

# SISMICITAT I ZONACIÓ

per Carme Olivera i Lloret, Enric Banda i Tarradellas i  
Josep Gallart i Muset

(ciència 8


agost 1981/491) 27

Així com la sismicitat a la Terra es concentra en determinades regions, cal també destacar el fet que, treballant a petita escala (zones d'unes desenes de quilòmetres de radi), els sismes no es produeixen en qualsevol lloc, sinó que estan directament relacionats amb la tectònica regional i són conseqüència de l'activitat de les falles.

Carme Olivera i Lloret (Barcelona, 1950) és llicenciada en física per la Universitat de Barcelona (1975), on obtingué el grau de llicenciatura el 1977. Fins el 1978 fou becària del Consejo Superior de Investigaciones Científicas i després professora ajudant de geofísica a Barcelona. De 1978 a 1980 ha realitzat estudis de sismologia a la Université Pierre et Marie Curie de París. En aquests moments treballa al departament de geofísica de la Universitat de Barcelona.

Enric Banda i Tarradellas (Girona, 1948) és doctor en geofísica per la Universitat de Barcelona (1979). Realitza estudis de postlicenciatura a l'Escola Politècnica Federal de Zuric (Suïssa).

Josep Gallart i Muset (Barcelona, 1954) es llicencià en física a Barcelona l'any 1976. Obtingué el 1980 el doctorat de tercer cicle a la Universitat de París Pierre et Marie Curie.



A partir de les dades geològiques, podem conèixer les falles visibles en superfície i tenir una idea de llur edat de formació. Cal tenir en compte, però, que les falles poden estar encobertes també per sediments més recents dipositats al damunt, i aleshores llur detecció requereix l'ús de mètodes geofísics. Donat que els sismes es produeixen a una certa profunditat i que una falla no té perquè prolongar-se verticalment en profunditat sinó que pot estar inclinada, trencada..., no és evident l'associació dels sismes a les falles.

De fet, pel que fa al risc sísmic, el nostre interès bàsic és el d'establir el grau d'activitat actual i futura d'una falla. Considerem que una falla és activa si ha experimentat desplaçaments durant el quaternari i, sobretot, si en tenim evidències històriques, és a dir, si s'han observat desplaçaments amb o sense producció de terratrèmols, així com activitat de microterratrèmols.

Un estudi detallat de la sismicitat d'una regió concreta no és sovint factible tan sols amb les estacions dites d'observatori, fixes i en funcionament permanent, car llur nombre és reduït i considerable la seva distància de separació per tal d'assolir la precisió desitjada. Per a aconseguir-la, cal dur a terme el que s'anomena una campanya de sismicitat (o bé de microsismicitat, segons la magnitud dels sismes que ens interressi detectar), que consisteix en la instal·lació, durant un període de temps determinat, d'una xarxa d'estacions sísmiques portàtils que envoltin la regió en qüestió, per tal de registrar els esdeveniments locals i determinar amb precisió els epicentres, les profunditats i llur mecanisme en el focus, el qual ens indica quin ha estat el tipus de moviment de la falla responsable del terratrèmol.

La preparació i la realització d'una cam-

panya de microsismicitat comporta diverses etapes. En primer lloc, cal definir la zona d'interès, tenint en compte el grau d'activitat sísmica en el passat i altres dades geològiques i geofísiques, així com la importància i la significació geogràfica en el present i en el desenvolupament socioeconòmic de la regió.

Un cop fixada la zona, es procedeix a la implantació d'estacions cercant llocs d'un sòl com més consolidat millor i amb un mínim soroll de fons, resultat de les activitats de tipus industrial (màquines, motors,...), humana (aglomeracions, carreteres,...) o bé natural (vent, pluja, animals,...). Llocs força interessants i convenients amb aquests requisits són les coves, les mines abandonades...

La durada d'una campanya depèn, evidentment, de les possibilitats econòmiques i sol ésser d'un a dos mesos, període de temps que pot ésser, en general, suficient per a obtenir una informació representativa de l'activitat sísmica. Cal tenir en compte, però, que és normal que àdhuc les regions més actives presentin períodes de calma i per tant l'absència de sismicitat no implica necessàriament que una falla no sigui activa. L'instrumental utilitzat consisteix en un conjunt d'estacions compostes d'un sensor (sismòmetre) que capta els moviments del terra, el qual està connectat a un registrador que transmet la informació bé de manera contínua sobre paper per mitjà d'un inscriptor, permetent una visualització i un control immediats, o bé sobre una cinta magnètica, fent possible així posteriors tractaments del senyal.

Un exemple recent d'una campanya de microsismicitat el tenim en la que s'ha dut a terme l'octubre del 1980 als Pirineus catalans, en col·laboració entre la Universitat Central de Barcelona i l'Institut de Physique du Globe de París. L'objectiu fonamental ha estat l'estudi de la sismicitat associada a les falles de la Tet o de Catalunya, i del Tec, falles que tenen una activitat històrica important i, pel que fa a la primera, amb tres sismes percebuts per la població de magnituds entre 3 i 4, en els tres darrers anys, en la zona de Prada-Cerdanya. A més, d'altres estudis de sismologia efectuats per tota la serralada pirinenca han indicat que aquestes falles poden tenir una continuació i una significació en profunditat, i arriben fins a la base de la crosta (30 km).

Unes deu estacions han estat instal·lades al Pirineu català, a ambdós costats de la frontera, segons es veu a la figura 1. Com que la campanya s'ha enllestit fa poc, les dades estan encara en procés de tractament. Una primera inspecció dels registres sembla indicar, però, que l'activitat sísmica ha estat

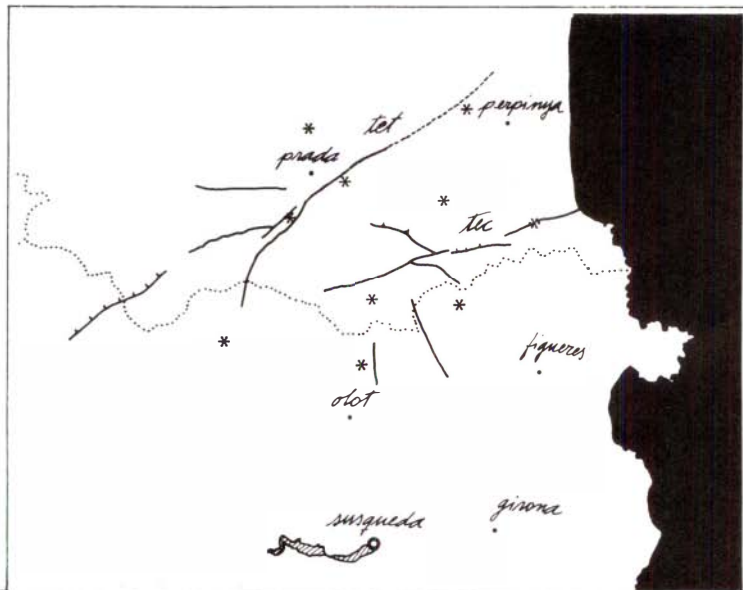


Figura 1. (Els estels simbolitzen les estacions mòbils corresponents a la campanya de microsismitat; el cercle representa l'estació permanent de vigilància de la resclosa de Susqueda (Girona).

Figura 2. Registres de diverses estacions corresponents a un terratrèmol localitzat a la zona de Ribes de Freser.

més aviat reduïda dins la regió en qüestió (molts registres procedeixen per exemple del sisme d'El Asnam, Algèria, i les seves rèpliques). Tanmateix, s'han captat diversos sismes, de magnitud inferior a 2.5, dels quals presentem un exemple a la figura 2, amb els registres corresponents a diferents estacions de la xarxa d'un terratrèmol, l'epicentre del qual se situa en la zona de Ribes de Freser.

Cal considerar aquesta campanya com una primera experiència de reconeixement de la zona; d'altres estudis de la mateixa regió, de més llarga durada, estan en projecte i depenen de les possibilitats econòmiques, els quals haurien d'ampliar-se cap a la zona olotina, d'una història sísmica certament agitada i significativa.

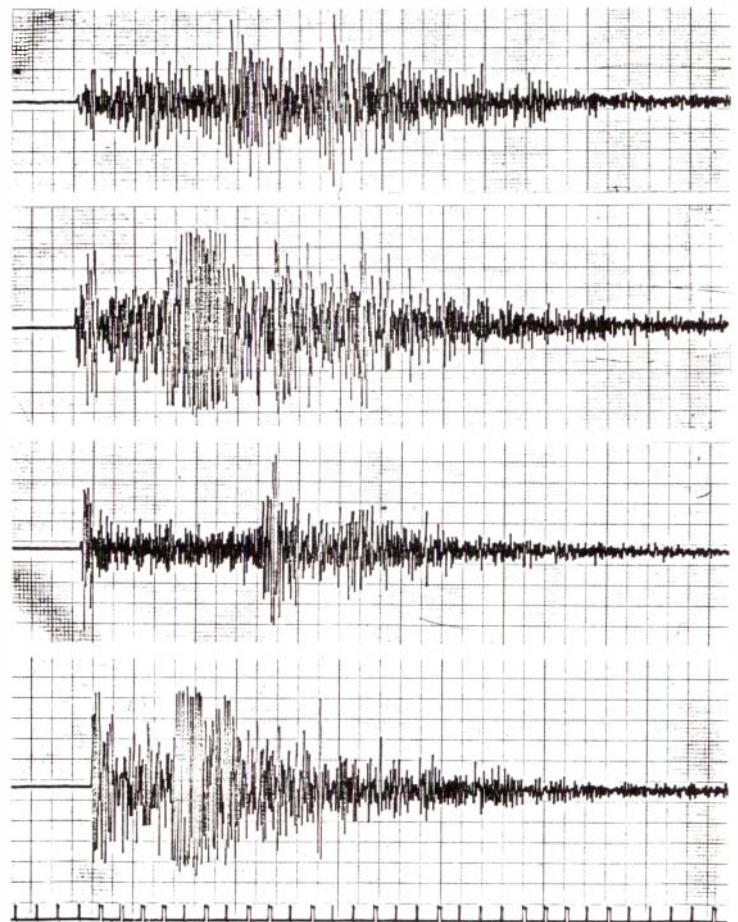
Aquests estudis de microsismitat ens donen informació de l'activitat sísmica actual. Aquesta informació, juntament amb l'obtinguda a partir de terratrèmols passats i els efectes produïts, seran la base per a deduir quines seran les característiques dels probables terratrèmols en el futur. Interessa, doncs, saber, per a una àrea determinada, quins seran els valors màxims operats de la intensitat i les característiques del focus sísmic per a poder així preveure els possibles efectes sobre la població d'aquesta àrea.

La tècnica que s'utilitza és la de dividir una àrea en zones que seran caracteritzades pel seu grau d'activitat sísmica (alta, mitjana, moderada,...) i permetran l'elaboració del que es coneix per mapes de zonació sísmica. Si es treballa a petita escala, incorporant informació sobre les condicions locals del sòl, s'obtenen mapes de microzonació. Aquests mapes són molt importants dins el camp de l'enginyeria sísmica i haurien d'ésser un element bàsic per a qualsevol decisió respecte a la planificació regional i urbana, així com en el disseny antisísmic. Els propòsits de l'obtenció d'aquest tipus de mapes són, doncs, fonamentalment donar codis per a la construcció d'edificis i donar un coeficient de risc sísmic per a llocs on es pretén instal·lar preses, centrals nuclears, grans complexos industrials, etc.

Els paràmetres que s'utilitzen en la compilació dels mapes de zones sísmiques són els següents:

- a) intensitat dels terratrèmols i la seva distribució (mapes d'isosisistes).
- b) atenuació de les ones sísmiques en funció de la distància epicentral i la profunditat focal.
- c) paràmetres referents al focus: epicentres, profunditats, magnituds, mecanismes, dimensió de les falles, etc.
- d) paràmetres que descriuen els aspectes geotectònics i geofísics, com les falles actives, l'estructura de la crosta, etc.

Si processem aquestes dades, i tenim en compte la informació que aporten les experiències del laboratori (fracturació de roques, inestabilitat mecànica que pot provocar sismes en la crosta,...), obtenim un conjunt de relacions que seran la base dels mapes de zonació. A la figura 3 es mostren diferents regions sísmiques d'Europa (segons Karnik).



Com un exemple més detallat de zonació sísmica, presentem aquí els resultats obtinguts pel Servei de Terratrèmols de Suïssa. A Suïssa, país d'una extensió semblant a la de Catalunya però de doble població, es disposa de setze estacions onze de les quals transmeten el senyal sísmic per ràdio a la central de Zurich. Aquesta densa xarxa d'estacions permet de localitzar amb precisió terratrèmols a partir d'una magnitud d'1.5 dins el territori suís.

L'estudi dels terratrèmols històrics i dels registrats instrumentalment, a més d'altres dades sismotectòniques, ha permès de determinar les principals zones sísmiques a Suïssa. Amb aquest fi, s'ha determinat l'activitat sísmica i la seva regularitat, s'han fet estudis d'atenuació de la intensitat i finalment s'ha estudiat la influència d'una zona en les altres.

Com a resultat d'aquests estudis s'ha confeccionat el mapa de la



Figura 3. Mapa de les diferents zones sísmiques d'Europa. A la península s'estableixen tres zones de diferent activitat: la zona 4, de baixa activitat; la zona 3, d'activitat moderada; i la zona 5, d'activitat més elevada.

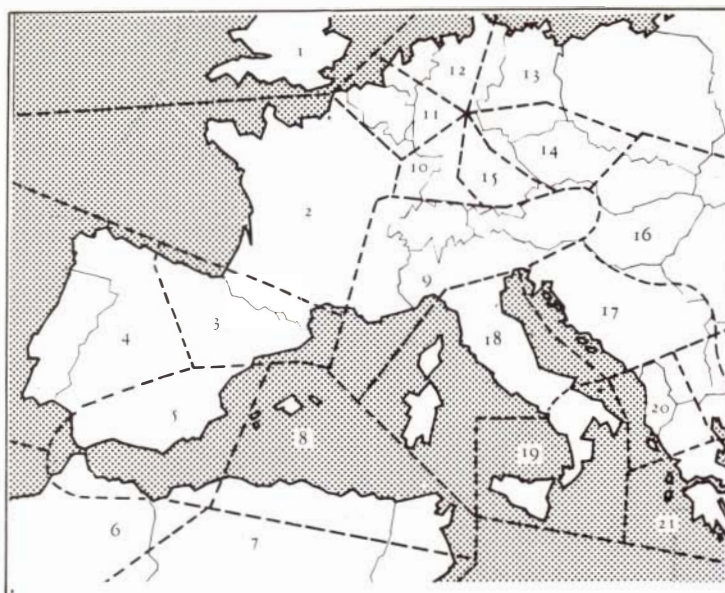


Figura 4. Mapa de zonació de Suïssa en el qual es diferencien quatre zones d'acord amb el seu grau d'activitat sísmica.

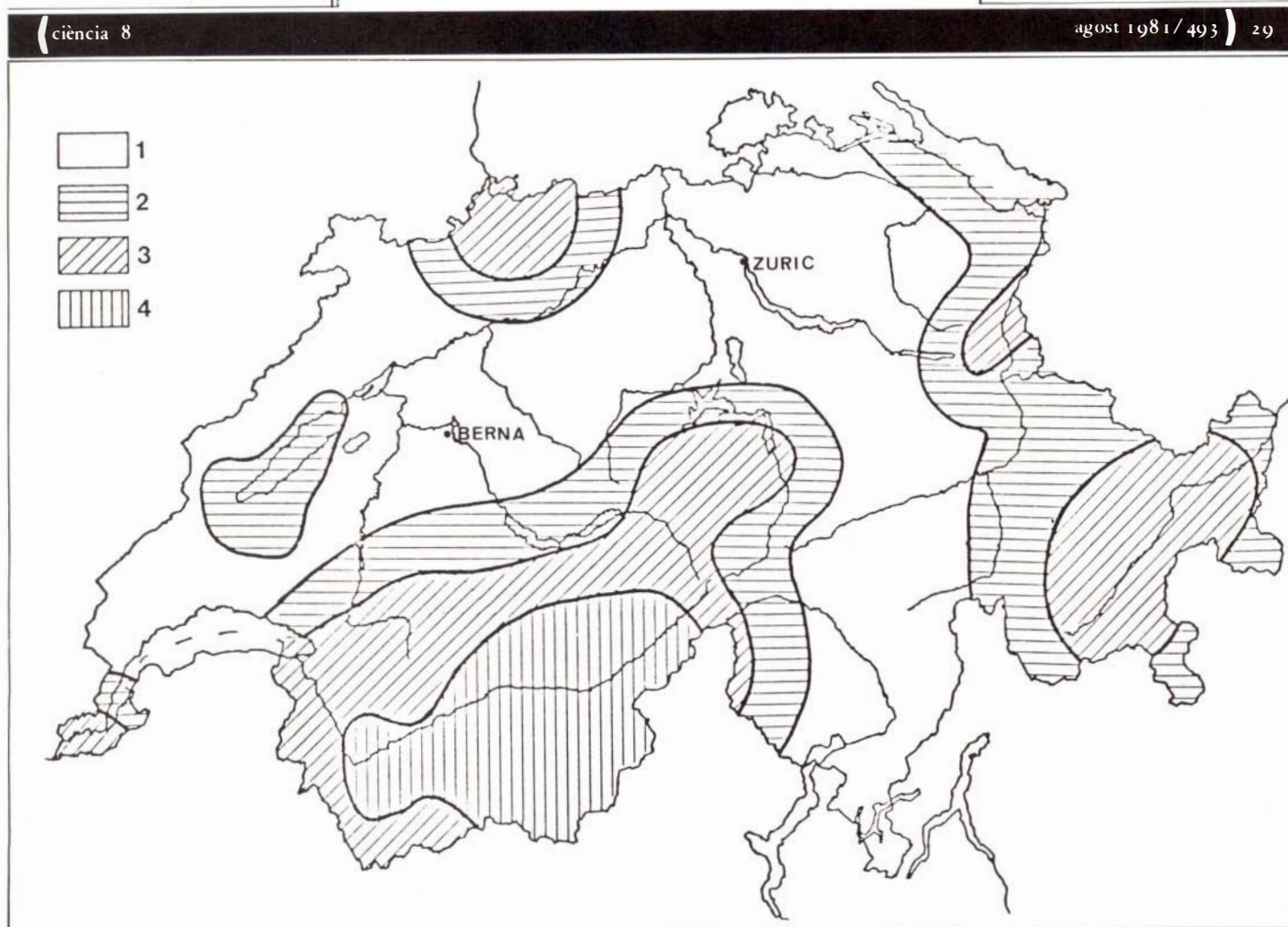


Figura 4, on es distingeixen quatre zones diferents. La zona 1, de poca activitat sísmica; les zones 2 i 3, d'activitat moderada i mitjana i la zona 4, que té la més alta activitat.

una investigació bàsica abans de la confecció del mapa. Pel que es refereix a la península ibèrica i més concretament a Catalunya, les dades disponibles no ens permeten més que la construcció de mapes de zonació indicatius.

( C. Olivera, E. Banda i J. Gallart )

63% en 100 anys / 10% en 100 anys / 1% en 100 anys

Zona	63% en 100 anys	10% en 100 anys	1% en 100 anys
Zona 1	V - VI	VI - VII	VII - VIII
Zona 2	VI	VII	VIII
Zona 3	VI - VII	VII - VIII	VIII - IX
Zona 4	VII	VIII	IX

Aquesta taula mostra el significat de zonació; així, la primera columna indica, amb una probabilitat del 63 per cent, la intensitat màxima esperada deguda a un terratrèmol en cent anys. Les columnes 2 i 3 indiquen el mateix però amb probabilitats del 10 per cent i de l'1 per cent.

Cal remarcar que l'obtenció d'un mapa realista de zonació sísmica requereix un banc de dades suficientment gran i fiable i

#### Materials de lectura

- V. Karnik: *Seismicity of the European Area*, Txecoslovàquia, Ed. D. Reidel Publishing Company, 1969.
- J. Mezcu: *Microsismicidad y fallas activas*, dins: *Seminario sobre criterios sísmicos para instalaciones nucleares y obras publicas*, Madrid, Ed. Instituto Geográfico Nacional, 1979.
- R. Sagesser i D. Mayer-Rosa: *Erdbebengefährdung in der Schweiz*, *Schweizerische Bauzeitung*, "Sonderdruck aus Heft", 1978, 7.
- UNESCO: *Terremotos*. Barcelona, Ed. Blume, 1980.