

Introducció a l'estudi dels terratrèmols

La sismologia

Rosend Amores i José Fenollar
IES Ribot i Serra · Sabadell

Introducció

La sismologia és una branca de la geofísica que s'encarrega d'estudiar els terratrèmols i la propagació de les ones sísmiques que s'originen a l'interior i en la superfície de la Terra. És una ciència relativament nova ja que els seus mètodes i instruments d'observació es van desenvolupar durant el segle XX. La sismologia busca conèixer l'estructura interna de la Terra per així descobrir les causes que provoquen els terratrèmols i poder prevenir danys sísmics. A més, també estudia altres fenòmens relacionats amb els moviments sísmics com els sismes submarins i les vibracions prèvies a les erupcions volcàniques.

El registre instrumental dels terratrèmols o, altrament dit, l'obtenció de sismogrames que registren el moviment de terra durant un terratrèmol, no començà fins a l'últim quart de segle XIX i, encara que, en pocs llocs i de forma molt elemental. El registre no es generalitzà realment fins al començament de segle XX.

La posició de la Península Ibèrica, en la proximitat de la zona de contacte entre les grans plaques Euroasiàtica i Africana, i el seu peculiar moviment relatiu respecte d'ambdues, dona lloc a l'aparició de cordons o cinturons de sismicitat, tant en els voltants de la serralada pirinenca com en les serralades bètiques. Estant la Comunitat Valenciana situada a l'extrem nord-oriental de les mateixes, no són d'estranyar les evidències, tant de caràcter geològic, paleosismicitat, com de caràcter històric-documental i recentment instrumental, en favor de l'ocurrència periòdica d'episodis sísmics, d'intensitat moderada, si bé en ocasions no gaire llunyanes han arribat a produir autèntiques catàstrofes per a la població. En l'actualitat, l'Institut Geogràfic Nacional té instal·lades a la Comunitat Valenciana dos estacions de detecció de terratrèmols: en Xera, València i en Los Montesinos, Alacant. Els terratrèmols que han ocorregut a la Marina Alta, són de molt petita magnitud, el màxim, ha estat de 3,1 graus en l'escala Richtè, entre el 26 de juliol i 2 d'agost del 2018 on l'epicentre va estar situat en Benissa.

Terratrèmols

Un terratrèmol o sisme és un fenomen natural que es produeix a l'interior de la Terra quan l'energia acumulada s'allibera a través d'ones sísmiques que provoquen una o diverses sacsejades en l'escorça terrestre. Les roques de l'escorça es poden com-

portar elàsticament i acumular tensions (energia) fins al punt que supera el límit del material i es fractura. Els terratrèmols més comuns es produeixen quan s'allibera energia potencial elàstica acumulada en la deformació gradual de les roques contigües al pla d'una falla activa, encara que també poden donar-se per altres causes com el xoc entre dues plaques tectòniques, els processos volcànics, els impactes d'asteroides, etc. Fins i tot, l'ésser humà els pot crear realitzant pràctiques nuclears, per exemple. El punt on s'origina un terratrèmol es diu hipocentre i la seva projecció a la superfície es diu epicentre (figura 1).



Figura 1. Quan es registra un terratrèmol, les ones sísmiques es propaguen en totes les direccions des del hipocentre. L'estudi de les ones registrades permet localitzar l'epicentre i la profunditat a la qual s'ha originat el terratrèmol. Font: imatge de <http://www.obsebre.es/ca/sismica-instruments-i-metodologia>.

Sismògraf

Un sismògraf (figura 2) és un instrument usat per mesurar moviments de la Terra. Consisteix d'un sensor que detecta el moviment de terra, el qual es denomina sismòmetre i està connectat a un sistema de registre. Un sismograma (figura 3) és un registre de moviment de terra dut a terme per un sismògraf. L'energia mesura en un sismograma resulta de fonts naturals com són els sismes (o terratrèmols), o de fonts artificials com són els explosius (sismes induïts).

Un sismòmetre senzill (figura 2), que és sensible a moviments verticals del terreny pot ser visualitzat com un pes suspès d'un ressort que al seu torn estan suspesos sobre una base que es mou amb els moviments de la superfície de la Terra. El moviment relatiu entre la massa i la base, proporciona una mesura del moviment vertical de la terra. Per afegir un sistema de registre es col·loca un tambor que gira a la base i un marcador subjectat a la massa.

El moviment relatiu entre el pes i la base, pot ser registrat generant una sèrie de registres sísmics que coneixem com sismograma.

Parts d'un sismògraf

Seguint un esquema molt clàssic, en un sismògraf (veure figura 2) podem distingir tres parts principals: sensor, amplificador i inscriptor. El sensor, també anomenat sismòmetre o geòfon, és l'element que detecta el moviment de terra i el converteix en un senyal que puguem registrar de forma convenient. La part amplificadora és, com el seu nom indica, la que amplifica el senyal registrat pel sensor a causa de que aquesta és, en general, de magnitud massa petita per a la seva observació directa. Finalment, la part inscriptora, que ens permet obtenir algun tipus de gràfica del registre obtingut pel sensor, és a dir, el sismograma (figura 3). En aquesta última part s'inclou també algun sistema, generalment anomenat cronògraf, que ens permeti la introducció d'una referència temporal en la gràfica i, per tant, puguem conèixer a quina hora s'ha registrat les diverses fase i ones que componen un registre.

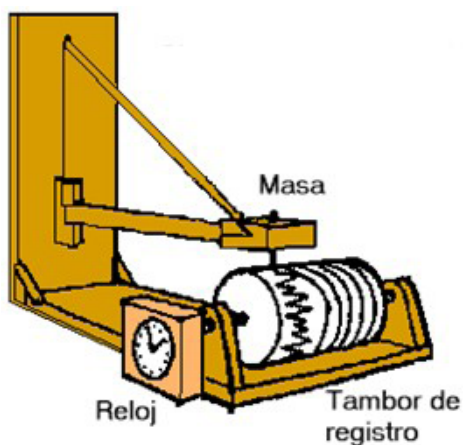


Figura 2. Sismògraf.

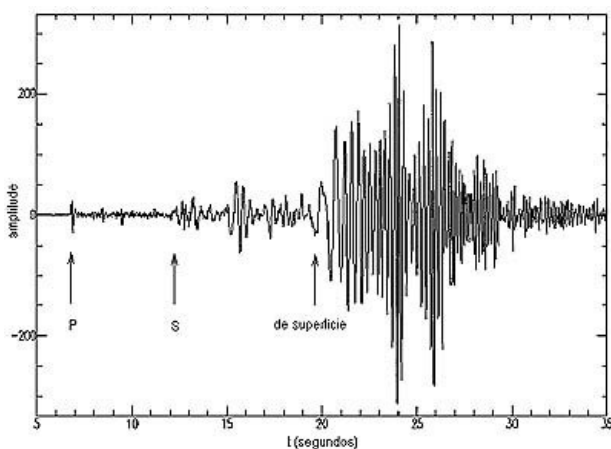


Figura 3. Sismograma. Registre d'un terratrèmol amb les corresponents ones. Primer les ones Primàries (P), després Secundàries (S) i finalment les ones superficials (de superfície). (Font: imatge de <http://www.obsebre.es/ca/sismica-instruments-i-metodologia>).

Ones primàries (p), secundàries (s) i les ones superficials

Els terratrèmols se solen produir en els primers quilòmetres de l'escorça terrestre (tot i que també hi ha terratrèmols molt profunds associats a zones de subducció). El punt on es produeix la "ruptura" es diu focus o hipocentre, mentre que aquest mateix punt projectat en superfície es denomina epicentre (figura 1).

Les ones sísmiques són un tipus d'ona elàstica que es propaguen des del hipocentre del terratrèmol o moviment sísmic a través d'un medi material elàstic. També es pot dir que són paquets d'energia de deformació elàstica que es propaguen cap a fora des d'una font sísmica, com pot ser un terratrèmol o una explosió. Hi ha dos tipus d'ones sísmiques:

- Les ones secundàries (S) (figura 3) són ones transversals o de tall, és a dir, es desplacen perpendicularment a la direcció de propagació de l'ona. La velocitat de les ones S (de 4 a 6 km/s aproximadament) és menor a la de les primàries (P) (veure figura 3), encara que aquestes causen més danys.

- Les ones superficials (figura 3): quan les ones internes arriben a la superfície es creen les ones superficials que es propaguen a través de la interfase de la superfície. Són les ones que tenen menys velocitat de propagació, però són les que provoquen més danys. A més, només apareixen amb terratrèmols amb magnituds i intensitats considerables.

Com hem dit abans, durant un terratrèmol es generen diverses ones sísmiques (figura 3), unes viatgen per l'interior (ones internes) de la Terra: són les primàries P i secundàries S, i altres ho fan per la superfície (ones superficials) com les ones *Rayleigh* i *Love*. Les ones internes viatgen a través de l'interior, són les més ràpides. Segueixen camins corbats causa de la variada densitat i composició de l'interior de la Terra. Aquest efecte és similar al de la refracció de les ones de llum. Les ones superficials quan les ones internes arriben a la superfície, es generen les ones L (Love), que es propaguen per la superfície de discontinuïtat de la interfase de la superfície terrestre. Són les causants dels danys produïts pels sismes en les construccions.

Atès que les ones P es propaguen a més velocitat que altres tipus d'ones, són les primeres a ser registrades en un sismograma. Després arriben les ones S i per fi les ones superficials (ones *Rayleigh* i *Love*). En un sismograma podem veure que les ones P tenen una amplitud d'ona molt petita mentre que les ones superficials tenen l'amplitud d'ona més gran (figura 3).

L'estudi dels sismogrames permet conèixer la distància a la qual s'ha produït un determinat terratrèmol. La diferència de temps entre l'arribada de l'ona P i S ens informa el proper o llunyà que ha estat aquest terratrèmol. Per definir correctament l'epicentre d'un terratrèmol és necessari un mínim de 3 estacions sísmiques que ho registrin.



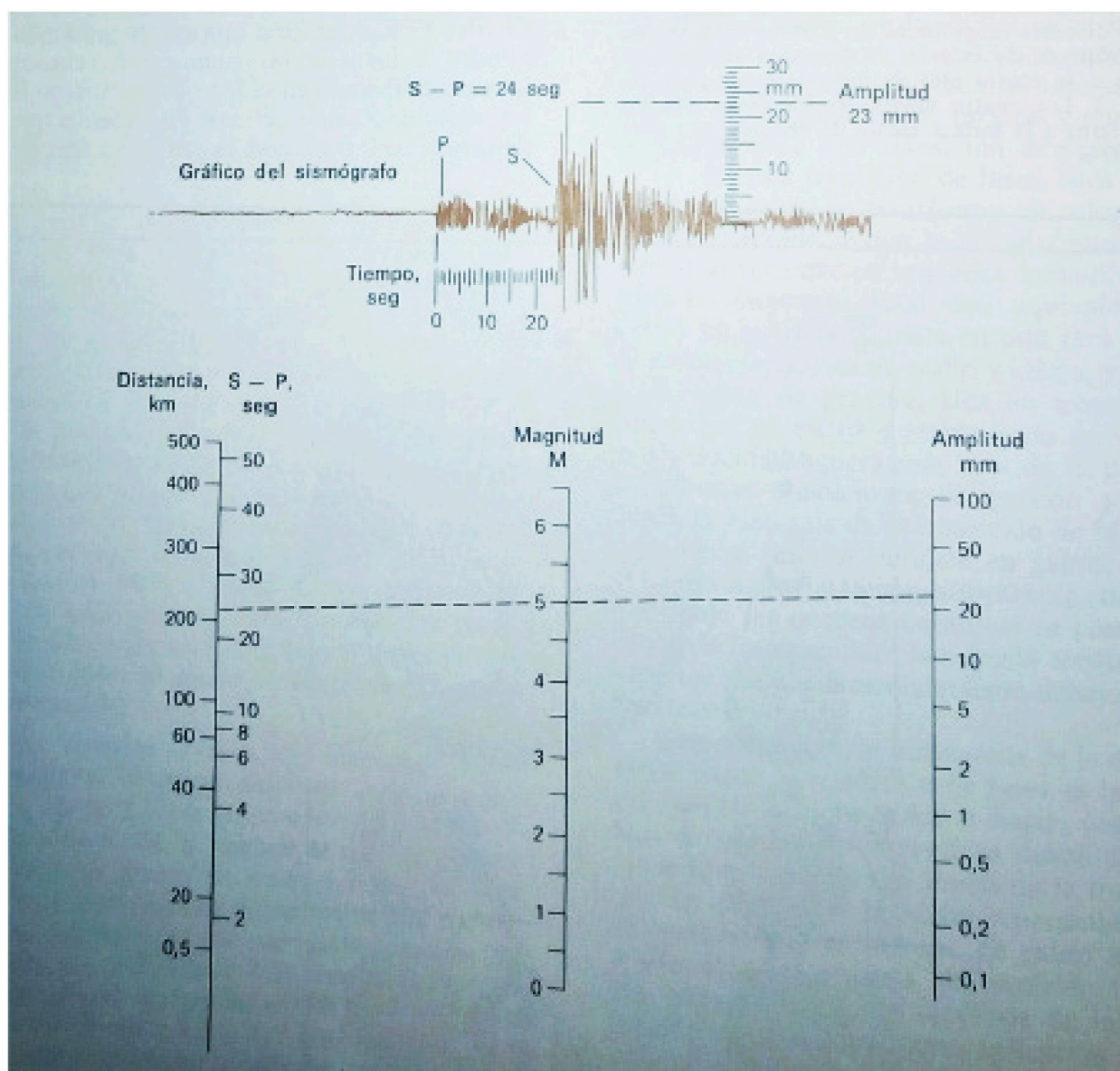


Figura 4. Gràfica que mostra com determinar la magnitud d'un terratrèmol sabent l'amplitud d'ona i la diferència del temps d'arribada de les ones P i les ones S (mètode que s'utilitza per determinar l'epicentre). Les dades s'extreuen d'un sismograma.

Determinació de la magnitud d'un terratrèmol

Mitjançant un sismograma (figura 3) sabent l'amplitud de l'ona i la diferència del temps d'arribada de les ones P i les ones S (mètode que s'utilitza per determinar l'epicentre) podem determinar la magnitud d'un terratrèmol (figura 4).

Quan es produeix un terratrèmol les ones sísmiques P (primàries) i S (secundàries) generades, es dispersen en totes les direccions. Per les seves característiques de propagació, aquestes ones viatgen a diferents velocitats, sent l'ona P més veloç que la S, amb la qual cosa l'ona P es va allunyant poc a poc de l'ona S a mesura que ens apartem de l'epicentre. Per tant, com més lluny es troba una estació de l'epicentre de terratrèmol, més gran serà la diferència de temps d'arribada entre l'ona P i l'ona

S; de manera que aquesta diferència de temps (S-P) proporciona una mesura de com de distant està l'epicentre del lloc de mesurament.

Conclusions

L'estat de coneixement actual de la ciència que estudia els terratrèmols, ens diu que, per desgràcia, aquests moviments sísmics no es poden predir, ni a Espanya ni a cap altra part de món. Per aquesta raó caldria prendre dos tipus de mesures. Una primera mesura que seria donar suport a la investigació per d'aquesta manera conèixer cada vegada millor aquests fenòmens naturals i mentre la investigació va avançant, una qüestió molt important és la prevenció perquè cada ciutadà sàpiga que ha de fer en cas de terratrèmol.