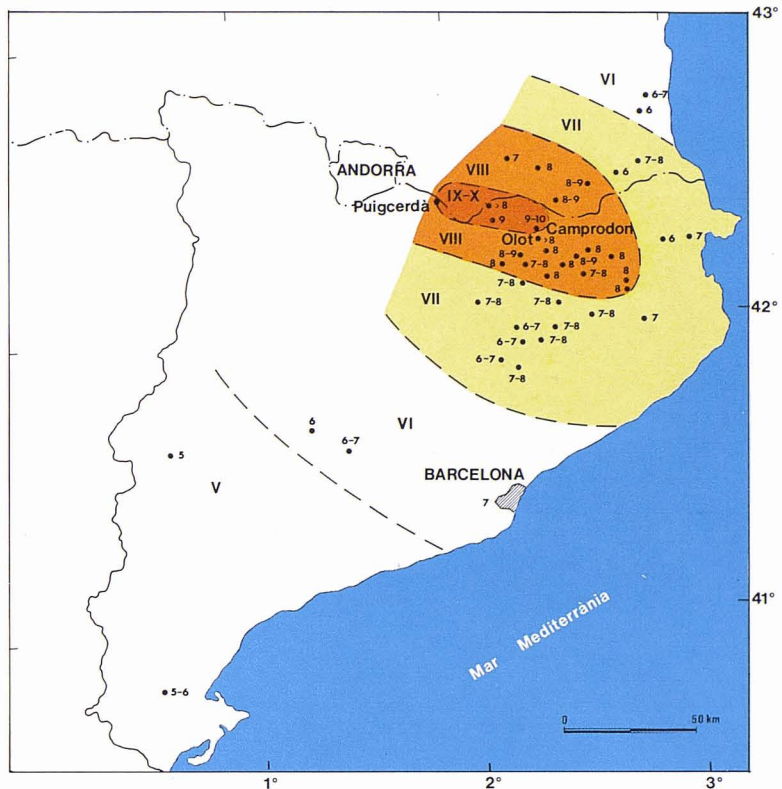


Fig. 5. Isosista del terratrèmol succeït el 2-II-1428.

cro-sísmica, recollida en les enquestes per la xarxa d'observadors de l'Observatori Fabra, és encara la principal font per a localitzar els moviments sísmics de Catalunya.

Els mapes de sismicitat de l'època instrumental indiquen que, a Catalunya, l'activitat sísmica es distribueix principalment tot al llarg dels Pirineus, tal com ja suggerien els documents històrics, i per la zona costanera. La distància entre els diferents observatoris (Tortosa, Alacant, Logronyo, Barcelona) és massa gran i no permet determinar la profunditat dels sismes.

L'any 1977, Hidroelèctrica de Catalunya instal·là un sismògraf a l'embassament de Susqueda (la Selva) per al control de l'activitat sísmica de la zona.

L'Institut d'Estudis Catalans (IEC), el 1985, ha posat en funcionament una estació sísmica permanent a Poblet i una altra prop de

Vandellòs. Així també, l'IEC, la Universitat de Barcelona i la de Saint Louis (Missouri) han portat a terme un projecte d'instal·lació temporal (2-3 anys) d'una xarxa local de cinc estacions a la zona de la Cerdanya.

El *Instituto Geográfico Nacional*, dins el projecte de la xarxa nacional, ha instal·lat, el 1987, una estació sísmica prop de l'Observatori de l'Ebre.

Tasca del Servei Geològic

La vigilància sísmica del territori català és un dels objectius del Servei Geològic. Això comporta la instal·lació de noves estacions sísmiques, el millorament de les ja existents, com són els Observatoris de l'Ebre i el Fabra, i la recopilació i el tractament de les dades a fi de confeccionar un catàleg complet de sismicitat.

La Secció de Geofísica i Sismo-

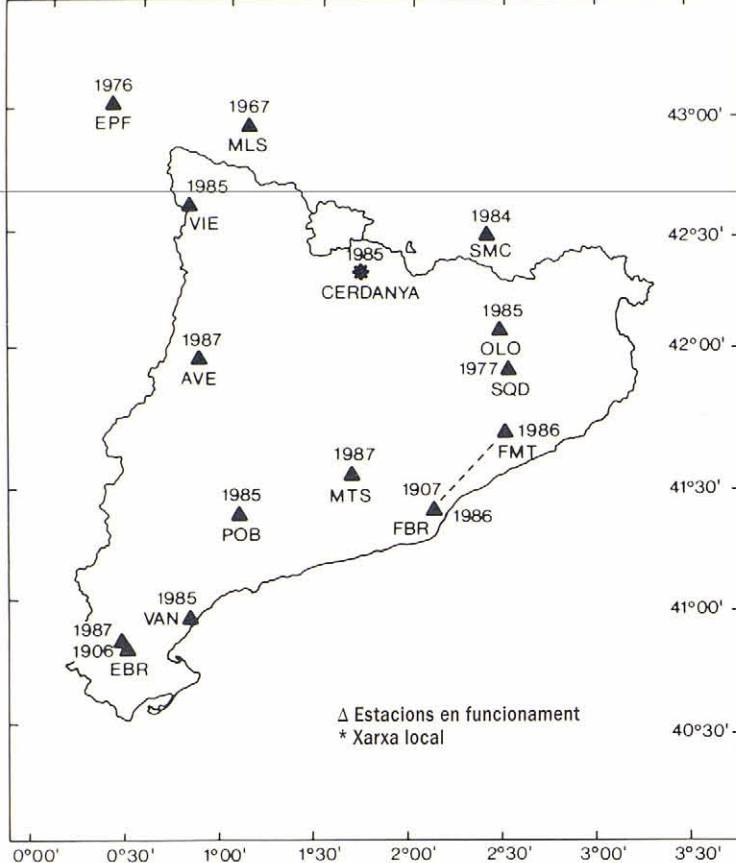


Fig. 6. Situació el 1987 dels sismògrafs a Catalunya i a les regions veïnes.

Fig. 7a. Esquema de funcionament de les estacions sísmiques del Servei Geològic.

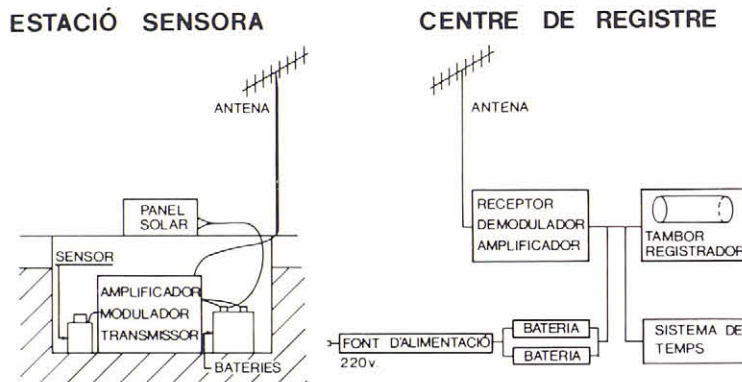
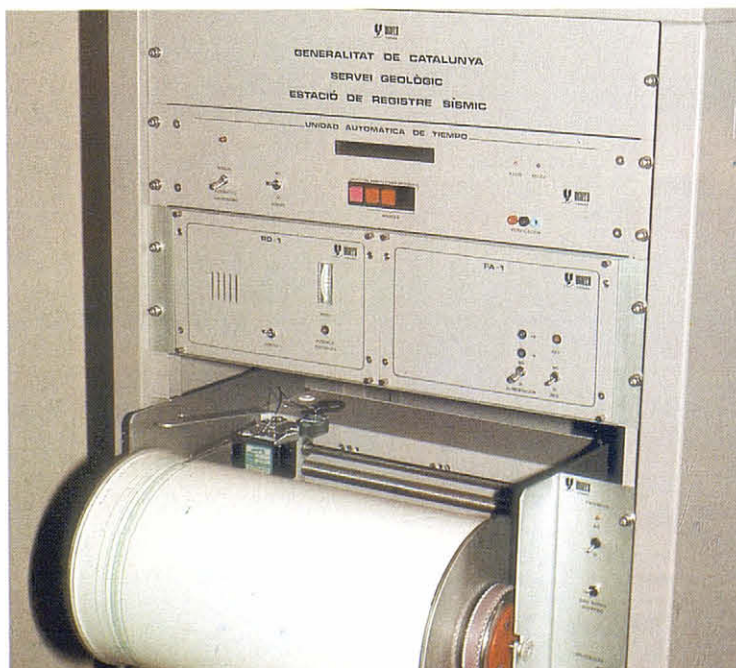


Fig. 7b. Centre de registre de les estacions sísmiques del Servei Geològic.



logia inicia la seva tasca el 1984 i, en aquests tres anys, ha instal·lat quatre sismògrafs (vegeu fig. 6). A final de 1985 n'entren en funcionament un a l'Institut d'Investigació d'Alta Muntanya de Vielha (la Val d'Aran) en col·laboració amb la Universitat de Barcelona i un altre al Casal dels Volcans d'Olot (la Garrotxa), en col·laboració amb els ajuntaments d'Olot i de les Preses. En aquesta primera etapa es va fer una distribució que permetés un control de la sismicitat dels Pirineus. Enguany, ha estat instal·lada una estació sísmica al Monestir de les Avellaneres (la Noguera), i recentment, una altra a l'Abadia de Montserrat (el Bages).

El funcionament d'aquestes estacions està indicat en l'esquema de la figura 7a. El moviment de terra captat pel sensor (component vertical) és transformat en senyal elèctric, el qual és amplificat, filtrat, modulat i transmès per ràdio al centre de registre (fig. 7b). Allà, el senyal és rebut mitjançant un receptor i la seva sortida és desmodulada, filtrada i enregistrada en continu sobre paper. Encara que actualment cada centre de registre envia els sismogrames per correu, esperem que en un futur pròxim una part de la informació estigui centralitzada en el Servei.

Pel que fa al millorament dels observatoris, el Servei Geològic, mitjançant convenis o subvencions, ha contribuït a l'adquisició de material per als equips sísmics, i això ha suposat un millorament dels registres instrumentals.

El Servei Geològic manté una estreta col·laboració amb l'Observatori Fabra en la tasca de localització dels terratrèmols. La recopilació i anàlisi dels registres instrumentals, tant si són propis com d'estacions controlades per uns altres organismes espanyols i estrangers, fa possible la determinació de paràmetres com ara l'epicentre (latitud i longitud), l'hora origen, la profunditat i la magnitud. Quan un moviment sísmic és percebut per la població l'anàlisi de la informació macrosísmica continguda en les enquestes permet l'avaluació de la intensitat a cada punt d'ob-

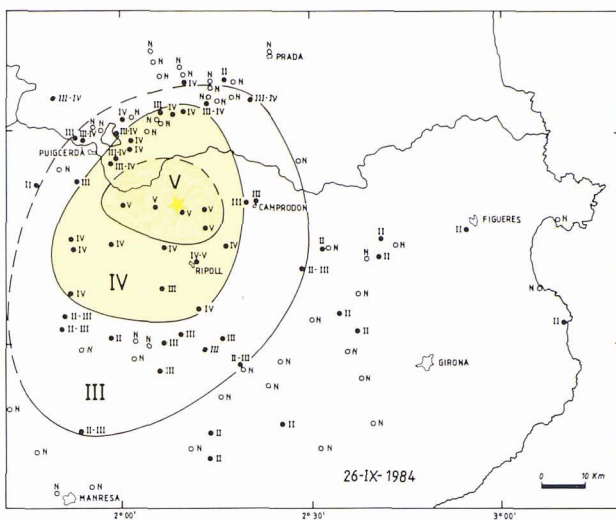


Fig. 8. Isosista del terratrèmol succeït el 26.09.1984

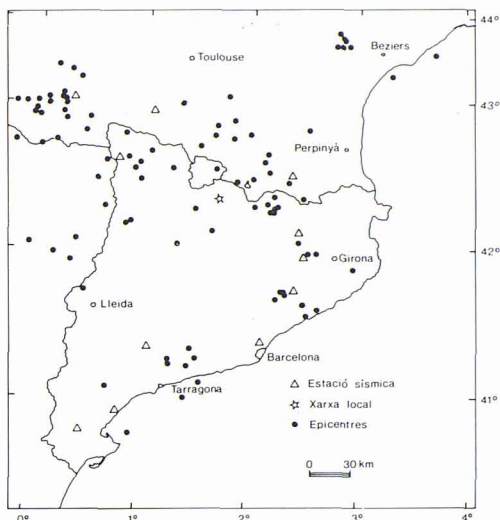


Fig. 9. Activitat sísmica corresponent al període 1984-1986.

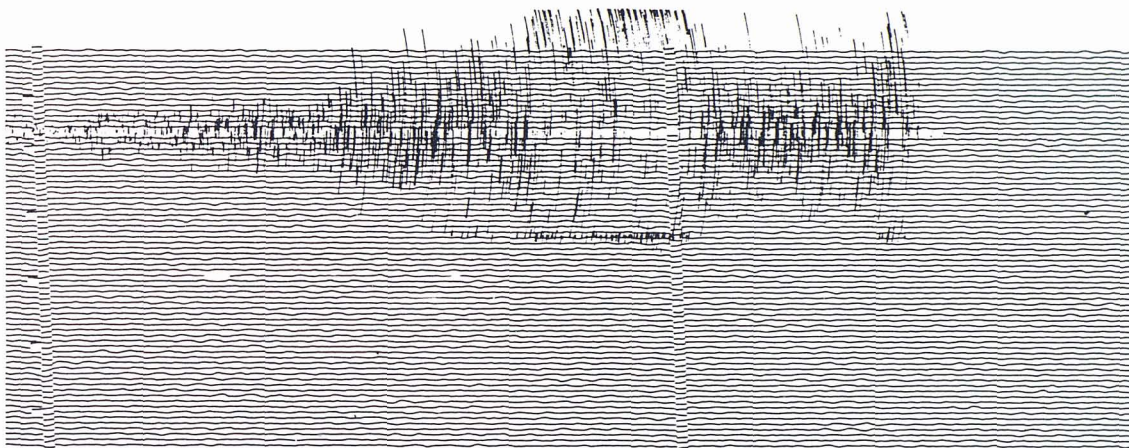


Fig. 10 Moviment sísmic del dia 24 d'agost de 1987 enregistrat a l'estació de Vielha.

servació i el traçat d'isosistes. Presentem un exemple dels estudis realitzats (fig. 8) referent al terratrèmol del 26 de setembre de 1984 situat prop de Ribes de Freser (el Ripollès). A la mateixa figura hi ha representada la localització calculada amb els registres instrumentals, la qual és coherent amb l'àrea de màxima intensitat.

Amb les dades pròpies del Servei Geològic es confecciona un butlletí mensual que s'intercanvia amb uns altres centres. La informació més completa i elaborada queda recollida en el *Butlletí Sismològic* que s'edita anualment. A la figura 9 hi ha representada l'activitat sísmica localitzada a Catalunya durant el període 1984-86. Cal assenyalar que, l'any 1984, tres terratrèmols foren percebuts per la

població, l'un al Maresme, l'altre al Ripollès i el darrer a l'Alt Camp. L'any 1985 els sismes estudiats foren dos, l'un sentit a la zona de la frontera Osca-Lleida, i l'altre cap a Vilafranca del Penedès. A la zona d'Amer foren percebuts dos sismes durant el 1986. Molt recentment, el 24 d'agost de 1987, fou percebut un terratrèmol a diverses comarques de Catalunya, en particular a la ciutat de Barcelona. A la figura 10 mostrem el registre d'aquest sisme a l'estació de Vielha situada a uns 180 km de l'epicentre.

La incorporació de les dades de les noves estacions a les ja existents ha permès de detectar microsismicitat, en particular als Pirineus a la zona de Vielha. En alguns casos concrets és evident que s'ha aconseguit una millora molt consi-

derable de la fiabilitat de la localització hipocentral. En alguns altres casos, com en el del recent terratrèmol del 24 d'agost, s'abordarà, a més a més un estudi detallat del procés succeït en el focus sísmic. L'acumulació de dades ens assenyalarà les zones més actives del territori i ens permetrà planificar estudis locals.

Com més anem avançant en la millora de la xarxa sísmica més constatem que la informació recollida fa possible un coneixement més detallat de la sismicitat de Catalunya i per tant proporciona als enginyers una informació més bona per a l'avaluació de la perillositat sísmica de Catalunya i les accions a considerar en el disseny sísmic.

C.O. □