

# Anatomia singular d'un terratrèmol

La repetició de tres terratrèmols a la mateixa regió de Mèxic i en la mateixa data, amb uns anys de diferència, és la mostra d'un comportament cíclic de la Terra o una simple casualitat? A partir d'aquest i altres exemples, l'autora exposa les causes dels sismes recurrents i la necessitat de millorar les mesures de prevenció.

Per **María Ortuño**

Ha tornat a passar. Per tercera vegada, la terra ha tremolat fort a Mèxic un 19 de setembre i ha deixat perplexa una població que lluita contra corrupcions i supersticions. Hi deu haver alguna cosa en l'estadística dels sismes que se'ns escapa? Recapitem. El 19 de setembre de 1985 va tenir lloc un sisme d'una magnitud de moment (Mw) 8,1 a la costa pacífica de Mèxic. Les ones van recórrer uns 400 km fins a arribar a Ciutat de Mèxic, l'antiga Tenochtitlán, fundada sobre els dipòsits d'un antic llac. En condicions normals, aquesta distància és suficient perquè les ones s'atenuïn i no

causin grans destrosses. Però es donen circumstàncies específiques que no permeten l'atenuació, sinó tot el contrari. El viatge a través de l'escorça terrestre fa que es filtrin les ones (només arriben ones amb determinades freqüències) i que, en arribar a aquesta cubeta fangosa, es produeixi una gran amplificació, que en aquest cas va causar una de les majors catàstrofes naturals de la història, a la qual s'atribueixen

Imatge de fons: escarpament produït pel moviment de la falla de Borrego el 4 d'abril del 2010.

## «Van començar a sentir-se alguns comentaris sobre l'origen místic d'aquests sismes.»

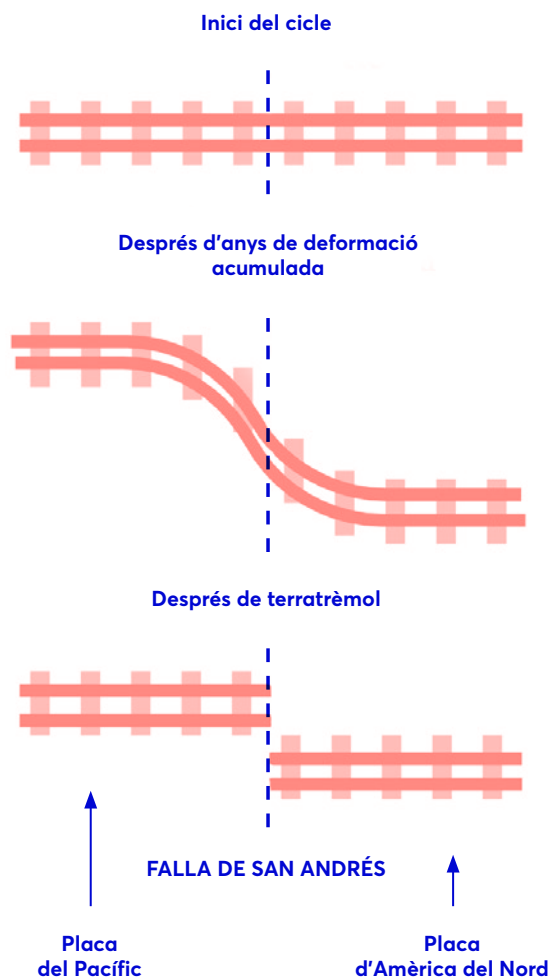


Figura esquemàtica de l'efecte del cicle sísmic sobre una via del tren que travessa una zona de falla (marcada amb línia discontinua), segons el model de «rebot elàstic». Durant el cicle sísmic, una part de l'escorça es desplaça cap a un costat, i una altra, cap al costat oposat. Enmig, la zona de falla es deforma de manera elàstica sense trencar-se. Durant el terratrèmol, la zona deforma es trenca i es recupera la situació inicial —sense deformació elàstica acumulada—. Immediatament després comença un nou cicle sísmic.<sup>1</sup>

més de quaranta mil víctimes mortals i dècades de recuperació econòmica.<sup>2</sup> El fenomen de l'amplificació en aquestes conques sedimentàries és un dels «efectes de lloc» que es donen en determinades configuracions geogràfiques i geològiques. També es produeix, per exemple, quan les ones queden «atrapades» en vessants abruptes (cingles) o a les crestes de les muntanyes. Aquest fenomen va tornar a ocórrer trenta-dos anys després, també un 19 de setembre, el 2017 (Mw = 7,1), ni més ni menys que quinze minuts després del simulacre de terratrèmol que es fa cada any per a la commemoració de l'esdeveniment del 1985. La població mexicana i la ciència es van sorprendre de la coincidència. El que ningú no s'esperava era que la sacsejada sísmica tornés a ser puntual cinc anys després (el 19 de setembre de 2022; Mw = 7,6) i també pocs minuts després del simulacre anual. Van començar a sentir-se alguns comentaris sobre l'origen místic d'aquests sismes-després-del-simulacre, «que podria tractar-se de la força humana de moltes ments pensant en els terratrèmols alhora» o «que aquesta data estava maleïda», encara que també arribaven reflexions més encertades, com ara «que potser hi ha alguna cosa cíclica en els comportaments de la Terra». I n'hi ha. Però, de moment, no ha afectat regions senceres, sinó falles concretes, i aquests tres sismes van ser generats en zones diferents i distants: els del 1985 i el 1922, a la zona de subducció pacífica, a la costa de Michoacán (encara que a uns 80 km de distància l'un de l'altre), i el del 2017, a les falles del centre del país (a l'estat de Puebla). Per això, de moment ho continuarem considerant una casualitat.

Si haguessin estat produïts a la mateixa zona, podríem parlar de cicle sísmic. En què consisteix aquest cicle? Us ho explicaré, precisament, a través de la veu d'un taxista mexicà.

Mèxic és per a mi com una segona casa. L'he visitat múltiples vegades i hi vaig viure dos anys (2010-2011), quan treballava a la Universitat Nacional Autònoma de Mèxic (UNAM) i després de fer la tesi a la Universitat de Barcelona (sobre terratrèmols al Pirineu!). Aquest estiu vaig tornar a aquesta terra màgica en un viatge familiar. En un dels trajectes en taxi vam tenir la sort d'escoltar el relat



#### Fractures associades a la falla del Camp, pròxima a la central nuclear de Vandellòs.

d'un taxista fent una singular anatomia del que és un terratrèmol, amb cert rigor científic. Singular només perquè, lamentablement, la cultura sísmica ciutadana sembla present només en zones que han estat durament afectades pels terratrèmols recents. M'agrada preguntar a la gent del carrer com percep el perill sísmic, així que li ho vaig preguntar. El taxista em va dir que havia tremolat fort el 2017 i després una mica menys el 2019, però que allà han de conviure amb això perquè tornarà a passar. A la seva manera, tenia clar que els sismes són recurrents. A més, també en coneixia les causes. Començà llavors a parlar-nos de les falles que travessen el país. Feia servir les mans per explicar-nos que les falles són aquí, acumulant «tensió», que vindria a ser la deformació elàstica que s'acumula a banda i banda de la falla. «Tot al seu voltant es deforma, però en direccions contràries. Arriba un moment que no poden més i *bruuuum*, es mouen bruscamment, i aquí es produeix el sisme i comença a acumular-se de nou la "tensió" fins que arriba el següent terratrèmol.» Jo, allucinata de veure com entenia i explicava el procés, li vaig continuar fent preguntes, però llavors la meva germana em va delatar: «Aquesta senyoreta d'aquí és experta en terratrèmols». El taxista que ens portava al centre de Ciutat de Mèxic ens acabava de fer cinc cèntims del que es coneix com a «model elàstic», teoria que va ser acceptada de manera general arran de les observa-

cions fetes per Henry Fielding Reid (1910) després del sisme que va destruir gran part de San Francisco el 1909.

La majoria de les falles que es mouen ho fan així, «a trompades». Cada vegada que es produeix un terratrèmol, s'allibera l'energia acumulada prèviament entorn de l'hipocentre, que correspon a una zona d'aspror que actua com un ancoratge fins que es trenca. Després del trencament, comença un nou cicle d'acumulació d'esforços que acabarà en el sisme següent. Només en algunes falles molt madures, en les quals la zona de falla està molt lubricada (amb minerals dúctils), el moviment es produeix de manera asísmica, per reptació. Aquest és el cas, per exemple, d'un segment de la falla de Calaveras, part de la zona de falla de San Andreas, a Califòrnia. El segment de falla travessa la ciutat de Hollister i deforma lentament (i silenciosament) les seves voreres a una velocitat de 15 cm l'any. La majoria de segments de la falla de San Andreas, no obstant això, són sísmics. Molts es mouen a velocitats semblants, i fan falta cicles (períodes intersísmics) d'entre 200 i 300 anys perquè la deformació acumulada pugui donar lloc al trencament de l'aspror. Parlem així de salts de falla acumulats d'entre 3 i 4,5 m (15 cm en cadascun d'aquests anys), que són els que, de manera sobtada, donen lloc als escarpaments de la falla durant els sismes.

## «Vivim en un planeta calent que s'està refredant. Per això hi ha muntanyes, mars, llacs i una varietat de paisatges i vides.»

Segons la zona del planeta, les falles poden moure's més lentament o més ràpidament. A la península Ibèrica les falles es mouen lentament (en general, a menys d'1 mm l'any). Poden produir sismes de magnitud moderada (fins a Mw 6,5-7), i els produeixen, però triguen molt més temps a acumular el desplaçament que cal per trencar l'aspror: a vegades, 1 m; a vegades, 2 o 3 m. Algunes d'aquestes falles es troben a Catalunya i, lamentablement, representen un risc elevat per a la població, principalment perquè no són tingudes en compte en la construcció i perquè tampoc no se n'estima la perillositat màxima que pot afectar-nos en termes urbanístics, que al final també són econòmics i socials. Les falles lentes són considerades menys perilloses que les que es mouen més ràpid, ja que trenquen la superfície menys sovint. En canvi, poden comportar un risc similar o fins i tot més gran perquè el nostre grau d'exposició i de vulnerabilitat pot ser més alt (risc = perillositat + exposició + vulnerabilitat). Dona una mica d'esperança la nova norma sismoresistent de l'Estat espanyol, a la qual hauran d'ajustar-se les noves construccions i de la qual, de moment, només s'ha publicat l'esborrany. Però, què passarà amb el que ja està construït? L'exemple pròxim més dramàtic és el de la central de Vandellòs, situada a pocs metres de la falla activa del Camp.<sup>3</sup> Deu conèixer aquesta falla algun taxista de l'Hospitalet de l'Infant? Deu saber algun taxista que a Catalunya hi va haver dos sismes que van causar prop de mil víctimes cadascun (el 1373 i el 1428)? Tant de bo en els pròxims anys es pugui conscienciar la gent i això arribi a les persones responsables de la falta de preparació. Perquè no és tan difícil conviure amb sismes màxims de Mw 7. I, si no us ho creieu, busqueu a la xarxa vídeos de sismes recents a Tòquio o a Alaska,<sup>4</sup> veritables exemples de com passen les ones i es respira una certa serenitat.

### Per què hi ha terratrèmols?

Vivim en un planeta calent que s'està refredant. Per això hi ha muntanyes, mars, llacs i una varietat de paisatges i vides. Hi ha terratrèmols i hi ha volcans. Als planetes freds el relleu és mínim i estàtic. Això es deu principalment al fet que no hi ha tectònica de plaques. Són planetes amb un interior bastant homogeni i en els quals els

agents externs (atenuats) han anat desmantellant les seralades, si és que n'hi va haver, i arrasant la superfície. La Terra, en procés de refredament, està feta de capes de diferent densitat. La més externa, la litosfera, és lleugera i fràgil, especialment en la seva part superficial, on es produeixen la majoria dels sismes (escorça sismogènica). Sota la litosfera, el mantell astenosfèric flueix i emergeix localment. Es refreda i es transforma en escorça en unes zones, les dorsals oceàniques. En canvi, la litosfera envella, es refreda i també s'enfonsa (subdueix) en altres zones: és el que es reconeix avui dia com la principal causa del moviment de les plaques (la força *slab pull*, en anglès). El vaixell que s'enfonsa i arrossega cap al fons el que té voltant.

El moviment de les plaques es produeix en diferents direccions segons les velocitats de creació i desaparició que hi ha en els seus límits. Les plaques s'acaben trencant al llarg de plans de feblesa i ho fan de manera fràgil (al llarg de les falles). A vegades les plaques també se superposen les unes amb les altres. Això sol donar lloc a cadenes muntanyenques, tant les que relacionem amb grans elevacions com les que han estat esborrades per l'erosió i ara reconeixem només en les estructures de les roques. ●

### Notes

- 1 Tant aquesta informació com la fotografia de la pàgina 66 estan extretes del llibre *La terra, un planeta inquiet*, de Meritxell Aulinas, Guillem Gisbert i Maria Ortuño, publicat per Edicions de la Universitat de Barcelona el 2018.
- 2 Terratrèmol de Mèxic del 1985: [https://es.wikipedia.org/wiki/Terratrèmol\\_de\\_M%C3%A9xic\\_de\\_1985](https://es.wikipedia.org/wiki/Terratrèmol_de_M%C3%A9xic_de_1985).
- 3 Vallvé, Alexia (2022). «Centrals nuclears amb peus de fang». *Directa*, núm. 553 (setembre), <https://directa.cat/centrals-nuclears-amb-peus-de-fang/>.
- 4 Vídeo enregistrat en una classe de secundària a Anchorage (Alaska) durant un sisme el 2018, [www.youtube.com/watch?v=NJZqREPC9ko](http://www.youtube.com/watch?v=NJZqREPC9ko).

**Imatge de fons: una esquerra en un carrer de San Francisco, després del terratrèmol de 1906.**