

# Laboratoris

## Laboratori d'Estudis Geofísics Eduard Fontserè

Director: Antoni M. Correig i Blanchar

---

El Laboratori d'Estudis Geofísics Eduard Fontserè (LEGEF) va ésser constituït l'any 1982 i és format per investigadors de diferents institucions amb la finalitat comuna de treballar en estudis en el camp de les ciències de la Terra i divulgar-los. Actualment, aquest laboratori centra l'activitat en l'estudi de la sismicitat i l'estructura interna (litosfera) de Catalunya a partir de les dades de les estacions que gestiona o bé fent servir la informació proporcionada per unes altres institucions que treballen en el mateix camp.

Com a font pròpia d'informació, les estacions sísmiques que subministren dades de manera directa al LEGEF estan instal·lades a dues zones ben diferenciades: la Catalunya meridional, amb les estacions de Vandellòs (VAN), del monestir de Poblet (POB) i, ocasionalment, de l'Observatori de l'Ebre (EBR), i el Pirineu, on hi ha instal·lada l'estació de banda ampla del Túnel del Cadí (CAD).

Cal presentar l'estat actual del desenvolupament del programa del LEGEF en quatre punts clarament diferenciats però, a la vegada, totalment complementaris. Aquests són, per una part, l'obtenció i el tractament de dades, i, per l'altra,

la interpretació dels resultats (determinació de l'estructura de la litosfera i propietats del medi, i anàlisi de la sismicitat).

### 1. *Obtenció de dades*

L'apartat d'obtenció de dades té un caràcter tècnic, en què el LEGEF ha estat sempre pioner en les innovacions realitzades mirant de disposar de les darreres millores tecnològiques. Aquesta tasca es realitza de manera continuada mitjançant projectes propis de l'IEC (Laboratori de Sismologia de la Cerdanya) o bé per mitjà de la gestió de projectes amb empreses o administracions (Central Nuclear Vandellòs II, Associació Nuclear d'Ascó, Institut Cartogràfic de Catalunya).

L'adquisició de dades depèn dels problemes que cal estudiar. Els processos d'adquisició comporten l'emmagatzematge, l'accessibilitat i la compatibilitat de la informació que subministren. Les innovacions realitzades pel LEGEF s'han acomplert en apartats tecnològics varis: sistemes de comunicació digital per a donar autonomia als accessos i augmentar-ne la qualitat i la velocitat, definició de protocols de canalització d'informació, compatibilització dels sistemes d'adquisició de

dades, augments de rang dinàmic, utilització de sensors de darrera generació, etc., tot dirigit a disposar de la màxima qualitat a l'hora de subministrar informació. La canalització de la informació proporcionada pels adquiridors actuals (25 MBy/dia/estació) exigeix una infraestructura de programari i maquinari amb capacitat de recopilar, estructurar, convertir i proporcionar les sèries temporals en formats i mètodes estàndards.

A causa de l'experiència de més de quinze anys en l'apartat de gestió d'informació, el LEGEF ha dirigit una part important dels seus esforços a la definició i la gestió de bases de dades caracteritzades per sèries temporals. Gràcies a la qualitat de la informació obtinguda des del punt de vista sísmic, s'ha iniciat una col·laboració amb l'ORFEUS (Observatories and Research Facilities for European Seismology) els resultats de la qual han fet que l'estació sísmica del Túnel del Cadí hagi estat inclosa a la federació europea d'estacions sísmiques de banda ampla. Aquesta col·laboració ha permès al LEGEF de comptar amb suport tècnic dirigit a l'anàlisi de dades. Des de l'any 2000 hom disposa d'un sistema de sol·licitud automàtica d'informació que permet la manipulació de grans volums de dades i la consulta i el subministrament d'informació en temps quasi real. D'aquesta manera el LEGEF, per mitjà de l'IEC i de la UB, està en disposició de subminis-

trar informació de manera àgil i completa a la vegada que obre les portes a la conjunció de qualsevol classe d'informació mediambiental. Aquesta mena de treballs s'han iniciat mitjançant col·laboracions amb el Servei de Meteorologia de Catalunya i amb la sol·licitud de projectes conjunts amb grups de meteorologia de la Universitat de Barcelona.

## 2. *Tractament de dades*

A més de les tasques de servei que hi ha reflectides als informes o reports interns que, anualment o semestral, duu a terme el LEGEF, el tractament digital de senyals continua essent dirigit, entre d'altres, cap a estudis d'atenuació d'ones sísmiques, ressonàncies locals, caracterització de la font sísmica i caracterització del soroll de fons dels punts de registre.

La metodologia d'anàlisi s'ha anat adaptant al llarg de la trajectòria del LEGEF, però sempre amb l'enfocament comú cap a la caracterització de les sèries temporals com a pas previ per a un millor coneixement de les àrees estudiades. L'obtenció de la informació continguda a cada sèrie temporal és, al capdavall, l'objectiu final de tota recerca aplicada. Per a aconseguir-ho, una de les tècniques emprades ha estat l'anàlisi de sèries temporals per a determinar el comportament que tenen des del punt de vista de sistemes dinàmics (caòtic o determinista) i, d'aquesta manera, poder establir el grau

de complexitat matemàtica per a poder-se modelar mitjançant un nombre concret d'equacions diferencials no lineals d'acord amb els graus de llibertat (Correig i Urquizú, 1996; Correig *et al.*, 1997). Dins del mateix apartat també s'estudien quins són els procediments més adients per a l'estudi de les sèries en general. Per exemple, a Urquizú i Correig (1998) es presenta un procediment d'anàlisi de la complexitat pròpia de les sèries temporals sísmiques de caràcter estacionari i, de manera implícita, es duen a terme, mitjançant formulismes generals d'anàlisi, uns quants tests per a poder-ne comprovar la linealitat/no-linealitat i el determinisme/estocasticitat.

### 3. *Estructura interna de la litosfera i propietats del medi*

L'estudi de l'estructura i les característiques de la litosfera ha estat des de bon començament una de les línies de treball considerades a l'hora d'interpretar els resultats de les anàlisis de dades. A Correig *et al.* (1990) es poden trobar els primers resultats de l'anàlisi de dades de la xarxa sísmica de la Cerdanya. D'ençà d'aleshores, la qualitat de la informació disponible ha permès aprofundir-ne cada vegada més el coneixement i, a la vegada, aplicar noves metodologies per al seu estudi. Els treballs de determinació d'estructures mitjançant les funcions de transferència i de recepció, ressonància, localització i propagació caòtica, ini-

ciats l'any 1996, han posat de manifest resultats interessants amb vista a un coneixement més bo de les àrees estudiades. Els resultats obtinguts en aplicar metodologies sobre algorismes d'inversió múltiples, presentades a Julià (1999) i Julià *et al.* (2000), han permès l'establiment o la continuació de cooperacions entre l'IEC i la UB amb la Universitat de Saint Louis (EUA), l'Eidgenössische Technische Hochschule de Zurich (Suïssa) i el Reial Observatori Meteorològic Holandès. Aquestes col·laboracions consisteixen en la utilització de dades comunes dins de projectes de l'àmbit euromediterrani i l'aplicació de tècniques més esteses a registres que permetin ampliar el coneixement de les zones estudiades.

Com a resultats concrets de l'avenç dins d'aquest apartat, cal esmentar la determinació de les variacions laterals de magnitud observada a la zona del Baix Ebre, provocades per un comportament litosfèric diferent (Vila *et al.*, 1996): la influència de les propietats de la litosfera reflectides en la presència de certes freqüències predominants i ressonants (Correig, 1996), l'estudi del comportament del terreny mitjançant l'anàlisi de soroll de fons per a determinar la presència de freqüències predominants que permetin calcular la resposta del medi arran de la incidència d'ones elàstiques (Vila, 1998) o la determinació de models de velocitats al marge oriental de la conca de l'Ebre mitjançant la in-

versió de funcions de transferència i recepció calculades amb registres de tele-sismes a l'estació de Poblet (Julia *et al.*, 1998).

#### 4. Anàlisi de la sismicitat

Dins de tot el conjunt de tasques realitzades pel LEGEF, hi ha l'anàlisi de la sismicitat per mitjà de la gestió de les diferents estacions sísmiques. Això no obstant, s'ha completat sempre amb estudis fets en unes altres zones sísmiques actives tant a la península Ibèrica com a tot el món per tal de disposar d'experiència a l'hora d'estudiar la sismicitat present al nostre país. Actualment disposem d'un volum d'informació considerable gràcies als gairebé setze anys de gestió de les estacions de la zona del Baix Ebre i als catorze de la creació de la xarxa sísmica de la Cerdanya. La tasca d'anàlisi de sismicitat que duu a terme el LEGEF té també un punt important dins dels estudis de perillositat. Els estudis d'activitat sísmica que s'efectuen amb la informació de les dades enregistrades a la zona del Baix Ebre són també dirigits a treballs de perillositat sísmica en virtut del conveni de col·laboració existent entre l'IEC, per una banda, i la Central Nuclear Vandellòs II i l'Associació Nuclear d'Ascó, per l'altra.

La continuïtat dels treballs de sismicitat iniciats a la Cerdanya (Correig *et al.*, 1990) ha estat evident en l'aplicació de tècniques d'anàlisi a registres sísmics

obtinguts a zones diverses. Per exemple, a Vila *et al.* (1992) hom aplica la mateixa metodologia d'estudi de sismicitat local a registres d'origen volcànic (*state of the art*, estadística i distribució espacial d'esdeveniments) a l'Antàrtida, i a Correig *et al.* (1997) hom determina el comportament de la sèrie temporal d'activitat a la mateixa zona des del punt de vista dels sistemes dinàmics.

La innovació que s'hi ha dut a terme, de manera continuada, de sistemes de registre i la millora de la capacitat de tractament a l'hora d'introduir-hi noves tècniques i perspectives d'anàlisi han permès realitzar treballs de detectabilitat i interpretacions de l'activitat sísmica mitjançant models de criticalitat autoorganitzada (Correig *et al.*, 1997) que, juntament amb els estudis d'efectes locals posats de manifest en analitzar el comportament del terreny (Vila *et al.*, 1996), permetran, en un futur proper, arribar a un coneixement i una caracterització millors del comportament dels diferents llocs arran de la incidència d'ones elàstiques.

La tasca investigadora del LEGEF durant els ja més de quinze anys de vida ha estat reconeguda pel Comissionat per a Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya incloent-la al llibre *Recerca a Catalunya*, editat per aquest institució. També cal esmentar que, des del mes de gener de 1999, el director del LEGEF, el doctor Antoni M. Correig Blanch, és el coordinador de la Xarxa Temà-

tica de Sismologia i Enginyeria Sísmica (expedient 1998XT00048) i que un dels seus col·laboradors, el senyor Josep Vila Codina, és, des del mes de setembre de 2000, president del Working Group 1 del consorci europeu ORFEUS.

### Referències

- CORREIG, A. M. «On the measurement of predominant and resonant frequencies». *Bulletin of the Seismological Society of America*, núm. 86 (1996), p. 416-427.
- CORREIG, A. M.; MITCHELL, B. J.; ORTIZ, R. «Seismicity and coda-Q values in the eastern Pyrenees: first results from la Cerdanya seismic network». *Pure and Applied Geophysics*, núm. 132 (1990), p. 311-329.
- CORREIG, A. M.; URQUIZÚ, M. «Chaotic behavior of coda waves in the eastern Pyrenees». *Geophysical Journal International*, núm. 126 (1996), p. 113-122.
- CORREIG, A. M.; URQUIZÚ, M.; VILA, J.; MANRUBIA, S. C. «The aftershock series of event 18 february 1996. An interpretation in terms of self organized critically». *Journal of Geophysical Research*, vol. 112, núm. B12 (1997), p. 27.407-27.420.
- CORREIG, A. M.; URQUIZÚ, J.; VILA, J.; MARTÍ, J. «Analysis of the temporal occurrence of seismicity at Deception Island (Antarctica). A non linear approach». *Pure and Applied Geophysics*, núm. 149 (1997), p. 553-574.
- JULIÀ, J. *Inversió simultània de funcions receptores i corbes de dispersió*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1999. 190 p. [Tesi doctoral]
- JULIÀ, J.; AMMON, C. J.; HERRMANN, R. B.; CORREIG, A. M. «Joint inversion of receiver function and surface wave dispersion». *Geophysical Journal International*, núm. 143 (2000), p. 99-112.
- JULIÀ, J.; VILA, J.; MACIÀ, R. «The receiver structure beneath the Ebro basin, Iberian Peninsula». *Bulletin of the Seismological Society of America*, núm. 88 (1998), p. 6. [10 p.]
- URQUIZÚ, M.; CORREIG, A. M. «Analysis of seismic dynamical systems». *Journal of Seismology*, núm. 2 (1998), p. 159-171.
- VILA, J. «The Broadband Seismic Station CAD (Túnel del Cadí, eastern Pyrenees): site characteristics and background noise». *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 88, núm. 1 (1998), p. 297-303.
- VILA, J.; BATLLÓ, J.; CORREIG, A. M. «Lateral variations of the local magnitude at Ebre Station, northeastern Iberian Peninsula». *Pure and Applied Geophysics*, vol. 141, núm. 1 (1996), p. 131-146.
- VILA, J.; ORTIZ, R.; CORREIG, A. M.; GARCÍA, A. «Seismic activity on Deception Island». A: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; SHIRAIISHI, K. [ed.]. *Recent progress in Antarctic Earth Science*.

Tòquio: Institut Nacional de Recerca Polar, 1992, p. 449-456.

### **Objectius**

La finalitat del LEGEF és bàsicament de recerca, tant des del punt de vista experimental (en el sentit de noves tècniques i metodologia d'anàlisi) com del de recerca bàsica en geofísica, i els objectius generals dels projectes que porta a terme són de tres tipus: tècnics, científics i d'aplicació; tots tres, però, amb un grau elevat de complementarietat. La seva definició i la seva aplicació es fan tenint en compte els interessos comuns.

Els objectius tècnics generals consisteixen en tot moment en el manteniment de tecnologia punta en l'apartat d'obtenció i de subministrament de dades. Hom preveu de dirigir aquest interès, a més de les dades de caràcter sísmic, a qualsevol classe d'informació capaç de representar-se en forma de sèrie temporal seqüencial. Els punts més importants dins d'aquest apartat són, per una part, continuar essent una referència a l'hora de gestió d'estacions de registre sísmic i, per l'altra, estendre l'experiència de la gestió d'informació amb la finalitat d'aconseguir un sistema que englobi, unifiqui i proporcioni dades procedents de fonts d'informació múltiples, d'equips d'adquisició diferents i de registres tant actuals com històrics. Aquests darrers, directament lligats amb

la informació de caràcter mediambiental, i tot plegat amb la finalitat de progrés amb vista a objectius científics i d'aplicabilitat.

Els objectius científics se centren, en el cas d'estudis de sismicitat, en aspectes de progrés en el coneixement d'estructures a Catalunya, així com de la seva constitució. Per a dur-ho a terme, és necessari disposar d'informació de la màxima qualitat, i, tal com hem esmentat al punt anterior, això està en l'optimització de recursos i activitats de R+D lligats a l'emmagatzematge i la distribució d'informació geocientífica. Des d'un punt de vista més general de fenòmens naturals, la possibilitat de disposar d'informació més variada permetrà dur a terme una anàlisi i un tractament de dades mediambientals amb un rang d'aplicabilitat més diversificat. Entre aquests volem destacar l'anàlisi no lineal de sèries temporals i la seva aplicació a treballs de sismicitat, vulcanologia i meteorologia; i el tractament dirigit a tasques de vigilància de qualsevol mena de fenomen natural (pluges, terratrèmols...) i a la modelització i la simulació de qualsevol classe de fenomen natural que pugui ésser susceptible d'interès general.

Des del punt de vista de col·laboració multidisciplinària, els investigadors del LEGEF participen en projectes de R+D amb la UB, la UPC i el CSIC. Concretament, durant l'any 2000 hom ha sol·licitat tres projectes nacionals i un

de la Unió Europea. Les propietats comunes d'aquest projectes permetran, gràcies a la unió d'esforços, facilitar la realització dels interessos propis del laboratori.

L'aplicabilitat dels programes de recerca és també un dels objectius generals del LEGEF. Els antecedents amb els convenis entre l'IEC, la Central Nuclear Vandellòs II i l'Associació Nuclear d'Ascó així ho demostren. L'interès de diferents administracions a l'hora de canalitzar els fluxos continus de dades que enregistren obre la possibilitat de l'establiment de col·laboracions en el sentit de l'estructuració en temps quasi real de la informació rebuda. La finalitat última és evitar retards en dur a terme els tractaments; és a dir, poder realitzar una anàlisi immediata de la informació que s'enregistra.

### **Metodologia**

Tenint present els antecedents i l'estat actual dels aspectes tant científics com tècnics, hom ha configurat la metodologia de treball en quatre blocs dins dels quals s'agrupen les tasques encaminades a acomplir els objectius prefixats. Aquests són: adquisició i gestió d'informació, tractament de senyals en general i interpretació de resultats per aplicació directa a estudis de riscos naturals.

#### **a) Adquisició d'informació**

El LEGEF ha estat pioner en el desenvolupament i l'estructuració d'estacions

sísmiques no tan sols a Catalunya, sinó també a l'Estat espanyol. En aquest sentit, les estacions sísmiques que gestiona van ser les primeres estacions digitals de tres components i període curt a Catalunya i l'estació de banda ampla de què disposa actualment (en funcionament des del març de 1995) va ésser la primera d'aquest tipus instal·lada a l'Estat espanyol amb capital completament nacional. Dins de les tasques de servei, implícites en tota investigació aplicada, el fet d'haver estat un grup de treball capdavanter en l'adquisició de dades digitals en el camp de la sismologia ha significat que hagi adquirit una experiència important en aquest camp i que es pugui expandir a dades de caràcter mediamiental.

L'actualització des del punt de vista tènic és, doncs, un dels aspectes importants de la metodologia de treball del LEGEF que hom preveu continuar. Els projectes del LEGEF van endavant en el sentit d'actualitzar de manera periòdica les estacions sísmiques, buscant en tot moment la uniformització de sistemes i la millora continuada de la qualitat de les dades observacionals.

#### **b) Gestió d'informació**

El LEGEF gestiona la xarxa sísmica del Baix Ebre des de la instal·lació el 1983 i l'estació sísmica de la Cerdanya des de la instal·lació el 1988. Com a part d'aques-

ta gestió, el LEGEF elabora (com a funció de servei) informes de funcionament de totes les estacions, entre els quals cal destacar els relacionats amb el risc sísmic a la zona de les centrals nuclears.

La decisió d'expandir l'àmbit de treball a qualsevol classe d'informació seqüencial i decidir quina és la millor manera de gestionar-la, tant present com passada, i de preveure-hi l'entrada de dades futures és molt compromesa, atès que representa els fonaments de treball amb els quals s'haurà de compartir la informació des del moment de la seva creació en endavant. La metodologia de treball consisteix en la gestió de bases de dades, l'ús de sistemes informàtics i els estudis de la compatibilitat en el subministrament d'informació mediambiental. Una planificació i una visió de futur bones en aquest camp de treball pot comportar un estalvi de temps molt important en treballs posteriors que consisteixin en l'anàlisi de dades. Per això hom ha de considerar totes les possibilitats, preveure tots els avantatges o inconvenients informàtics del programari i del maquinari i assegurar-se la compatibilitat futura de la informació de sortida.

L'estudi de sistemes semblants emprats en institucions de caràcter meteorològic o uns altres camps de les ciències de la Terra serà considerat com a primordial i hom tindrà sempre present quina és la forma més adequada d'estructurar les dades segons quina sigui la seva naturalesa.

### c) Tractament de senyals

El tractament de senyals que es pretén realitzar preveu la utilització de tècniques d'anàlisi no lineal i considerar la propagació d'ones sísmiques des del punt de vista dels sistemes dinàmics. Les línies d'investigació bàsiques són el tractament digital de senyals, els estudis de ressonàncies locals, la propagació i l'atenuació d'ones sísmiques i el mecanisme de la font sísmica.

En cas d'informació de caràcter mediambiental i en general, s'aplicaran mètodes estàndards a les diverses bases de dades utilitzades fent servir tant el programari comercial disponible com el de nova creació o l'adaptació d'utilitats creades per uns altres centres de recerca a escala mundial. La demostració de compatibilitat dels mètodes d'anàlisi en tractar de sèries temporals provinents de diferents orígens i d'informació variada constitueix també un dels punts més importants dins d'aquest apartat.

### d) Interpretació i aplicabilitat

Pel que fa referència a física de la terra sòlida, les línies de treball del LEGEF van dirigides a mirar de conèixer l'origen i la caracterització d'esdeveniments sísmics i la resposta del terreny, necessaris per a treballs posteriors de perillositat sísmica, tant pel que respecta a neotectònica i enginyeria civil (disseny d'estructures antisísmiques) com a risc sísmic.

L'aplicabilitat més interessant



quan es tracta d'informació mediam-  
biental en general serà elaborar una  
eina imprescindible per a qualsevol ser-  
vei, que consisteix en una base de dades  
on hom englobi el màxim possible d'in-  
formació relacionada amb les temàti-  
ques que el mateix servei pretén es-  
tudiar. Tanmateix, la necessitat de  
consulta és també una tasca inherent a

tot servei, i alhora són molt importants  
la velocitat d'accés a la informació i la  
compatibilitat de les dades emmagatze-  
mades. Tot això també pot considerar-  
se important en realitzar tasques pre-  
dictives i és crucial en tasques de  
subministrament d'informació a qualse-  
vol equip de treball en tots els camps de  
les ciències de la Terra.

