

# 50 ANYS DE RECERCA A L'INSTITUT DE CIÈNCIES DE LA TERRA JAUME ALMERA



50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO  
DE CIENCIAS DE LA TIERRA JAUME ALMERA  
50 YEARS OF RESEARCH AT THE INSTITUTE  
OF EARTH SCIENCES JAUME ALMERA





**50 ANYS DE RECERCA A L'INSTITUT DE  
CIÈNCIES DE LA TERRA JAUME ALMERA**

**50 AÑOS DE INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO  
DE CIENCIAS DE LA TIERRA JAUME ALMERA**

50 YEARS OF RESEARCH AT THE INSTITUTE  
OF EARTH SCIENCES JAUME ALMERA

**50 Anys de Recerca a l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera**  
**50 Años de Investigación en el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera**  
50 Years of Research at the Institute of Earth Sciences Jaume Almera

**Reservats tots els drets per la legislació en matèria de propietat intel·lectual**  
**Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual**  
All rights reserved by legislation on Intellectual Property

**Edita - Edita - Editor**

**Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, ICTJA-CSIC**  
**Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera, ICTJA-CSIC**  
Institute of Earth Sciences Jaume Almera, ICTJA-CSIC

**Coordinador del Llibre - Coordinador del libro - Coordinator of the book**  
**Pere Anadón**

© **d'aquesta edició - de esta edición - this edition**  
**CSIC**

© **dels textos - de los textos - of the texts**  
**Els autors - Los autores - The authors**

© **de les il·lustracions - de las ilustraciones - of the pictures**  
**Els autors - Los autores - The authors**

**Traducció, correcció lingüística - Traducción, corrección lingüística -**  
Translation, proofreading  
**Laura Llahí Ribó**  
**Proof-Reading-Service.com Ltd.**

**Disseny - Diseño - Design**  
**Joan Yani**  
**Mia Comunicació**

**Maquetació - Maquetación - Layout**  
**Marta Planas**

**Impressió - Impresión - Printer**  
**Impremta Pagès**

**Barcelona, novembre de 2015 - Barcelona, noviembre de 2015**  
Barcelona, November 2015

**Edició no venal - Edición no venal - Not Saleable Edition**

**Dipòsit legal - Depósito legal - Legal deposit**  
**M-36078-2015**

Foto portada: Interior de l'antic volcà Costado da Nau erosionat per l'Oceà Atlàntic, Illa de Faial, Açores. Els penya-segats deixen veure l'interior de l'antic volcà permetent als Investigadors de l' ICTJA estudiar la seva estructura i geometria interna per poder comprendre així la dinàmica de la erupció. Foto Adelina Geyer .

Foto portada: Interior del antiguo volcán Costado da Nau erosionado por el océano Atlántico, Isla Faial, Azores. Los acantilados dejan ver el interior del antiguo volcán permitiendo a los investigadores del ICTJA estudiar su estructura y geometría interna para poder comprender así la dinámica de su erupción. Foto Adelina Geyer.

Cover photo: Inside the ancient Costado da Nau volcano, Faial Island, Azores, that has been eroded by the Atlantic Ocean. The cliffs provide a view inside the volcano, allowing researchers of ICTJA to study its geometry and internal structure, and to be able to understand the dynamics of the eruption. Photo Adelina Geyer.

# Índex Índice Index

## SALUTACIÓ SALUTACIÓN GREETINGS

- 4 PRESENTACIÓ DEL LLIBRE DEL 50È ANIVERSARI DE L'ICTJA-CSIC**  
PRESENTACIÓN DEL LIBRO DEL 50 ANIVERSARIO DEL ICTJA-CSIC  
PRESENTATION OF A BOOK ON THE 50TH ANNIVERSARY OF ICTJA-CSIC
- 8 50 ANYS DE CIÈNCIES DE LA TERRA A L'INSTITUT JAUME ALMERA ICTJA-CSIC**  
50 AÑOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL INSTITUTO JAUME ALMERA ICTJA-CSIC  
50 YEARS OF EARTH SCIENCES AT THE INSTITUTE JAUME ALMERA ICTJA-CSIC
- 10 VINCLES I RELACIONS ENTRE L'ICTJA I LA FACULTAT DE GEOLOGIA DE LA UB**  
VÍNCULOS Y RELACIONES ENTRE EL ICTJA Y LA FACULTAD DE GEOLOGÍA DE LA UB  
LINKS AND RELATIONS BETWEEN THE ICTJA AND THE FACULTY OF GEOLOGY OF THE UB
- 12 PRÒLEG PRÓLOGO FOREWORD**

## INTRODUCCIÓ INTRODUCCIÓN INTRODUCTION

- 16 QUÈ ÉS L'INSTITUT DE CIÈNCIES DE LA TERRA JAUME ALMERA?**  
¿QUÈ ES EL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA JAUME ALMERA?  
WHAT IS THE INSTITUTE OF EARTH SCIENCES JAUME ALMERA?
- 19 ON ÉS, COM ÉS? ¿DONDE ESTÁ, COMO ES? WHERE IS, HOW IS?**
- 22 QUI ERA JAUME ALMERA? ¿QUIEN ERA JAUME ALMERA? WHO WAS JAUME ALMERA?**
- 28 LA GEOLOGIA AL CSIC A BARCELONA ABANS DE LA CREACIÓ DE L'INSTITUT JAUME ALMERA IJA (1940-1965)**  
LA GEOLOGÍA EN EL CSIC EN BARCELONA ANTES DE LA CREACIÓN DEL INSTITUTO JAUME ALMERA IJA (1940-1965)  
THE GEOLOGY OF THE CSIC IN BARCELONA BEFORE THE CREATION OF THE INSTITUTE JAUME ALMERA (1940-1965)
- 42 LLUÍS SOLÉ SABARÍS, PROMOTOR DE L'INSTITUT JAUME ALMERA D'INVESTIGACIONS GEOLÒGIQUES**  
LLUÍS SOLÉ SABARÍS, PROMOTOR DEL INSTITUTO JAUME ALMERA DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS  
LLUIS SOLÉ SABARÍS, PROMOTER OF THE INSTITUTE JAUME ALMERA OF GEOLOGICAL RESEARCH

## HISTÒRIA DE L'INSTITUT HISTORIA DEL INSTITUTO HISTORY OF THE INSTITUTE

- 48 HISTÒRIA DELS 50 ANYS DE L'IJA-ICTJA**  
HISTORIA DE LOS 50 AÑOS DEL IJA-ICTJA  
A HISTORY OF 50 YEARS OF THE IJA-ICTJA
- 77 LA GEOLOGIA MARINA (ICM)**  
LA GEOLOGÍA MARINA (ICM)  
MARINE GEOLOGY (ICM)
- 87 LA CIÈNCIA DELS MATERIALS (ICMAB)**  
LA CIENCIA DE MATERIALES (ICMAB)  
MATERIALS SCIENCE (ICMAB)
- 96 LA CONTAMINACIÓ AMBIENTAL (IDAEA)**  
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (IDAEA)  
ENVIRONMENTAL POLLUTION (IDAEA)

## APORTACIONS CIENTÍFIQUES I TECNOLÒGIQUES APORTACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL CONTRIBUTIONS

- 110 ESTRUCTURA I DINÀMICA DE LA TERRA**  
ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA TIERRA  
STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE EARTH
- 148 CRISTAL·LOGRAFIA I PROPIETATS ÒPTIQUES DE SÒLIDS**  
CRISTALOGRAFÍA Y PROPIEDADES ÓPTICAS DE SÓLIDOS  
CRYSTALLOGRAPHY AND OPTICAL PROPERTIES OF SOLIDS
- 184 CANVIS AMBIENTALS EN EL REGISTRE GEOLÒGIC**  
CAMBIOS AMBIENTALES EN EL REGISTRO GEOLÓGICO  
ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE GEOLOGICAL RECORD
- 226 MODELITZACIÓ GEOFÍSICA I GEOQUÍMICA DE RISCOS  
GEOLÒGICS I RECURSOS DEL SUBSÒL**  
MODELIZACIÓN GEOFÍSICA Y GEOQUÍMICA DE RIESGOS  
GEOLÓGICOS Y RECURSOS DEL SUBSUELO  
GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL MODELING OF  
GEOHAZARDS AND SUBSURFACE RESOURCES

## SERVEIS I LABORATORIS SERVICIOS Y LABORATORIOS SERVICES AND LABORATORIES

- 252 SERVEIS I LABORATORIS**  
SERVICIOS Y LABORATORIOS  
SERVICES AND LABORATORIES
- 284 ADMINISTRACIÓ I SERVEIS GENERALS**  
ADMINISTRACIÓN Y SERVICIOS GENERALES  
ADMINISTRATION AND GENERAL SERVICES
- 288 DIVULGACIÓ CIENTÍFICA**  
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA  
SCIENTIFIC OUTREACH

## ANNEXOS ANEXOS ANNEXES

- 296 PERSONAL CIENTÍFIC DE PLANTILLA IJA-ICTJA (1965-2015)**  
PERSONAL CIENTÍFICO DE PLANTILLA IJA-ICTJA (1965-2015)  
SCIENTIFIC STAFF IJA-ICTJA (1965-2015)
- 298 PERSONAL TÈCNIC DE PLANTILLA**  
PERSONAL TÉCNICO DE PLANTILLA  
TECHNICAL STAFF
- 300 PERSONAL CONTRACTAT**  
PERSONAL CONTRATADO  
TEMPORARY STAFF
- 302 BECARIS**  
BECARIOS  
RESEARCH FELLOWS
- 303 AGRAÏMENTS AGRADECIMIENTOS ACKNOWLEDGEMENTS**

## PRESENTACIÓ DEL LLIBRE DEL 50È ANIVERSARI DE L'ICTJA-CSIC

### PRESENTACIÓN DEL LIBRO DEL 50 ANIVERSARIO DEL ICTJA-CSIC

#### PRESENTATION OF A BOOK ON THE 50TH ANNIVERSARY OF ICTJA-CSIC

■ Tal com va escriure fa uns anys el filòsof francès Michel Onfray, abans del temps, quan no hi havia referents, quan tot impossibilitava l'arqueologia o la genealogia, la superioritat de la pedra era absoluta: la Geologia imposa una durada inconcebible, una eternitat encarnada, una immortalitat empresonada en formes dures, temibles, mudes... De fet, allà on es manifesta el mineral, l'eternitat parla ja que la pedra està present a tot arreu, ja sigui en forma de muntanyes, penya-segats, valls, etc.

Des dels orígens de la humanitat la presència de la pedra, de la roca, del mineral ens ha acompanyat però, de fet, no va ser fins al segle XIX en què se'n va començar a conformar l'estudi com a tal. I això va ser gràcies a la publicació de l'obra de Charles Lyell (1797-1875) *Principis de geologia (1830-1833)*: fins a aquest moment, el coneixement de la Terra havia estat sotmès a mites i en bona mesura quedava lligat íntimament a les explicacions bíbliques sobre la Creació.

Tot i això, cal dir que sempre ha existit un interès per conèixer els materials que proporcionava la natura, ja fossin per construir eines o armes. Així, sílexs, argiles, roques o metalls van començar a formar part de les nostres vi-

■ Tal como escribió hace unos años el filósofo francés Michel Onfray, antes del tiempo, cuando no había referentes, cuando todo imposibilitaba la arqueología o la genealogía, la superioridad de la piedra era absoluta: la Geología impone una duración inconcebible, una eternidad encarnada, una inmortalidad aprisionada en formas duras, temibles, mudas... De hecho, allí donde se manifiesta el mineral, la eternidad habla ya que la piedra está presente en todas partes, ya sea en forma de montañas, acantilados, valles...

Desde los orígenes de la humanidad la presencia de la piedra, de la roca, del mineral nos ha acompañado pero, de hecho, no fue hasta el siglo XIX en que se empezó a conformar su estudio como tal. Y ello fue gracias a la publicación de Charles Lyell (1797-1875) con su obra *Principios de Geología (1830-1833)*: hasta ese momento, el conocimiento de la Tierra había estado sometido a mitos y en buena medida quedaba ligado íntimamente a las explicaciones bíblicas sobre la Creación.

A pesar de ello, cabe decir que siempre ha existido un interés por conocer los materiales que proporcionaba la Naturaleza, ya fuesen para construir herramientas o armas. Así, sílex, arci-

■ As the French philosopher Michel Onfray wrote a few years ago, before time, when there was no reference, when everything rendered impossible archeology and genealogy, the superiority of stone was absolute: Geology imposes an inconceivable duration, an ingrown eternity, an immortality imprisoned in harsh, fearful, silent ways ... In fact, where the mineral is manifest, eternity speaks since the stone is present everywhere, whether in the form of mountains, cliffs, valleys ...

Since the origins of humanity stone, rock, and ore have been with us, but in fact it was not until the nineteenth century that we began to shape their study as such, and this was largely owed to Charles Lyell (1797-1875) and his *Principles of Geology (1830-1833)*: until then, knowledge of the Earth had been subject to myths and remained closely linked to the biblical explanation of Creation.

However, we humans have always been interested in learning about the materials that nature has provided for tools and weapons. So, flint, clay, rocks and metal began to form part of our lives. From this interest to know and exploit natural materials, of which there are several examples in the Iberian Peninsula such as the

des. I, d'aquí, d'aquest interès per conèixer i explotar els materials de la natura, en tenim fidels testimonis a la Península Ibèrica, com el complex de Les Mèdulas, territori explotat per l'imperi romà i àmpliament estudiat per diferents grups d'investigadors del CSIC i d'universitats espanyoles. Val a dir, però, que no va ser sinó fins a la Revolució Industrial quan va començar l'interès per conèixer el subsòl per aprofitar-ne tots els tresors: carbó, ferro, etc.

En el cas que ens ocupa, l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) és una de les expressions més genuïnes existents al nostre país per conèixer i desentrañar en sentit ampli i detallat l'estructura i altres característiques de la Terra i el que conté. Aquest Institut és un dels més vius hereus d'una llarga tradició que, en el cas de les investigacions geològiques a Catalunya, es remunta a 1888 quan, amb motiu de l'Exposició Universal de Barcelona, es va presentar el Mapa Geològic dels voltants de la ciutat, tot i que els primers artífexs dels estudis geològics a Catalunya van ser personatges com el patrici barceloní Francesc Martorell, que el 1878, va donar a la ciutat la seva col·lecció de fòssils i minerals; l'enginyer en mines Lluís Marià Vidal i els seus treballs i, com no, el sacerdot Jaume Almera, que va tenir com a gran objectiu dels seus treballs científics la creació del Museu Geològic del Seminari Conciliar de Barcelona. A més, aquest últim va tenir com a deixeble destacat Norbert Font i Sagué que ja el 1905 va publicar el seu *Curs de Geologia Dinàmica i Estratigràfica Aplicada a Catalunya*. Molts d'altres van seguir les tasques d'aquests pioners com Francisco Pardillo, Maximino San Miguel de la Cámara, Jaume Marcet, Marià Faura i Sans, Ramon Bataller o

llas, rocas o metales empezaron a formar parte de nuestras vidas. Y, de ahí, de ese interés por conocer y explotar los materiales de la Naturaleza, tenemos fieles testimonios en la Península Ibérica como el complejo de Las Médulas, territorio explotado por el Imperio Romano y ampliamente estudiado por distintos grupos de investigadores del CSIC y de universidades españolas. Cabe decir, no obstante, que no fue sino hasta la Revolución Industrial cuando empezó el interés por conocer el subsuelo para aprovechar todos sus tesoros: carbón, hierro...

En el caso que nos ocupa, el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA) es una de las expresiones más genuinas existentes en nuestro país por conocer y desentrañar en sentido amplio y pormenorizado la estructura y demás características de la Tierra y lo que contiene. Este Instituto es uno de los más vivos herederos de una larga tradición que, en el caso de las investigaciones geológicas en Cataluña, se remonta a 1888 cuando, con motivo de la Exposición Universal de Barcelona, se presentó el Mapa Geológico de los alrededores de la ciudad, aunque los primeros artífices de los estudios geológicos en Cataluña fueron personajes como el patricio barcelonés Francesc Martorell, quien en 1878, donó a la ciudad su colección de fósiles y minerales o el ingeniero en minas Lluís Marià Vidal y sus trabajos y, como no, el sacerdote Jaume Almera quien tuvo como gran objetivo de sus trabajos científicos la creación del Museo Geológico del Seminario Conciliar de Barcelona. Además tuvo como discípulo destacado a Norbert Font i Sagué quien ya en 1905 publicó su *Curs de Geologia Dinàmica i Estratigràfica Aplicada a Catalunya*. Otros muchos siguieron las labores de

complex of Las Médulas, which was exploited by the Roman Empire, have been extensively studied by different groups of researchers from the CSIC and Spanish universities. We can say, however, that it was not until the Industrial Revolution that interest in the Earth's deepest treasures really took off: coal, iron ...

The Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA) is one of the centers that exists in our country that is devoted to understanding and unraveling in a broad and detailed sense, the structure and other characteristics of the Earth and what it contains. The Institute is one of the heirs of a long tradition of geological research in Catalonia that dates back to 1888 when, on the occasion of the Universal Exposition in Barcelona, a geological map of the surroundings of the city was presented, although the first architects of geological studies in Catalonia were people like Barcelona aristocrat Francesc Martorell, who in 1878 donated to the city his collection of fossils and minerals, the mining engineer Lluís Marià Vidal and the priest Jaume Almera, who created the Geological Museum of the Conciliar Seminary of Barcelona. A prominent disciple of his was Norbert Font i Sagué, who in 1905 published his *Curs de Geologia Dinàmica i Estratigràfica Aplicada a Catalunya*. Many others followed these pioneers: Francisco Pardillo, Maximino San Miguel House, Jaume Marcet, Marià Faura i Sans, Ramon Bataller and Lluís Solé Sabarís, to name just a few. The last-named held the Chair of Geology at the University of Barcelona (UB) from 1943. Both from the University and from the Secretariat of the Delegation of CSIC in Barcelona, Solé Sabarís was fundamental in what has become known as "Catalan School

**Lluís Solé Sabarís, que va ocupar la Càtedra de Geologia de la Universitat de Barcelona (UB) des de 1943. Tant des de la Universitat com des de la Secretaria de la Delegació del CSIC a Barcelona, Solé Sabarís va impulsar la que s'ha conegut com a "Escola Catalana de Geologia", que, de fet, és l'origen immediat de l'ICTJA, el qual es va fundar el 1965 a partir d'unes seccions de l'Institut Lucas Mallada i algunes altres seccions del CSIC lligades a càtedres universitàries, i que es va formar com a institut de recerca propi del CSIC especialitzat en Geologia. A partir de 1979, després d'una reorganització general del CSIC, l'Institut es va desvincular de**

estos pioneros como Francisco Pardillo, Maximino San Miguel de la Cámara, Jaume Marcet, Marià Faura i Sans, Ramon Bataller o Lluís Solé Sabarís, que ocupó la Cátedra de Geología de la Universidad de Barcelona (UB) desde 1943. Tanto desde la Universidad como desde la Secretaría de la Delegación del CSIC en Barcelona, Solé Sabarís impulsó la que se ha conocido como "Escuela Catalana de Geología" y, éste, de hecho, es el propio origen inmediato del ICTJA, que se fundó en 1965 a partir de unas secciones del Instituto Lucas Mallada y algunas otras secciones del CSIC ligadas a cátedras universitarias, formándose como instituto de

of Geology," the predecessor of ICTJA, which was founded in 1965 from part of the Lucas Mallada Institute and part of the CSIC linked to university chairs, forming an independent CSIC research institute specializing in geology. In 1979, after a general reorganization of the CSIC, the Institute split from the university, but has always maintained close collaboration with it, particularly with the Faculty of Geology. The result is the Library of Geology of the UB and the journal *Geologica Acta* and some shared laboratories and services such as Paleomagnetism and SIMGEO geological simulation.



les càtedres universitàries, tot i que sempre ha mantingut una estreta col·laboració amb la Universitat, especialment amb la Facultat de Geologia de la UB. Fruit d'aquesta vinculació és la mateixa Biblioteca de Geologia de la UB i la revista *Geologica Acta*, així com alguns laboratoris i serveis com el de Paleomagnetisme o el SIMGEO de simulació geològica.

En un context com l'actual, en què les Ciències de la Terra estan presents en la nostra vida quotidiana en múltiples aspectes, que van des dels riscos geològics fins a les matèries primeres minerals i energètiques, passant per l'obra pública, les implicacions en qüestions mediambientals, el canvi climàtic i el reconeixement intrínsec del patrimoni geològic, la celebració del cinquantenari de l'ICTJA és un important motiu d'orgull i de satisfacció, ja que es tracta d'un institut capdavanter en Ciències de la Terra amb projecció internacional, que aborda la investigació en aquest camp des d'una perspectiva multidisciplinària, que afronta reptes tant de recerca no orientada com orientada i que busca sempre la col·laboració público-privada gràcies a la seva visió estratègica per afavorir els vincles entre la recerca, la indústria i l'administració.

**Emilio Lora-Tamayo d'Ocón**  
*President del CSIC*

investigación propio del CSIC especializado en Geología. A partir de 1979, tras una reorganización general del CSIC, el Instituto se desvinculó de las cátedras universitarias, aunque siempre ha mantenido una estrecha colaboración con la universidad, en especial con la Facultad de Geología de la UB. Fruto de esta vinculación es la propia Biblioteca de Geología de la UB y la revista *Geologica Acta*, así como algunos laboratorios y servicios como el de Paleomagnetismo o el SIMGEO de simulación geológica.

En un contexto como el actual, en el que las Ciencias de la Tierra están presentes en nuestra vida cotidiana en múltiples aspectos, que van desde los riesgos geológicos hasta las materias primas minerales y energéticas, pasando por la obra pública, las implicaciones en cuestiones medioambientales, el cambio climático y el reconocimiento intrínseco del patrimonio geológico, la celebración del cincuentenario del ICTJA es un importante motivo de orgullo y de satisfacción, ya que se trata de un instituto puntero en Ciencias de la Tierra con proyección internacional, que aborda la investigación en este campo desde una perspectiva multidisciplinar, afrontando retos tanto de investigación no orientada como orientada y buscando siempre la colaboración público-privada gracias a su visión estratégica para favorecer los vínculos entre la investigación, la industria y la administración.

**Emilio Lora-Tamayo D'Ocón**  
*Presidente del CSIC*

In a context like this, in which the Earth Sciences are present in our daily lives in so many ways, ranging from geological hazards to mineral and raw materials, from public works to environmental issues, climate change and the intrinsic recognition of geological heritage, the fiftieth anniversary of ICTJA is an important source of pride and satisfaction. It is a leading institute in Earth Sciences with an international following and addresses research from a multidisciplinary perspective, facing challenges both in knowledge-driven and industry-driven research, always looking for public-private cooperation and with a strategic vision to encourage links between research, industry and administration.

**Emilio Lora-Tamayo D' Ocon**  
*President of the CSIC*



## 50 ANYS DE CIÈNCIES DE LA TERRA A L'INSTITUT JAUME ALMERA ICTJA-CSIC

### 50 AÑOS DE CIENCIAS DE LA TIERRA EN EL INSTITUTO JAUME ALMERA ICTJA-CSIC

### 50 YEARS OF EARTH SCIENCES AT THE INSTITUTE JAUME ALMERA ICTJA-CSIC

■ El 25 de novembre de 2015 l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera va celebrar el 50è aniversari. El seu nom recorda els primers temps de la recerca en Geologia de final del segle XIX i principi del XX, en homenatge a Jaume Almera, prohombre de la Geologia de Catalunya de projecció internacional. D'ençà els primers dies el 1965 com un nou institut de Geologia a Barcelona, ha evolucionat fins a esdevenir un centre innovador i dinàmic, amb rellevància internacional en el camp de les Ciències de la Terra.

Si bé les Ciències de la Terra estudien el sistema Terra, també van molt més enllà, i plantegen interrogants sobre el món en què vivim per contribuir a un futur en el qual volem viure. Les Ciències de la Terra són avui dia particularment rellevants en molts aspectes de la nostra vida quotidiana. Els investigadors de l'ICTJA apliquem metodologies experimentals i analítiques avançades per assolir objectius ben definits d'investigació orientada i no orientada. Una part clau de la nostra missió és satisfer les necessitats industrials i socials a través de la transferència de coneixements aplicats als riscos geològics i a l'exploració i explotació dels recursos geològics. D'altra banda, és fonamental la nostra implicació en la formació

■ El 25 de noviembre de 2015 el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera celebró su 50 aniversario. Su nombre recuerda los primeros tiempos de la investigación en Geología a finales del siglo XIX y principios del XX, en homenaje a Jaume Almera, prohombre de la geología de Cataluña de proyección internacional. Desde sus primeros días en 1965 como un nuevo instituto de Geología en Barcelona, ha evolucionado hasta llegar a ser un centro innovador y dinámico, con relevancia internacional en el campo de las Ciencias de la Tierra.

Si bien las Ciencias de la Tierra estudian el sistema Tierra, también van mucho más allá, planteándonos interrogantes sobre el mundo en el que vivimos para contribuir a un futuro en el que queremos vivir. Las Ciencias de la Tierra son hoy en día particularmente relevantes en muchos aspectos de nuestra vida cotidiana. Los investigadores del ICTJA aplicamos metodologías experimentales y analíticas avanzadas para alcanzar objetivos bien definidos de investigación orientada y no orientada. Una parte clave de nuestra misión es satisfacer las necesidades industriales y sociales a través de la transferencia de conocimientos aplicados a los riesgos geológicos y a la exploración y explotación de los recursos geológicos. Por otro lado, es fun-

■ On November 25, 2015, the Institute of Earth Sciences Jaume Almera celebrated its 50th anniversary. Its name recalls the early days of research in Geology in the late nineteenth century and early twentieth century, paying tribute to Jaume Almera, an expert in the geology of Catalonia with international renown. From its earliest days in 1965 as a new Geology institute in Barcelona, it has evolved to become an innovative and dynamic centre, with international relevance in the field of Earth Sciences.

Earth Sciences study the Earth's system, but they are about much more than that. They engage intellectual inquiry through interrogating the world in which we live to contribute to a future in which we want to live. Earth Sciences are particularly relevant today in many aspects of our everyday life. ICTJA researchers look forward to applying advanced experimental and analytical methodologies to well-defined, knowledge-driven research objectives. A key part of our mission is to meet industrial and societal needs through knowledge transfer applied to geohazards and exploration and exploitation of geological resources. Central to our mission is quality training of the next generation of researchers and technicians.

de qualitat de les properes generacions d'investigadors i tècnics de Ciències de la Terra.

En aquest llibre sobre el nostre 50è aniversari, Pere Anadón, amb l'entusiasta participació dels seus companys de treball, revifa les persones, els esdeveniments, els èxits i els reptes que profusament han enriquit el mig segle d'existència d'aquest institut des que Lluís Solé i Sabarís i els seus col·legues van abordar-ne la fundació. Molts i destacats noms van seguir després la seva tasca en els cinquanta anys que celebrem, orientant l'Institut cap a noves perspectives per adaptar-se a les condicions canviants de la política, l'economia, la tecnologia i el coneixement científic, per citar uns pocs exemples de les grans transformacions experimentades durant aquest període. És una bona oportunitat per als membres de qualsevol institució ser capaços de mirar cap enrere, comprovar els seus èxits i mancances, els seus punts forts i els seus punts febles, durant un període prolongat de temps per trobar nous camins cap a l'èxit.

La nostra història és part integrant de la memòria de tots aquells que van participar amb entusiasme i perseverança en la realització de l'Institut, i van contribuir a la tasca investigadora del CSIC en el seu conjunt. La història de l'ICTJA durant anys, aquest mig segle, és digna de celebració, no només per a l'institut mateix, sinó també per a la societat a la qual serveix. I seguirà sent així mentre es mantingui viva la passió per avançar amb rigor i dedicació en el coneixement de les Ciències de la Terra.

**José Luis Fernández Turiel**  
*Director de l'Institut de Ciències  
 de la Terra Jaume Almera*

damental nuestra implicación en la formación de calidad de las próximas generaciones de investigadores y técnicos de Ciencias de la Tierra.

En este libro acerca de nuestro 50 aniversario, Pere Anadón con la entusiasta participación de sus compañeros de trabajo dan vida a las personas, los acontecimientos, los logros y los retos que profusamente han enriquecido el medio siglo de existencia de este instituto desde que Lluís Solé i Sabarís y sus colegas abordaron su fundación. Muchos y destacados nombres siguieron después su labor en los cincuenta años que celebramos, orientando el Instituto hacia nuevas perspectivas para adaptarse a las condiciones cambiantes de la política, la economía, la tecnología y el conocimiento científico, por citar unos pocos ejemplos de las grandes transformaciones experimentadas durante este período. Es una buena oportunidad para los miembros de cualquier institución ser capaces de mirar hacia atrás, comprobar sus logros y carencias, sus puntos fuertes y sus puntos débiles, durante un período prolongado de tiempo para encontrar nuevos caminos hacia el éxito.

Nuestra historia es parte integrante de la memoria de todos aquellos que participaron con entusiasmo y perseverancia en la realización del Instituto contribuyendo así a la labor investigadora del CSIC en su conjunto. La historia del ICTJA durante este medio siglo es digna de celebración, no sólo por el propio instituto, sino también por la sociedad a la que sirve. Y seguirá siendo así mientras se mantenga viva la pasión por avanzar con rigor y dedicación en el conocimiento de las Ciencias de la Tierra.

**José Luis Fernández Turiel**  
*Director del Instituto de Ciencias  
 de la Tierra Jaume Almera*

In this book about our 50th anniversary, Pere Anadón and his enthusiastic co-workers have brought to life the personalities, the events, the achievements and the challenges that have so richly populated the half-century since Lluís Solé i Sabarís and his colleagues started their work. Many notable names followed them, moving the Institute forward to adapt to the changing conditions of politics, economy, technology and scientific knowledge, to mention but a few examples of the transformations experienced during this period. It is a good opportunity for the members of any institution to be able to look back upon its achievements and its failures, its strengths and its weaknesses, to find new pathways to success.

Our history is of all those who helped to establish the Institute with enthusiasm and perseverance, contributing to the research work of CSIC as a whole. ICTJA history over the last fifty years is worthy of celebration, not only by the Institute itself, but also by the society it serves. The ICTJA will continue to keep alive our passion for advancing knowledge of Earth Sciences with rigor and dedication.

**José Luis Fernández Turiel**  
*Director of the Institute of Earth  
 Sciences Jaume Almera*

## VINCLES I RELACIONS ENTRE L'ICTJA I LA FACULTAT DE GEOLOGIA DE LA UB

## VÍNCULOS Y RELACIONES ENTRE EL ICTJA Y LA FACULTAD DE GEOLOGÍA DE LA UB

## LINKS AND RELATIONS BETWEEN THE ICTJA AND THE FACULTY OF GEOLOGY OF THE UB

■ És difícil resumir el detall de les relacions entre la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (UB) i l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA-CSIC, Barcelona). La història de les dues entitats és ja llarga i ha passat per nombroses alternatives i vicissituds, que han modificat i modelat la relació mútua existent en cada moment de la seva història compartida. Després d'una primera etapa entre 1965 i 1978 en què ambdues institucions van compartir espais i recursos humans i tècnics en la mateixa Universitat de Barcelona, va tenir lloc una separació física i funcional gradual iniciada el 1979 i culminada el 1982 amb la construcció de l'edifici en el qual actualment resideix l'Institut. Aquesta separació física és, però, molt matisable, ja que el nou edifici de la Facultat de Geologia, no per casualitat, es va aixecar el 1987 a pocs metres de l'actual seu de l'ICTJA. En altres paraules, des de fa uns 28 anys els professors i investigadors comparteixen un espai molt proper al Campus de Diagonal Sud de la Universitat de Barcelona. En el seu moment, aquest veïnatge va ser desitjat i buscat pels components de les dues entitats perquè sempre va existir una consciència forta i clara que les estructures i persones relacionades amb les Ciències de la Terra a la Universitat de Barcelona i al CSIC havien de convergir en el possible

■ Es difícil resumir el detalle de las relaciones entre la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (UB) y el Instituto de Ciencias de la Terra Jaume Almera (ICTJA-CSIC, Barcelona). La historia de ambas entidades es ya larga y ha pasado por numerosas alternativas y vicisitudes, que han modificado y moldeado la relación mutua existente en cada momento de su historia compartida. Después de una primera etapa entre 1965 y 1978 en que ambas instituciones compartieron espacios y recursos humanos y técnicos en la propia Universidad de Barcelona, tuvo lugar una gradual separación física y funcional iniciada en 1979 y culminada en 1982 con la construcción del edificio en el que actualmente reside el Instituto. Esta separación física es sin embargo muy matizable dado que el nuevo edificio de la Facultad de Geología, no por casualidad, fue levantado en 1987 a escasos metros de la actual sede del ICTJA. En otras palabras, desde hace unos 28 años los profesores e investigadores comparten un espacio muy próximo en el Campus Diagonal Sur de la Universidad de Barcelona. Esta vecindad fue en su momento deseada y buscada por los componentes de las dos entidades porque siempre existió una conciencia fuerte y clara de que las estructuras y personas relacionadas con las Ciencias de la Tierra en la Universidad de Barce-

■ It is difficult to summarize the details of the relationship between the Faculty of Geology of the University of Barcelona and the Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA-CSIC, Barcelona). The history of both entities is already long and many vicissitudes have changed and shaped the relationship over the years. After the first stage between 1965 and 1978 when the two institutions shared space and human and technical resources at the University of Barcelona, a gradual physical and functional separation began, culminating in 1982 with the construction of the building in which the Institute currently resides. This physical separation is however very nuanced because the new building of the Faculty of Geology, not unintentionally, was built in 1987 just a few meters from the current headquarters of ICTJA. In other words, for about 28 years teachers and researchers have shared space in the Diagonal South Campus of the University of Barcelona. There was always a desire that structures and people at the University of Barcelona and the CSIC should converge as much as possible and continue sharing and expanding the opportunities for collaboration, research projects and the necessary infrastructure. The clearest example of this is the joint Geology Library ICTJA and Faculty of Geology,

i continuar expandint els espais de col·laboració, els projectes d'investigació i les infraestructures necessàries associades. L'exemple més clar és la Biblioteca conjunta de Geologia ICTJA - Facultat de Geologia, una de les millors a Europa Occidental i un valor afegit a preservar per sobre de totes les vicissituds, adaptada als nous temps i tècniques. La revista *Geologica Acta*, avui integrada a l'SCI gràcies a l'esforç realitzat de manera continuada per les dues institucions, seria una altra mostra que la col·laboració i unió d'esforços rendeixen valor. Finalment, s'han d'esmentar els laboratoris de Paleomagnetisme i de Simulació Geològica (SIMGEO) l'existència dels quals només s'explica gràcies a la col·laboració entre la Facultat i l'ICTJA.

Com ja s'ha indicat, no és fàcil resumir una relació de mig segle de durada. No obstant això, potser és més factible intentar buscar el seu significat profund, que sempre ha estat present com un corrent de fons. I potser és més fàcil buscar explicació i justificació d'aquesta relació atalaiant més en el futur que en el passat. Fa anys que existeix la consciència de la potencialitat de la Facultat i l'ICTJA, en associació amb altres realitats properes, per constituir un pol científicotècnic de geociències, una associació competitiva a escala estatal i europea, cap a la qual caldria caminar amb fermesa. No es tracta d'una idea nova i alguns dels nostres millors i més significats companys l'han defensat. Potser aquest 50è aniversari seria un bon moment per reiniciar o reprendre de forma seriosa i conscienciosa la idea de la construcció d'aquesta opció de futur.

**Lluís Cabrera**

*Degà de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona*

lona y en el CSIC debían converger en lo posible y seguir compartiendo y expandiendo los espacios de colaboración, los proyectos de investigación y las infraestructuras necesarias asociadas. El ejemplo más claro es la biblioteca conjunta de Geología ICTJA - Facultad de Geología, una de las mejores en Europa Occidental y un valor añadido a preservar por encima de todas las vicisitudes, adaptada a los nuevos tiempos y técnicas. La revista *Geologica Acta*, hoy integrada en el SCI gracias al esfuerzo realizado de manera continuada por ambas instituciones, sería otra muestra de que la colaboración y unión de esfuerzos rinden valor. Mencionar finalmente los laboratorios de Paleomagnetismo y de Simulación Geológica (SIMGEO) cuya existencia sólo se explica gracias a la colaboración entre la Facultad y el ICTJA.

Como ya se ha indicado, no es fácil resumir una relación de medio siglo de duración. Sin embargo, quizá sea más factible intentar buscar su significado profundo, que siempre ha estado presente como una corriente de fondo. Y quizá sea más fácil buscar explicación y justificación de esta relación oteando más el futuro que el pasado. Hace años que existe la conciencia de la potencialidad de la Facultat y el ICTJA, en asociación con otras realidades próximas, para constituir un Polo Científico-Técnico de Geociencias. Una asociación competitiva a nivel estatal y europeo, hacia la que habría que caminar con firmeza. No es esta una idea nueva y algunos de nuestros mejores y más significados compañeros la han defendido. Quizá este 50 aniversario sería un buen momento para reiniciar o retomar de forma seria y concienzuda la idea de la construcción de esta opción de futuro.

**Lluís Cabrera**

*Decano de la Facultat de Geologia*

one of the best in Western Europe. The journal *Geologica Acta*, now part of the SCI thanks to the efforts of both institutions, is another example of the value of collaboration. Finally, one should mention the Paleomagnetism and Geological Simulation (SIMGEO) laboratories whose existence is owed purely to collaboration between the Faculty and ICTJA.

As already indicated, it is not easy to summarize half a century of cooperation. However, it may be more feasible to try to find its deeper meaning and easier to seek an explanation of this relationship by looking at the future rather than the past. Years ago awareness of the potential of the Faculty and ICTJA, in partnership with other neighboring organizations, led to the establishment of a scientific-technical geoscience cluster. This was a competitive partnership at national and European level. It was not a new idea and some of our leading fellows have defended it. Perhaps this 50th anniversary would be a good time to build on it.

**Lluís Cabrera**

*Dean of the Faculty of Geology,  
University of Barcelona*

## PRÒLEG

### PRÓLOGO

### FOREWORD

■ Em pertoca a mi, en aquesta part introductòria, parlar del llibre *50 Anys de Recerca a l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera*. Aquest llibre es va pensar com una actuació més en el marc de les celebracions del 50è aniversari de l'Institut, i de fet es va concebre com un repàs a la història de l'Institut i de les persones que hi han treballat en la recerca, en l'administració i en tasques de suport a la recerca en laboratoris i tallers. També vol oferir un tast de la recerca que s'hi fa avui dia i s'hi ha fet en els darrers anys, sense oblidar el que feien aquells que han deixat l'Institut al llarg d'aquests 50 anys. A tot el personal de l'Institut, fix i vinculat, va dedicat aquest llibre.

D'altra banda, cal agrair l'esforç i col·laboració del personal de l'Institut, dels grups que van sorgir de "l'Almera" i, especialment, de totes aquelles persones que han fet aportació de dades i informació i han invertit part del seu temps per tal que aquest llibre vegi la llum.

**Pere Anadón**  
*Coordinador del llibre*

■ Me corresponde a mí, en esta parte introductoria, hablar del libro *50 Años de Investigación en el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera*. Este libro se pensó como una actuación más en el marco de las celebraciones del 50 aniversario del Instituto, y de hecho se concibió como un repaso a la historia del Instituto, de las personas que se han ocupado de la investigación, de la administración y de tareas de apoyo a la investigación en laboratorios y talleres. También quiere ofrecer una muestra de la investigación que se hace hoy en día en el Instituto, y la se ha hecho en los últimos años, sin olvidar la que hacían aquellos que han dejado el Instituto durante estos 50 años. A todo el personal del Instituto, al permanente y al vinculado, va dedicado este libro.

Por otra parte hay que agradecer el esfuerzo y colaboración del personal del Instituto, de los grupos que surgieron del "Almera" y especialmente de todas aquellas personas que han aportado datos e información e invertido tiempo con el fin de que este libro viese la luz.

**Pere Anadón**  
*Coordinador del Libro*

■ It is my privilege to introduce the book *50 Years of Research at the Institute of Earth Sciences Jaume Almera*. This book was intended to celebrate the 50th anniversary of the Institute, and in fact was conceived as a review of the history of the Institute, and the people who worked in research, in administration and on support tasks in laboratories and workshops. We also wanted to offer a taste of the research done today and in recent years, as well as remember those who have served the Institute past and present. To all of them this book is dedicated.

We gratefully acknowledge the efforts and collaboration of the staff of the Institute, the groups that emerged from the "Almera," and especially those persons that have contributed data and information and have generously given of their time to so that this book could see the light of day.

**Pere Anadón**  
*Coordinator of the book*





**INTRODUCCIÓ**  
INTRODUCCIÓN  
INTRODUCTION





## QUÈ ÉS L'INSTITUT DE CIÈNCIES DE LA TERRA JAUME ALMERA?

## ¿QUÉ ES EL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA JAUME ALMERA?

## WHAT IS THE INSTITUTE OF EARTH SCIENCES JAUME ALMERA?

Pere Anadón, José Luis Fernández Turiel, Montserrat Torné

■ L'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) és un centre de recerca especialitzat en l'estudi del Sistema Terra del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC), organisme estatal dedicat al foment, la coordinació, el desenvolupament i la difusió de la investigació científica i tecnològica, així com a la formació de personal i assessorament d'entitats públiques i privades. En aquest marc, l'ICTJA ha desenvolupat la seva activitat des de fa 50 anys com a centre propi del CSIC.

La missió principal de l'ICTJA és avançar en la comprensió del Sistema Terra mitjançant l'aplicació de metodologies experimentals i analítiques d'avantguarda. Entre els seus objectius destaquen la recerca en temes frontera; la transferència d'aquests resultats al sistema productiu i a altres àmbits de la societat; l'assessorament en temes de riscos geològics, exploració i explotació dels recursos geològics, i la formació i capacitació de les futures generacions d'investigadors i tècnics. Per tal d'assolir aquests objectius, l'ICTJA s'estructura al voltant de tres grans eixos:

- Recerca no orientada.
- Recerca orientada als grans reptes socials.
- Formació i suport a joves investigadors i tècnics.

■ El Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA) es un centro de investigación especializado en el estudio del Sistema Tierra del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), organismo estatal dedicado al fomento, coordinación, desarrollo y difusión de la investigación científica y tecnológica, así como a la formación de personal y asesoramiento de entidades públicas y privadas. En este marco el ICTJA ha desarrollado su actividad desde hace 50 años como centro propio del CSIC.

La principal misión de la ICTJA es avanzar en la comprensión del Sistema Tierra mediante la aplicación de metodologías experimentales y analíticas de vanguardia. Entre sus objetivos destacan la investigación en temas frontera, la transferencia de estos resultados en el sistema productivo y a otros ámbitos de la sociedad, el asesoramiento en temas de riesgos geológicos y exploración y explotación de los recursos geológicos, y la formación y capacitación de las futuras generaciones de investigadores y técnicos. Para alcanzar estos objetivos el ICTJA se estructura alrededor de tres grandes ejes:

- Investigación no orientada
- Investigación orientada a los grandes retos sociales
- Formación y apoyo a jóvenes investigadores y técnicos.

■ The Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA) is a research center specializing in the study of Earth system of the Spanish Scientific Research Council (CSIC), a state agency dedicated to the promotion, coordination, development and dissemination of scientific and technological research, as well as staff training and advice to public and private entities. In this context, the ICTJA has developed its activity for 50 years as an independent center of the CSIC.

The main mission of the ICTJA is to advance the understanding of Earth system by applying experimental and analytical vanguard methodologies. Its objectives include research on frontier issues, the transfer of these results to the productive system and other areas of society, advising on issues of geological hazards and geological exploration and exploitation of resources and the education and training of future generations of researchers and technicians. To achieve these objectives the ICTJA is structured around three main areas:

- Non-oriented research
- Research aimed at major social challenges
- Training and support to young researchers and technicians.



**L'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera en una imatge recent. L'Institut està en ple Campus de la Universitat de Barcelona, al costat de la Facultat de Geologia (a la dreta de la foto). (Autor: Antoni Mestres, TN productions).**

El Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera en una imagen reciente. El Instituto está en el Campus de la Universitat de Barcelona, junto a la Facultat de Geología (a la derecha de la foto). (Autor: Antoni Mestres, TN productions).

The Institute of Earth Sciences Jaume Almera in a recent picture. The Institute is located in the University of Barcelona Campus, near de Faculty of Geology (right side of the photo). (Author: Antoni Mestres, TN productions).

L'ICTJA es va fundar l'any 1965 amb el nom d'Institut Jaume Almera (IJA) d'Investigacions Geològiques o el Jaume Almera, com se'l coneix familiarment. Des de llavors, el seu personal ha treballat per l'avançament de diverses disciplines de les Ciències de la Terra, enteses en un sentit ampli, des de l'estructura cristal·lina dels materials que la componen, fins a l'estructura i dinàmica de l'escorça i el mantell, passant pels volcans i els terratrèmols i els riscs geològics; des de la Geologia Marina a l'estudi dels registres paleoambientals en medis continentals; des de l'alteració dels materials superficials de l'escorça i els processos geològics externs a l'estudi mediambiental de l'acció de l'home; des de l'estudi del subsòl i els seus recursos a la Teledetecció. En les primeres dècades de l'Institut també es va fer recerca en registre paleobiològic.

Aquest llibre és una passejada per la història (i la prehistòria) de l'ICTJA i de la recerca que s'ha fet i es fa a l'Institut, tot recordant el treball de les persones que amb l'esforç, la il·lusió i professionalitat han fet possible que avui l'Institut sigui un referent en Ciències de la Terra a escala nacional i internacional.

#### **Advertència**

L'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) es va fundar el 1965 sota el nom d'Institut Jaume Almera (IJA) d'Investigacions Geològiques. Amb els anys es va utilitzar també la forma d'Institut d'Investigacions Geològiques Jaume Almera. És a partir de 1990 quan l'Institut adopta el nom actual. En el llibre s'ha utilitzat l'acrònim IJA quan es fa referència a l'etapa anterior a 1990 i ICTJA a partir d'aquest any.

El ICTJA se fundó en 1965 con el nombre de Instituto Jaime Almera (IJA) de Investigaciones Geológicas (o el "Jaume Almera", como se le conoce familiarmente). Desde entonces, su personal ha trabajado para el avance de diversas disciplinas de las Ciencias de la Tierra, entendidas en un sentido amplio, desde la estructura cristalina de los materiales que la componen, hasta la estructura y dinámica de la corteza y el manto, pasando por los volcanes y los terremotos y los riesgos geológicos; desde la Geología Marina al estudio de los registros paleoambientales en medios continentales; desde la alteración de los materiales superficiales de la corteza y los procesos geológicos externos al estudio medioambiental de la acción del hombre; desde el estudio del subsuelo y sus recursos a la Teledetección. En las primeras décadas del Instituto también se hizo investigación en registro paleobiológico. Este libro es un paseo por la historia (y la prehistoria) del ICTJA, de la investigación que se ha hecho y se hace en el Instituto, recordando el trabajo de las personas que con su esfuerzo, ilusión y profesionalidad han hecho posible que hoy el Instituto sea un referente en Ciencias de la Tierra a nivel nacional e internacional.

#### **Advertència**

El Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA) se fundó en 1965 bajo el nombre de Instituto Jaime Almera (IJA) de Investigaciones Geológicas. Con los años se utilizó también la forma de Instituto de Investigaciones Geológicas Jaime Almera. Es a partir de 1990 cuando el Instituto adopta su nombre actual. En el libro se ha utilizado el acrónimo IJA cuando se hace referencia a la etapa anterior a 1990 e ICTJA a partir de este año.

The ICTJA was founded in 1965 under the name of Institute Jaume Almera (IJA) of Geological Research or "Jaume Almera" as it is known familiarly. Since then, its staff has worked to advance the various disciplines of Earth sciences, understood in a broad sense, from the crystal structure of the materials that compose it to the structure and dynamics of crust and mantle, through volcanoes and earthquakes and geological hazards; from marine geology to the study of paleoenvironmental records in continental environments; from the alteration of the crust surface materials and external geological processes to the environmental study of human action; from the study of subsoil resources to remote sensing. In the first decades of the Institute there was also research on the paleobiological record.

This book is a walk through the history (and prehistory) of ICTJA, the research that has been done and is done at the Institute, recalling the work of the people who with their effort, enthusiasm and professionalism have enabled the Institute today to be a leader in Earth sciences at national and international level.

#### **Foreword**

The Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA) was founded in 1965 under the name of Institute Jaume Almera (IJA) of Geological Research. Over the years, it was also known as Geological Research Institute Jaume Almera. From 1990, the Institute adopted its current name. The book has used the acronym IJA when referring to the period before 1990 and ICTJA thereafter.

## ON ÉS, COM ÉS? ¿DONDE ESTÁ, COMO ES? WHERE IS, HOW IS?



Pere Anadón, José Luis Fernández Turiel

■ Durant els primers anys, després de la creació el 1965, l'Institut Jaume Almera feia servir els locals de diverses càtedres (posteriorment departaments) de la Facultat de Ciències de la UB, per passar, després de la reorganització de 1979, a ocupar alguns locals annexos a la Delegació del CSIC, al carrer de les Egipcíaques (1979-1982).

■ Durante los primeros años, tras su creación en 1965, el Instituto Jaume Almera utilizaba los locales de varias cátedras (posteriormente departamentos) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona (UB), para pasar, después de la reorganización de 1979, a ocupar algunos locales anexos a la Delegación del CSIC, en la Calle de las Egipcíacas (1979-1982).

■ In the beginning, since its creation in 1965, the Institut Jaume Almera used the premises of several chairs (later departments) of the Faculty of Sciences of the University of Barcelona (UB) to occupy, after the reorganization of 1979, some buildings adjacent to the Delegation of the CSIC, at the Street of Egipcíacas (1979-1982).





L'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera està localitzat, des de la construcció de l'edifici actual el 1981-1982, al Campus de Pedralbes de la Universitat de Barcelona (UB), en terrenys de la Facultat de Geologia cedits en ús per la Universitat durant 75 anys pel conveni Universitat de Barcelona - CSIC de 1979. Al principi, l'adreça era al carrer d'Alcàrria, per passar ja el mateix any 1982 a ser al carrer de Martí i Franquès. Després d'una reorganització del Campus de la UB el 1991, l'accés a la Facultat de Biologia i a l'entrada principal de l'Institut va passar a anomenar-se carrer de Lluís Solé Sabarís, en homenatge al primer director de l'Institut.

L'edifici va ser dissenyat pels arquitectes Guillermo Sánchez Gil, Jesús Portillo Jaurena i Jesús Couso Tapia. És una solució arquitectònica funcional amb repartiment pragmàtic entre els espais dedicats a despatxos i els dels laboratoris, distribuïts en quatre plantes seguint l'avantguarda de l'època de construcció, amb amplis accessos interiors, aprofitats per transmetre la llum exterior. L'espai útil de l'edifici ha estat un condicionant clau diverses vegades al llarg de la història de l'Institut en limitar el creixement d'algunes línies i imposar algunes remodelacions. La funcionalitat del disseny original ha permès que l'estructura interna inicial hagi experimentat relativament pocs canvis per adaptar-se a les necessitats canviants de la recerca en Ciències de la Terra al llarg dels últims decennis.

El Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera está localizado, desde la construcción del edificio actual en 1981-1982, en el Campus de Pedralbes de la UB, en terrenos de la Facultad de Geología cedidos en uso por la Universidad durante 75 años por el convenio Universidad de Barcelona-CSIC de 1979. Al principio, la dirección postal correspondía a la Calle Alcarria, para pasar ya en el mismo año 1982 a ser Calle Martí i Franquès. Después de una reorganización del campus de la UB en 1991 el acceso a la Facultad de Biología y a la entrada principal del Instituto pasó a llamarse Calle Lluís Solé Sabarís, en homenaje al primer director del Instituto.

El edificio actual fue diseñado por los arquitectos Guillermo Sánchez Gil, Jesús Portillo Jaurena y Jesús Couso Tapia. Es una solución arquitectónica funcional con reparto pragmático entre los espacios dedicados a despachos y los de los laboratorios, distribuidos en cuatro plantas siguiendo la vanguardia de la época de construcción, con amplios accesos interiores, aprovechados para transmitir la luz exterior. El espacio útil del edificio ha sido un condicionante clave varias veces a lo largo de la historia del Instituto al limitar el crecimiento de algunas líneas e imponer algunas remodelaciones. La funcionalidad del diseño original ha permitido que la estructura interna inicial haya experimentado relativamente pocos cambios para adaptarse a las cambiantes necesidades de la investigación en Ciencias de la Tierra a lo largo de los últimos decenios.

The Institute of Earth Sciences Jaume Almera is located, since the construction of the current building in 1981-1982, in the Pedralbes Campus of the UB on a lot of the Faculty of Geology leased in use for 75 years by the University of Barcelona-CSIC agreement of 1979. Initially, the address was Alcarria Street to change the name in the same year 1982 to be Martí i Franquès Street. After a reorganization of the campus of the UB in 1991, the access to the Faculty of Biology and to the main entrance of the Institute became known as Lluís Solé Sabarís Street in honor of the first director of the Institute.

Architects Guillermo Sánchez Gil, Jesús Portillo Jaurena and Jesús Couso Tapia designed the building of the Institute. It is a pragmatic architectural solution with functional division between spaces dedicated to offices and laboratories, spread over four floors following the progressive designs of the time of construction, with ample interior access utilized to transmit light from outside. The usable space of the building has been a key condition several times throughout the history of the Institute to limit the growth of some research lines and impose some space renovations. The functionality of the original design has allowed initial internal structure has undergone relatively few changes to adapt to the changing need of research in Earth Sciences over the past decades.

# QUI ERA JAUME ALMERA?

## ¿QUIEN ERA JAUME ALMERA?

### WHO WAS JAUME ALMERA?

Pere Anadón

#### ■ Jaume Almera i Comas (Vilassar de Mar, 1845 - Barcelona, 1919)

Jaume Almera i Comas va néixer a Vilassar de Mar el 5 de maig de 1845. Va seguir estudis eclesiàstics al Seminari Conciliar de Barcelona (llavors al carrer dels Tallers), es va ordenar sacerdot el 1872 i el 1885 era canonge de la seu episcopal de Barcelona. Llicenciat en Ciències Naturals i en Ciències Físiques el 1871, i doctor en Ciències Naturals el 1874, va ser professor d'Història Natural del Seminari Conciliar (1874-1885), aleshores col·legi de segona ensenyança agregat a l'Institut Provincial que integrava també alumnes no orientats al sacerdoci (l'equivalent dels actuals col·legis concertats). L'any 1874 va fundar el Museu de Geognòsia i de Paleontologia, precursor de l'actual Museu Geològic del Seminari del carrer de la Diputació de Barcelona. L'any 1885 va començar a treballar en el Mapa Geològic de la Província de Barcelona, subvencionat per la diputació provincial, i es va fer càrrec del Servei Geològic de la Diputació de Barcelona. Un primer full esbós a escala 1:100.000 dels voltants de Barcelona apareix el 1888, i fins al 1914 apareixen 5 fulls a escala 1:40.000 de la província de Barcelona, signats per Jaume Almera. El 1898 va presidir una reunió a

#### ■ Jaume Almera i Comas (Vilassar de Mar, 1845 - Barcelona, 1919)

Jaume Almera i Comas nació en Vilassar de Mar el 5 de mayo de 1845. Siguió estudios eclesiásticos en el Seminario Conciliar de Barcelona (entonces en la calle Tallers) y se ordenó sacerdote en 1872, y en 1885 era canónigo de la sede episcopal de Barcelona. Licenciado en Ciencias Naturales y en Ciencias Físicas en 1871, y doctor en Ciencias Naturales en 1874, fue profesor de Historia Natural del Seminario Conciliar (1874-1885), entonces colegio de segunda enseñanza agregado en el Instituto Provincial que integraba también alumnos no orientados al sacerdocio (equivalente de los actuales colegios concertados). En 1874 fundó el Museo de Geognosia y de Paleontología, precursor del actual Museo Geológico del Seminario de la calle de la Diputació de Barcelona. En 1885 comenzó a trabajar en el Mapa Geológico de la Provincia de Barcelona, subvencionado por la diputación provincial, y se hace cargo del Servicio Geológico de la Diputación de Barcelona. Una primera hoja boceto a escala 1: 100.000 de los alrededores de Barcelona aparece en 1888, y hasta 1914 aparecen 5 hojas a escala 1: 40.000 de la provincia de Barcelona, firmados por Jaume Almera. En 1898 presidió una

#### ■ Jaume Almera i Comas (1845 Vilassar de Mar, Barcelona 1919)

Jaume Almera i Comas was born in Vilassar de Mar on 5 May 1845. He pursued ecclesiastical studies at the Barcelona Seminary (then in Tallers Street) and was ordained as a priest in 1872, and in 1885 became canon of the episcopal Barcelona. Obtaining his Bachelor of Natural Sciences and Physics in 1871 and PhD in Natural Sciences in 1874, he was Professor of Natural History at the Conciliar Seminary (1874-1885), then the secondary school attached to the Instituto Provincial that also integrated students that were not geared to the priesthood (the equivalent of today's subsidized schools). In 1874, he founded the Museum of Paleontology and Geognosy as a precursor to today's Geological Museum of the Seminary of Diputació Street of Barcelona. In 1885, he began working on the Geological Map of the Province of Barcelona, subsidized by the provincial government. He was responsible for the Geological Service of the Barcelona Provincial Council. A first sketch to full scale 1: 100,000 Barcelona appeared around 1888, and until 1914, 5 sheets at 1: 40,000 in the province of Barcelona, signed by Jaume Almera, were published. In 1898, he presided over a meeting in Catalonia of the Société Géologique de



**Retrat de Jaume Almera i Comas, fet per Francesc Amigó i Pla, exposat a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (RACAB) i reproduït per gentilesa d'aquesta institució. Arxiu digital procedent de la RACAB.**

Retrato de Jaume Almera i Comas, hecho por Francisco Amigó i Pla, expuesto en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (RACAB) y reproducido por gentileza de esta Institución. Archivo digital procedente de la RACAB.

Portrait of Jaume Almera i Comas, made by Francesc Amigó i Pla, exhibited at the Royal Academy of Sciences and Arts of Barcelona (RACAB) and reproduced courtesy of this Institution (Digital file from RACAB).



**Catalunya de la Société Géologique de France, amb diverses excursions que van ser objecte de publicació i van tenir un ampli ressò. Va ser membre de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1879) i president d'aquesta institució (1906-1908).**

**Jaume Almera va iniciar l'anomenada Escola Geològica del Seminari de Barcelona (J. Almera, N. Font i Sagué, M. Faura i Sans, R. Bataller, L. Via i S. Calzada). El Museu Geològic del Seminari va estar vinculat temporalment al CSIC, com a seu d'una secció de l'Institut Lucas Mallada (R. Bataller, 1951-1962; L. Via, 1964-1966), després a l'Institut Nacional de Geologia (1966-1977) i, finalment, a l'Institut Jaume Almera (1977-1979), aquestes darreres etapes, sota la direcció de L. Via. La vinculació del Museu del Seminari amb el CSIC va cessar amb la jubilació de L. Via el 1980.**

**La rellevància dels treballs de Jaume Almera sobre cartografia geològica, estratigrafia i paleontologia de Catalunya, molts d'aquests darrers en col·laboració amb notoris especialistes, ha estat reconeguda ja des de la seva època. Els mapes geològics de la província de Barcelona a escala 1:40.000, els únics mapes de detall fets a Espanya a la seva època, corresponen a un treball molt meticulós, de bona precisió, encara que hi manqui informació estructural. Els treballs estratigràfics i paleontològics centrats principalment sobre els materials paleozoics i cenozoics dels voltants de Barcelona tenen una gran importància i han estat la base de nombrosos treballs posteriors sobre aquests temes.**

reunión en Cataluña de la Société Géologique de France, con varias excursiones que fueron objeto de publicación y tuvieron un amplio eco. Fue miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (1879) y presidente de esta institución (1906-1908).

Jaume Almera inició llamada Escuela Geológica del Seminario de Barcelona (J. Almera, N. Font i Sagué, M. Faura i Sans, R. Bataller, L. Via y S. Calzada). El Museo Geológico del Seminario estuvo vinculado temporalmente al CSIC, como sede de una sección del Instituto Lucas Mallada (R. Bataller, 1951-1962; L. Via, 1964-1966), posteriormente adscrita al Instituto nacional de Geología (1966-1977) y finalmente al Instituto Jaume Almera (1977-1979), estas últimas etapas bajo la dirección de L. Via. La vinculación del Museo del Seminario con el CSIC cesó con la jubilación de L. Via en 1980.

La relevancia de los trabajos de Jaume Almera sobre cartografía geológica, estratigrafía y paleontología de Catalunya, muchos de estos últimos en colaboración con notorios especialistas, ha sido reconocida ya desde su época. Los mapas geológicos de la Provincia de Barcelona a escala 1: 40.000 corresponden a un trabajo muy meticuloso, de buena precisión, aunque falte información estructural, y son los únicos mapas de detalle hechos en España en su época. Los trabajos estratigráficos y paleontológicos centrados principalmente sobre los materiales paleozoicos y cenozoicos de los alrededores de Barcelona tienen una gran importancia y han sido la base de numerosos trabajos posteriores sobre estos temas.

France; several field trip guides were published and it had a wide impact. He was a member of the Royal Academy of Sciences and Arts (1879) and president of this institution (1906-1908).

Jaume Almera initiated the so-called geological School of the Seminary of Barcelona (J. Almera, N. Font i Sagué, M. Faura i Sans, R. Bataller, L. Via and S. Calzada). The Geological Museum of the Seminary was temporarily linked to the CSIC as a section of his Institute Lucas Mallada (R. Bataller, 1951-1962; L. Via, 1964-1966), after the National Geology Institute (1966-1977) and finally at the Institute Jaume Almera (1977-1979), the latter stages under the direction of L. Via. The link of the Seminar Museum with CSIC ended with L. Via's retirement in 1980.

The relevance of the work of Jaume Almera on geological mapping, stratigraphy, paleontology of Catalonia, many of these in collaboration with famous specialists, has been recognized since his time. Geological maps of the Province of Barcelona at 1: 40,000 scale correspond to a very meticulous and accurate work, although lacking in structural information. These are the unique detailed maps made in Spain during his time. The stratigraphic and paleontological work mainly focused on the Paleozoic and Cenozoic materials around Barcelona and are very important, being the basis of many later works on these issues.

#### **Why "Jaume Almera" for a Research Institute of the CSIC?**

The CSIC, since its inception, has put the name of illustrious characters or scientists to the institutes and research centers. Thus, in 1940 the CSIC created the Institute José de Acosta, of Natural Sciences, in honor of an eminent naturalist of the sixteenth



**Per què el nom de Jaume Almera per a un institut de recerca del CSIC?**

Des dels inicis, el CSIC va posar el nom de personatges o científics il·lustres als seus instituts i centres de recerca. Així, l'any 1940 es va crear l'Institut José de Acosta, de Ciències Naturals, en honor d'un eminent naturalista del segle XVI, autor d'una *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590). També l'any 1943 es crea el Centre d'Investigacions Geològiques Lucas

**Porque el nombre de Jaume Almera para un Instituto de Investigación del CSIC?**

El CSIC, desde sus inicios puso el nombre de personajes o científicos ilustres en sus institutos y centros de investigación. Así, en 1940 se creó el Instituto José de Acosta, de Ciencias Naturales, en reconocimiento a un eminente naturalista del siglo XVI, autor de una *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590), y el 1943 se crea el Centro de Investigaciones Geológi-

ca, autor of *Historia Natural y Moral de las Indias* (1590). In 1943, the Centro de Investigaciones Geológicas Lucas Mallada (Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas, from 1944) was formed, dedicated to a remarkable paleontologist from the second half of the nineteenth century, author of the *Sinopsis de las Especies fósiles que se han encontrado en España* (1878-1887) and promoter of geological mapping in Spain (*Explicación del Mapa Geológico de España*, 1875-1911).

**Mapa Geológico y Topográfico de la Provincia de Barcelona: región primera o de contornos de la capital detallada/dirigida por el canónigo Dr. Jaime Almera y grabada por Eduardo Brosa. Subvencionado por la Excma. Diputación de Barcelona. 1891. Escala 1: 40.000, dimensiones 65 x 60 cm. Registro ICGC R.M. 19537. © Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.**

Mapa Geológico y Topográfico de la Provincia de Barcelona: región primera o de contornos de la capital detallada/dirigida por el canónigo Dr. Jaime Almera y grabada por Eduardo Brosa. Subvencionado por la Excma. Diputación de Barcelona. 1891. Escala 1: 40.000, dimensiones 65x60 cm. Registro ICGC R.M. 19537. © Instituto Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Mapa Geológico y Topográfico de la Provincia de Barcelona: región primera o de contornos de la capital detallada/dirigida por el canónigo Dr. Jaime Almera y grabada por Eduardo Brosa. Subvencionado por la Excma. Diputación de Barcelona. 1891. Escala 1: 40.000, dimensiones 65 x 60 cm. Register ICGC R.M. 19537. © Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

**Mallada (Institut Lucas Mallada d'Investigacions Geològiques, a partir de 1944), dedicat a un notable paleontòleg de la segona meitat del segle XIX, autor de la *Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España (1878-1887)* i impulsor de la cartografia geològica a Espanya (*Explicación del Mapa Geológico de España, 1875-1911*).**

L'any 1965 es va crear l'Institut Jaume Almera d'Investigacions Geològiques del CSIC. Encara que en cap document oficial consta l'explicació, l'origen o algun comentari explícit que justifiqui aquesta denominació, es pot interpretar que va ser desig del seu impulsor, el Dr. Lluís Solé Sabarís, d'homenatjar la tasca científica del Dr. Jaume Almera.

#### **Els altres instituts Jaume Almera...**

**Una confusió.** Abans de la creació l'any 1965 de l'Institut Jaume Almera d'Investigacions Geològiques del CSIC, va haver un intent de

cas Lucas Mallada (Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas, a partir de 1944), dedicado a un notable paleontólogo de la segunda mitad del siglo XIX, autor de la *Sinopsis de las Especies fósiles que se han encontrado en España (1878-1887)* e impulsor de la cartografía geológica en España (*explicaciones del Mapa Geológico de España, 1875 hasta 1911*).

En 1965 se creó el Instituto Jaume Almera de Investigaciones Geológicas del CSIC. Aunque en ningún documento oficial consta la explicación, el origen, o algún comentario explícito justificando esta denominación, se puede interpretar que fue deseo de su impulsor, el Dr. Lluís Solé Sabarís de reconocer la labor científica del Dr. Jaume Almera.

#### **Los otros Institutos Jaume Almera ...**

**Una confusión.** Antes de la creación en 1965 del Instituto Jaume Almera de Investigaciones Geológicas del CSIC, hubo un intento de usar

In 1965, the CSIC created the Institute Jaume Almera for Geological Research. Although there are no official documents with the explanation, origin, or any explicit comments with acknowledgement on that name, it can be interpreted that was the desire of Dr Lluís Solé Sabarís to pay tribute the scientific work of Dr Jaume Almera.

#### **The other institutes Jaume Almera**

**Confusion.** Before the creation in 1965 of the Jaume Almera Institute for Geological Research of the CSIC, there was an attempt to use the name of Jaume Almera to term the Geological Institute of the Barcelona Provincial Council. One document includes: The Institute Jaume Almera for Geological Research is a scientific institution dependent of the Hon. Barcelona Provincial Council (Article 1º of Regulation for the Geological Institute of the Hon. Provincial Government approved in the plenary council of 31 January 1961). We must also say that the



**Institut IES Vilassar** Instituto IES Vilassar  
IES Institute Vilassar



fer servir el nom de Jaume Almera per designar l'Institut Geològic de la Diputació Provincial de Barcelona. Així consta: "El Instituto 'Jaime Almera' de Investigaciones Geológicas es una institución científica dependiente de la Excma. Diputación Provincial de Barcelona" (artículo primer del Reglamento del Instituto de Investigaciones Geológicas de la Excma. Diputación Provincial, aprobado en sesión plenaria de la Diputación el 31 de gener de 1961). Cal dir també que el nom de Jaume Almera no es va arribar a fer servir per identificar l'Institut Geològic de la Diputació de Barcelona, encara que el 1968, en un recull sobre les institucions culturals d'aquesta diputació, a càrrec de J. M. Berini, diputat president de la Comissió d'Ensenyament, es diu que: "El Instituto 'Jaime Almera' de Investigaciones Geológicas es por tanto una institución científica dependiente de esta Diputación". Sortosament aquesta confusió no ha tingut cap mena de continuïtat.

**L'altre Institut Jaume Almera.** A Vilassar de Dalt, hi ha l'Institut d'Ensenyament Secundari Jaume Almera, creat el 1976, i dedicat a l'il·lustre fill de Vilassar de Mar. D'altra banda, aquesta vila ha dedicat al Dr. Jaume Almera un monument commemoratiu (monòlit fet de pinyolenc de Montserrat) i el nom d'un passeig, on hi ha la seva casa natal (actual carrer del Canonge Almera, 49). Barcelona també li ha dedicat un carrer a la zona del Guinardó (carrer del Canonge Almera, al barri de la Font d'en Fargas, districte d'Horta-Guinardó).

#### **Agraïment.**

El Mapa del Dr. Jaume Almera de la pàgina 25 és una cartografia propietat de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, disponible a [www.icgc.cat](http://www.icgc.cat).

el nombre de Jaume Almera para designar el Instituto Geológico de la Diputación Provincial de Barcelona. Así consta: "El Instituto 'Jaime Almera' de Investigaciones geológicas, es una institución científica Dependiente de la Excma. Diputación Provincial de Barcelona" (Artículo 1º del Reglamento del Instituto de Investigaciones geológicas de la Excma. Diputación Provincial, aprobado en sesión plenaria de la diputación el 31 de Enero de 1961). Hay que decir también que el nombre de Jaume Almera no se llegó a utilizar para identificar el Instituto Geológico de la Diputación de Barcelona, aunque en 1968, en una recopilación sobre las instituciones culturales de esta diputación, a cargo de J.M. Berini, diputado presidente de la comisión de Enseñanza, se dice que: "El Instituto 'Jaime Almera' de Investigaciones geológicas es por lo tanto una institución científica dependiente de esta Diputación". Afortunadamente esta confusión no ha tenido ningún tipo de consecuencia.

**El otro Instituto "Jaume Almera".** En Vilassar de Dalt, está el Instituto de Enseñanza Secundaria (IES) "Jaume Almera", creado en 1976, y dedicado al ilustre hijo de Vilassar de Mar. Por otra parte, esta villa ha dedicado al Dr. Jaume Almera un monumento conmemorativo (monolito hecho de pudinga de Montserrat) y el nombre de un paseo, donde está su casa natal (actual Calle Canonge Almera n. 49). Barcelona también le ha dedicado una calle en la zona del Guinardó (Calle del Canonge Almera, en el barrio de la Font d'en Fargas, distrito de Horta-Guinardó).

#### **Agradecimiento.**

El Mapa del Dr. Jaume Almera de la página 25 es cartografía propiedad del Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, disponible en [www.icgc.cat](http://www.icgc.cat).

name of 'Jaime Almera' was never to be used to identify the Geological Institute of the Barcelona Provincial Council. However, still in 1968, a compilation of the cultural institutions of this council, by J.M. Berini, Deputy Chairman of the Committee of Education says that: "The Institute Jaime Almera for Geological Research is therefore a scientific institution dependent of this Council." Fortunately, this confusion has not continued.

**Another Institute Jaume Almera.** In Vilassar de Dalt, the Institute of Secondary Education (IES) "Jaume Almera" was created in 1976 and was dedicated to the illustrious son of Vilassar de Mar. Moreover, this town has dedicated to Dr Jaume Almera a memorial (a monolith made of Montserrat conglomerate) and the name of an avenue, where his birthplace is (now Canonge Almera Street n. 49). Barcelona also has dedicated a street in the area of El Guinardó (Canonge Almera Street, Font d'en Fargas neighborhood, Horta-Guinardó district).

#### **Acknowledgement.**

The image map of Dr Jaume Almera, page 25, is property of the Cartographic and Geological Institute of Catalonia, available at [www.icgc.cat](http://www.icgc.cat).

## LA GEOLOGIA AL CSIC A BARCELONA ABANS DE LA CREACIÓ DE L'INSTITUT JAUME ALMERA IJA (1940-1965)

### LA GEOLOGÍA EN EL CSIC EN BARCELONA ANTES DE LA CREACIÓN DEL INSTITUTO JAUME ALMERA IJA (1940-1965)

#### THE GEOLOGY OF THE CSIC IN BARCELONA BEFORE THE CREATION OF THE INSTITUTE JAUME ALMERA IJA (1940-1965)

Pere Anadón

##### ■ La immediata postguerra

La recerca en Geologia a Catalunya, immediatament després de la Guerra Civil (1936-1939), va quedar reduïda a les activitats de les càtedres universitàries i, amb molt menys rellevància, del Museu del Seminari i del Museu de Geologia (Museu Martorell). Pel que fa a la Universitat de Barcelona (UB), després de la pertinent depuració (1939-1940) es van fer càrrec novament de les càtedres respectives el Dr. Maximino San Miguel de la Càmera (Càtedra de Geografia i Geologia Dinàmica, de 1912 a 1942) i el Dr. Francisco Pardillo Vaquer (Càtedra de Cristal·lografia i Mineralogia de 1912 a 1954). Aquestes eren les úniques càtedres de Geologia a la Universitat de Barcelona fins a la creació de la de Paleontologia el 1949 i la de Petrologia el 1951. L'any 1940, al voltant de la Càtedra del Dr. M. San Miguel, es va reorganitzar el Laboratori de Geologia ja operatiu abans de la Guerra Civil, i es va tornar a posar en funcionament l'Institut Geològic i Topogràfic de la Diputació Provincial de Barcelona (IGDB), del qual el Dr. M. San Miguel va ser nomenat director. És a dir, es va tornar a una situació semblant a la de 1927-1930. Lluís Solé Sabarís i Noel Llopis eren ajudants de la Càtedra i també auxiliars de l'Institut Geològic

##### ■ La inmediata posguerra

La investigació en Geología en Cataluña, inmediatamente después de la Guerra Civil (1936-1939), quedó reducida a las actividades de las cátedras universitarias y, con mucho menos relevancia, del Museo del Seminario y del Museo de Geología (Museo Martorell). En cuanto a la Universidad de Barcelona (UB), después de la pertinente depuración (1939-1940) se hicieron cargo nuevamente de sus respectivas cátedras el Dr. Maximino San Miguel del Cámara (Cátedra de Geografía y Geología Dinámica, desde 1912 a 1942), y el Dr. Francisco Pardillo Vaquer (Cátedra de Cristalografía y Mineralología desde 1912 a 1954). Estas eran las únicas cátedras de Geología en la Universidad de Barcelona hasta la creación de la de Paleontología en 1949 y la de Petrología en 1951. En 1940, en torno a la cátedra de M. San Miguel, se reorganizó el Laboratorio de Geología ya operativo antes de la Guerra Civil, y se volvió a poner en marcha el Instituto Geológico y Topográfico de la Diputación Provincial de Barcelona (IGDB), del que M. San Miguel fue nombrado director. Es decir se volvió a una situación similar a la de 1927-1930. Lluís Solé Sabarís y Noel Llopis eran ayudantes de la cátedra y también auxiliares del Instituto Geológico

##### ■ The immediate post Spanish Civil war period

Research in Geology in Barcelona, immediately after the Spanish Civil War (1936-1939), was reduced to the activities of the university chairs and with much less relevance to the Seminary Museum and to the Geology Museum (Museu Martorell). As for the University of Barcelona (UB), after the political depuration (1939-1940), Dr Maximino San Miguel de la Cámara (Chair of Geography and Dynamic Geology, from 1912-1942), and Dr Francisco Pardillo Vaquer (Chair of Crystallography and Mineralogy from 1912-1954) were renewed in their respective chairs. These were the only chairs of Geology at the University of Barcelona until the creation of the Paleontology (1949) and Petrology (1951) chairs. In 1940, around the chair of Dr. M. San Miguel, the Laboratory of Geology, operating since before the Civil War, was reorganized and again put into operation the Geological Institute of the Provincial Council of Barcelona (IGDB), of which Dr. M. San Miguel was appointed director. That is, it turned to a situation similar to that of 1927-1930. Lluís Solé Sabarís and Noel Llopis were assistants of the chair and of the IGDB. In fact, Solé Sabarís during the Civil War and the immediate post-war period (1939-1940)



**Biblioteca de la Càtedra de Geografia Física i Geologia Aplicada, a l'ala de Ciències de l'Edifici Històric de la Universitat de Barcelona, a la plaça de la Universitat, pels volts de 1944, fins al seu trasllat al Pavelló del Jardí. Aquesta càtedra va estar lligada a la Secció de Geomorfologia de l'Institut Lucas Mallada del CSIC de la qual L. Solé Sabarís era el cap. Aquesta secció va formar part de l'Institut Jaume Almera el 1965. (Arxiu del Museu Geològic del Seminari).**

Biblioteca de la Cátedra de Geografía Física y Geología Aplicada, en el ala de Ciencias del Edificio Histórico de la Universidad de Barcelona, en la plaza de la Universidad, alrededor de 1944, hasta su traslado en el Pabellón del Jardín. Esta cátedra estuvo ligada a la Sección de Geomorfología del Instituto Lucas Mallada del CSIC de la cual L. Solé Sabarís era el jefe. Esta sección formó parte del Instituto Jaume Almera en 1965. (Archivo del Museo Geológico del Seminario).

Library of the Chair of Physical Geography and Applied Geology in the Sciences wing of the historical building of the University of Barcelona, at the University Square, around 1944, until his transfer to the Garden Pavilion in 1945. This chair was linked to the Geomorphology Section of the Institute Lucas Mallada of CSIC of which Solé Sabarís was its head. This section became part of the Institute Jaume Almera in 1965. (Archive of the Geological Museum of the Seminar).

i Topogràfic de la Diputació. De fet, Solé Sabarís durant la Guerra Civil i en la immediata postguerra (1939-1940) compaginava l'ensenyament com a catedràtic d'institut amb col·laboracions al Laboratori de Geologia.

El novembre de 1939 es crea el Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC), al qual es transfereixen la major part dels locals expropiats i les competències de la Junta d'Ampliació d'Estudis, de la Fundació d'Investigacions Científiques i Assaigs de Reformes, així com dels instituts de l'Institut d'Espanya i tots els que pertanyien al Ministeri d'Educació Nacional i que no estaven vinculats a la universitat. Es nomenen president del CSIC, José Ibáñez Martín (1939-1967), també ministre d'Educació (1939-1951), i secretari José Maria Albareda (1939, en actiu fins a la seva mort, el 1966). Aquestes dues persones seran 25 anys després encara les màximes autoritats del CSIC quan es creï l'Institut Jaume Almera d'Investigacions Geològiques el novembre de 1965. El Dr. Albareda va ser la persona que va dirigir l'orientació i organització del CSIC durant tota aquesta època.

El 1940, el CSIC es reorganitza en patronats, que no són més que estructures de coordinació i gestió dels seus centres, instituts i seccions. En aquesta nova reorganització la Geologia passa a dependre del Patronat Santiago Ramón y Cajal que engloba les àrees de Biologia, Biomedicina i Ciències Naturals. La Geologia i les ciències afins al CSIC durant quasi quatre dècades van dependre del Patronat Alfons el Savi, de Ciències Experimentals i Matemàtiques, i del Patronat Alonso de Herrera, de Ciències Agràries. El desembre de 1940 es crea la Secció de Petrografia de l'Institut José de

y Topográfico de la Diputación. De hecho, Solé Sabarís durante la Guerra Civil y en la inmediata posguerra (1939-1940) compaginaba la enseñanza como catedrático de Instituto con colaboraciones en el Laboratorio de Geología.

En noviembre de 1939 se crea el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), al que se transfieren la mayor parte de los locales expropiados y las competencias de la Junta de Ampliación de Estudios, de la Fundación de Investigaciones Científicas y Ensayos de reformas, así como los institutos del Instituto de España y todos los que pertenecían al Ministerio de Educación Nacional y que no estaban vinculados a la universidad. Son nombrados Presidente del CSIC José Ibáñez Martín (1939-1967), que también fue Ministro de Educación (1939-1951), y Secretario José María Albareda (1939, en activo hasta su muerte, en 1966). Estas dos personas serán 25 años después todavía las máximas autoridades del CSIC cuando se cree el Instituto Jaume Almera de Investigaciones geológicas en noviembre de 1965. Albareda fue la persona que dirigió la orientación y organización del CSIC durante toda esta época.

En 1940, el CSIC se reorganiza en patronatos, que no son más que estructuras de coordinación y gestión de sus centros, institutos y secciones. En esta nueva reorganización la Geología pasa a depender del Patronato Santiago Ramón y Cajal que engloba las áreas de Biología, Biomedicina y Ciencias Naturales. Los patronatos de los que llegó a depender la Geología y ciencias afines en el CSIC durante casi cuatro décadas fueron: el Patronato Alfonso el Sabio, de Ciencias Experimentales y Matemáticas; y el Patronato Alonso de Herre-

combined teaching as a Secondary School professor with collaborations at the Laboratory of Geology.

In November 1939, the Spanish National Research Council (CSIC) was created, to which most of the expropriated premises and competencies of the Junta de Ampliación de Estudios were transferred, of the Foundation for Research and Testing Reforms and institutes of the Institute of Spain and all other institutes that belonged to the Ministry of Education and were not linked to the university. José Ibáñez Martín was appointed CSIC President (1939-1967), Minister of Education (1939-1951), and CSIC Secretary Jose Maria Albareda (1939 and active until his death in 1966). These two, 25 years later, were still the highest authorities of the CSIC when the Instituto Jaume Almera de Investigaciones Geológicas was created in November 1965. Dr Albareda was the person who directed the orientation and organization of the CSIC throughout this time.

In 1940, the CSIC was reorganized into boards, which are structures of coordination and management of centers, institutes and sections. In this new reorganization, Geology came under Santiago Ramón y Cajal Board, encompassing the areas of Biology, Biomedical Science and Natural Sciences. The boards of which who came to depend on the geology and related sciences in the CSIC for nearly 4 decades were: Alfonso el Sabio Board, of Experimental Sciences and Mathematics; and the Alonso Herrera Board of Agricultural Sciences. In December 1940, the Section of Petrography of the Institute José de Acosta CSIC attached to the Ramon y Cajal Board was created, included in the Laboratory of Geology of the UB. The section chief was M.



**El Pavelló del Jardí del recinte de l'Edifici Històric de la Universitat de Barcelona. En aquest edifici estava localitzada la Càtedra de Geografia Física i Geologia Aplicada des de 1945 i la Càtedra de Paleontologia des de 1949 i les seccions corresponents de l'Institut Lucas Mallada. A partir de 1965, va ser la seu de la direcció de l'Institut Jaume Almera fins que es va traslladar als locals del pati de Ciències de l'Edifici Històric de la Universitat. Aquest edifici es va enderrocar i va ser substituït el 2001 per un altre pavelló seu de part de la Facultat de Filologia (edifici Josep Carner). (Arxiu de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona.)**

El Pabellón del Jardín del recinto del Edificio Histórico de la Universidad de Barcelona. En este edificio estaba localizada la Cátedra de Geografía Física y Geología Aplicada desde 1945 y la Cátedra de Paleontología desde 1949 y las secciones correspondientes del Instituto Lucas Mallada. A partir de 1965, fue la sede de la dirección del Instituto Jaume Almera hasta que se trasladó a los locales del patio de Ciencias del Edificio Histórico de la Universidad. Este edificio se derribó y fue sustituido en 2001 por otro pabellón sede de parte de la Facultad de Filología (edificio Carner). (Archivo de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona.)

The Garden Pavilion grounds of the historical building of the University of Barcelona. The chair of Physical Geography and Applied Geology has been located in this building since 1945 and the Chair of Paleontology since 1949 and the corresponding sections of the Institute Lucas Mallada. From 1965, it was the headquarters of the direction of Jaume Almera Institute until it moved to the premises in the courtyard of Sciences of the historical building of the University. This building was demolished in 2001 and was replaced by another Hall, now headquarters of the Faculty of Philology (Building Josep Carner) (Archive of the Faculty of Geology of the University of Barcelona).



Acosta del CSIC, adscrita al Patronat Ram3n y Cajal, constitu3da al Laboratori de Geologia de la UB. El cap de secci3 era M. San Miguel amb dos col·laboradors: Fidel Raurich, de Petroqu3mica, i Jaume Marcet, de Mineralogia Petrogr3fica, catedr3tic d'institut. En aquesta secci3 comencen a treballar-hi Josep F. de Villalta i Miquel Crusafont, sobre mamífers del Mioc3 de la prov3ncia de Barcelona; Valent3 Masachs, sobre Hidrografia del Pirineu Oriental, i Noel Llopis Llad3, sobre geologia i geomorfologia de Catalunya. Aquesta secci3 ser3 operativa fins al 1942, quan M. San Miguel marxa a Madrid.

D'altra banda, el 1940 surt a oposici3 la C3tedra de Mineralogia, Geografia F3sica i Geologia de la Universitat de Granada. S'hi presenta solament L. Sol3 Sabar3s, ajudant a la C3tedra de M. San Miguel de la C3mara a Barcelona, i obt3 la plaça (novembre de 1940). Sol3 Sabar3s es trasllada a Granada i posteriorment 3s nomenat cap de la Secci3 de Geomorfologia de l'Ins-

ra, de Ciencias Agrarias. En diciembre de 1940 se crea la Secci3n de Petrografia del Instituto Jos3 de Acosta del CSIC, adscrita al Patronato Ram3n y Cajal, constitu3da en el Laboratorio de Geologia de la UB. El jefe de esa secci3n era M. San Miguel con dos colaboradores (Fidel Raurich, de Petroqu3mica, y Jaume Marcet, de Mineralog3a petrogr3fica, catedr3tico de instituto). En esta secci3n empiezan a trabajar Josep F. de Villalta y Miquel Crusafont sobre mam3feros del Mioceno de la provincia de Barcelona, Valent3 Masachs, sobre Hidrografia del Pirineo oriental y Noel Llopis sobre geologia y geomorfologia de Catalu3a. Esta secci3n ser3 operativa hasta el 1942, cuando M. San Miguel se traslada a Madrid.

Por otra parte, en 1940 sale a oposici3n la C3tedra de Mineralog3a, Geografia F3sica y Geologia de la Universidad de Granada. Se presenta solamente L. Sol3 Sabar3s, ayudante de c3tedra de M. San Miguel del C3mara en Barcelona, y obtiene la plaza (noviembre de 1940). Sol3 Sa-

San Miguel with two partners (Fidel Raurich, assistant, Petrochemistry, and Jaume Marcet, Professor of Institute, Petrographic mineralogy). In this section, Miquel Crusafont and Josep F. Villalta started to work on Miocene Mammals of the province of Barcelona, Valent3 Masachs on Hydrography of the Eastern Pyrenees and Noel Llopis Llad3 on Geology and Geomorphology of Catalonia. This section was operational until 1942, when M. San Miguel went to Madrid.

In 1940 there was a vacant position of Chair of Mineralogy, Physical Geography and Geology at the University of Granada. Only L. Sol3 Sabar3s, assistant to the chair of the M. San Miguel in Barcelona, applied and obtained the position (in November 1940). Sol3 Sabar3s moved to Granada and later was appointed Head of the Section of Geomorphology of the Instituto Jos3 de Acosta (on 1 May 1942). Sol3 Sabar3s, since his arrival in Granada, participated actively in several meetings and conferences of Geography in Jaca and Granada, where he coincided with

**L. Sol3 Sabar3s (centre) conversant amb J. M. Albareda, secretari general del CSIC, a la dreta i amb un assistent al Congrés de l'INQUA del 1957 a Madrid. Era not3ria l'amistat que unia L. Sol3 Sabar3s i J. M. Albareda ja des que van coincidir a Granada l'any 1942 i van col·laborar en les sessions sobre temes pirinencs que es van començar a organitzar a Jaca. Aquesta amistat 3s, sens dubte, un dels factors importants en la creaci3 de l'Institut Jaume Almera. (Font: C. Sugra3es, Arxiu de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona).**

L. Sol3 Sabar3s (centro) conversando con J. M. Albareda, secretario general del CSIC, a la derecha y con un asistente al Congreso del INQUA de 1957 en Madrid. Era notoria la amistad que unia L. Sol3 Sabar3s y J. M. Albareda desde que coincidieron en Granada en 1942 y colaboraron en las sesiones sobre temas pirenaicos que se empezaron a organizar en Jaca. Esta amistad es, sin duda, uno de los factores importantes en la creaci3n del Instituto Jaume Almera. (Fuente: C. Sugra3es, Archivo de la Facultad de Geologia de la Universidad de Barcelona).

L. Sol3 Sabar3s (centre) in conversation with J. M. Albareda, General Secretary of the CSIC, right, and a participant to INQUA Congress 1957 in Madrid. The friendship that united L. Sol3 Sabar3s and J. M. Albareda was close, since they met in Grenada in 1942 and collaborated in the sessions on Pyrenean issues that began to organize in Jaca. This friendship was certainly an important factor in the creation of the Instituto Jaume Almera. (Source: C. Sugra3es, Archives of the Faculty of Geology of the University of Barcelona).



titut José de Acosta (1 de maig de 1942). Solé Sabarís des de l'arribada a Granada participa activament en diverses reunions i congressos de Geografia a Jaca i Granada on coincideix amb J. M. Albareda i comença la seva estreta relació.

Pel que fa a la Geofísica, el 1941 es crea l'Institut Nacional de Geofísica del CSIC amb seu a Madrid, com a director del qual és nomenat José García Siñeriz (1886-1974), que va arribar a ser vicepresident del CSIC. Aquest institut va desaparèixer amb la reorganització del CSIC de 1979. D'altra banda, la Geofísica del CSIC a Barcelona no arribaria a engegar fins a la dècada de 1980. Cal esmentar que l'Observatori Astronòmic de l'Ebre, a Tortosa, fundat pels jesuïtes el 1904, i on es feia recerca en Geofísica, va estar associat o coordinat al CSIC des de la fundació d'aquest organisme, inicialment a través del Patronat Juan de la Cierva.

Com a òrgan de gestió dels diversos grups d'investigació del CSIC a Catalunya, el 1942 es crea formalment la Delegació del CSIC a Barcelona. Durant més de dues dècades no va existir cap institut de Geologia del CSIC com a centre propi a Catalunya, és a dir, independent, només seccions (equips universitaris d'investigació) o departaments (grups de diverses seccions) dependents d'instituts amb seu a Madrid.

#### **Les seccions de Barcelona de l'Institut Lucas Mallada (ILM) als anys 1940**

L'agost de 1942 mitjançant un concurs de trasllat M. San Miguel marxa a la Càtedra de Geologia Geognòstica i Estratigrafia de la Facultat de Ciències de la Universitat de Madrid i l'any següent es crea el Centre d'Investiga-

barís se traslada a Granada y posteriormente es nombrado Jefe de la Sección de Geomorfología del Instituto José de Acosta (1-5-1942). Solé Sabarís desde su llegada a Granada participa activamente en varias reuniones y congresos de Geografía en Jaca y Granada donde coincide con J. M. Albareda y comienza su estrecha relación.

En cuanto a la Geofísica, en 1941 se crea el Instituto Nacional de Geofísica del CSIC con sede en Madrid y se nombra director a José García Siñeriz (1886-1974), que llegó a ser Vicepresidente del CSIC. Este Instituto desapareció con la reorganización del CSIC de 1979. Por otra parte, la Geofísica del CSIC en Barcelona no llegaría a ponerse en marcha hasta la década de 1980. Cabe mencionar que el Observatorio Astronómico del Ebro, en Tortosa, fundado por los jesuitas en 1904, y donde se investigaba en Geofísica, estuvo asociado o coordinado al CSIC desde la fundación de este organismo, inicialmente a través del Patronato Juan de la Cierva.

Como órgano de gestión de los diversos grupos de investigación del CSIC en Cataluña, en 1942 se crea formalmente la Delegación del CSIC en Barcelona. Durante más de dos décadas no existió ningún instituto de Geología del CSIC como centro propio, es decir independiente, en Cataluña, sólo secciones (equipos universitarios de investigación) o departamentos (grupos de varias secciones) dependientes de institutos con sede en Madrid.

#### **Las secciones de Barcelona del Instituto Lucas Mallada (ILM) en los años 40**

En agosto de 1942, mediante concurso de traslado, M. San Miguel se hace cargo de la Cátedra de Geología Geognóstica y Estratigrafía de

J.M. Albareda and began a close friendship.

As for Geophysics, in 1941 the National Institute of Geophysics CSIC was created. It based in Madrid and Jose Garcia Siñeriz (1886-1974) was appointed Director. He came to be Vice President of CSIC. This institute disappeared with the reorganization of CSIC in 1979. Moreover, the CSIC Geophysics in Barcelona did not start until the 1980s. It should be mentioned that the Astronomical Observatory of the Ebro, Tortosa, founded by Jesuits in 1904, where they did research in geophysics, was associated or coordinated with the CSIC since the founding of this organization, initially through the Juan de la Cierva Board.

The Delegation of CSIC in Barcelona was formally created in 1942 as a management organ of the CSIC research groups in Catalonia. For more than two decades, there were no CSIC independent institutes of Geology in Catalonia, only sections (university research teams) or departments (groups of several sections) dependent on institutes based in Madrid.

#### **Sections of the Barcelona Institute Lucas Mallada (ILM) during the 1940s**

In August 1942 through a contest for relocating, M. San Miguel went to the Chair of Geognostic Geology and Stratigraphy of the Faculty of Sciences of the University of Madrid. The following year, the Lucas Mallada Research Center was created (later the Lucas Mallada Research Institute, ILM 1943-1979, initially within the Ramón y Cajal Board). This institute was formed from various sections based at the National Museum of Natural Sciences in Madrid, adding sections created around several university chairs from the rest of Spain. The director of the ILM was M.

cions Lucas Mallada (posteriorment Institut Lucas Mallada d'Investigacions Geològiques, ILM 1943-1979; inicialment dins el Patronat Ramón y Cajal). Aquest institut estava integrat per diverses seccions amb seu al Museu Nacional de Ciències Naturals de Madrid, encara que va agregant seccions creades al voltant de diverses càtedres d'universitats de la resta d'Espanya. El director de l'ILM va ser M. San Miguel fins a la seva mort el 1961 (en què el va succeir L. Solé Sabarís). L'ILM es va convertir en Institut de Geologia de Madrid del CSIC (1979) i va passar a integrar-se al Museu Nacional de Ciències Naturals com a Departament de Geologia (1985).

Solé Sabarís, amb la marxa de M. San Miguel a Madrid, demana el trasllat des de Granada a la Càtedra de Geografia Física i Geologia Aplicada de la UB (1943) situada a l'ala de ciències de l'Edifici Històric de la UB. Al voltant d'aquesta càtedra, Solé Sabarís reforça el Laboratori de Geologia, pren la direcció de l'Institut Geològic (-Topogràfic) de la Diputació Provincial de Barcelona (IGDB) i comanda la Secció de Geomorfologia de Barcelona de l'ILM amb N. Llopis com a col·laborador. De fet, aquesta secció apareix com un nucli molt diferenciat de l'entorn, que integren com a becaris J. M. Ribera, J. M. Fontboté, J. F. de Villalta i M. Crusafont. A partir de 1945 va tenir la seu al Pavelló del Jardí de la UB, a tocar del carrer d'Aribau, on també tindria la seu, a partir de la creació el 1949, la Càtedra de Paleontologia i posterior Secció de Paleontologia de Barcelona de l'ILM. També es constitueix la Secció de Cristal·lografia i Mineralogia de l'ILM al voltant de la Càtedra del Dr. F. Pardo (1943), que perdurà fins al 1950 en què passarà a ser Depar-

la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. Al año siguiente se crea el Centro de Investigaciones Lucas Mallada (posteriormente Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas ILM, 1943-1979) inicialmente dentro del Patronato Ramón y Cajal. Este Instituto estaba integrado por varias secciones con sede en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, aunque irá agregando secciones creadas alrededor de varias cátedras de universidades del resto de España. El director del ILM fue M. San Miguel hasta su muerte en 1961 (en el que fue sucedido por L. Solé Sabarís). El ILM se convirtió en Instituto de Geología de Madrid del CSIC (1979) y se integró en el Museo Nacional de Ciencias Naturales como Departamento de Geología (1985).

Solé Sabarís, con la marcha de M. San Miguel en Madrid, pide el traslado desde Granada a la Cátedra de Geografía Física y Geología Aplicada de la UB (1943) situada en el ala de Ciencias del edificio histórico de la UB. Alrededor de esta cátedra, Solé Sabarís refuerza el Laboratorio de Geología, toma la dirección del Instituto Geológico (-Topográfico) de la Diputación Provincial de Barcelona (IGDB) y la jefatura de la Sección de Geomorfología de Barcelona del ILM, con N. Llopis como colaborador. De hecho esta sección aparece como un núcleo muy diferenciado del entorno, integrando como becarios J. M. Ribera, J. M. Fontboté, J. F. de Villalta y M. Crusafont. A partir de 1945 tenía su sede en el Pabellón del Jardín de la UB, junto a la calle Aribau, donde también tendría la sede, a partir de su creación en 1949, la Cátedra de Paleontología y posterior Sección de Paleontología de Barcelona del ILM. También se constituye la Sección de Cristalografía y Mi-

San Miguel until his death in 1961 (he was succeeded by L. Solé Sabarís). The ILM became the Geology Institute of the CSIC Madrid (1979) and went on to join the National Museum of Natural Sciences in the Department of Geology (1985).

Solé Sabarís with the departure of M. San Miguel in Madrid asked for relocation from Granada to the Chair of Physical Geography and Applied Geology UB (1943) located in the wing of Sciences of the historic building of the UB. Around this chair, Solé Sabarís reinforced the Laboratory of Geology, becoming head of the Geological (-Topographic) Institute of the Provincial Council of Barcelona (IGDB), and commanding the Barcelona Geomorphology Section of the ILM, with N. Llopis as a collaborator. In fact, this section appears as a core, very different from the environment, integrating as scholars J.M. Ribera, J.M. Fontboté, J.F. de Villalta and M. Crusafont. From 1945, the section was based at the Garden Pavilion UB close to Aribau Street. This also had headquarters, from the establishment in 1949, of the Chair of Paleontology and later the Section of Paleontology in Barcelona of ILM. The Crystallography and Mineralogy Section of the ILM was formed around the Chair of Dr F. Pardo (1943), which persisted until 1950, when it became the Department of Crystallography and Roentgenology CSIC, following the same as head Dr Pardo until his retirement in 1954.

Around 1946-1949, some sections of the ILM were based in Madrid, where their heads resided, while some researchers and scholars were in the offices of Barcelona, i.e. the Petrography Section, with A. San Miguel Arribas and J. Marcet Riba, who were both collaborators of the Crystallography and Mineralogy Section; Marcet Riba was a collaborator of the



**Cartell d'anunci del Curset Internacional de Paleontologia de l'any 1956 dirigit per M. Crusafont en el marc de les activitats de la Secció de Paleontologia del Museu de Sabadell de l'Institut Lucas Mallada del CSIC. (Arxiu Miquel Crusafont de l'Institut Català de Paleontologia).**

Cartel de anuncio del Cursillo Internacional de Paleontología de 1956 dirigido por M. Crusafont en el marco de las actividades de la Sección de Paleontología del Museo de Sabadell del Instituto Lucas Mallada del CSIC. (Archivo Miquel Crusafont del Instituto Catalán de Paleontología).

Announcement poster of the International Workshop of Paleontology in 1956 directed by M. Crusafont in the framework of the activities of the Section of Paleontology of the Sabadell Museum, Lucas Mallada Institute of CSIC. (Archive Miquel Crusafont of the Catalan Institute of Paleontology).

tament de Cristal·lografia i Roentgenlogia del CSIC, en el qual seguirà com a cap el mateix Dr. Pardillo fins a la seva jubilació el 1954.

Cap a 1946-1949, algunes seccions de l'ILM estaven radicades a Madrid, on residien els seus caps, mentre que alguns investigadors i becaris estaven a les dependències de Barcelona (Secció de Petrografia: A. San Miguel Arribas i J. Marcet Riba, abans col·laboradors a la Secció de Cristal·lografia i Mineralogia, i aquest darrer col·laborador de la Secció de Petrografia de l'Institut José de Acosta 1941-1943; Secció de Paleontologia: J. R. Bataller, G. Colom, J. F. Villalta i M. Crusafont). En aquesta època hi havia dues seccions de l'ILM exclusivament ubicades a Barcelona: la Secció de Cristal·lografia i Mineralogia, sota la direcció de F. Pardillo (amb J. M. Font Tullot i J. L. Amo-

nerallogia del ILM al·rededor de la càtedra de F. Pardillo (1943), que perdurarà hasta 1950 en que pasará a ser Departamento de Cristallografía y Roentgenología del CSIC, siguiendo como jefe F. Pardillo hasta su jubilación en 1954.

Hacia 1946-1949, algunas secciones del ILM estaban radicadas en Madrid, donde residían sus cabezas, mientras algunos investigadores y becarios estaban en las dependencias de Barcelona (Sección de Petrografía: A. San Miguel Arribas y J. Marcet Riba, antes colaboradores en la sección de Cristalografía y Mineralogía, y este último colaborador de la sección de Petrografía del Instituto José de Acosta (1941-1943); Sección de Paleontología: J. R. Bataller, G. Colom, J. F. Villalta y M. Crusafont). En esa época el ILM tenía dos secciones exclusivamente ubicadas en Barcelona: la Sección de Cristalografía y Mi-

Petrography Section, Institute José de Acosta 1941-1943; and the Paleontology Section, with J.R. Bataller, G. Colom, J.F. Villalta, and M. Crusafont. At that time, there were two sections of the ILM exclusively located in Barcelona: the Crystallography and Mineralogy Section, under the direction of F. Pardillo (J. M. Font Tullot and J. L. Amorós as scholars, the latter staff researcher of the CSIC, 1948-1954) and the Geomorphology Section, under the direction of L. Solé Sabarís (collaborators N. Llopis Lladó, J.M. Fontboté and V. Masachs). Thus began a stage in which research in the Earth Sciences was dominated by activities around the chairs of L. Solé Sabarís and of F. Pardillo, and the corresponding sections of the CSIC (Geomorphology and Crystallography and Mineralogy), although the numerous charges that would accumulate Solé Sabarís

rós com a becaris; aquest últim posteriorment col·laborador i investigador de plantilla del CSIC, 1948-1954) i la Secció de Geomorfologia, sota la direcció de L. Solé Sabarís (amb els col·laboradors N. Llopis Lladó, J. M. Fontboté, V. Masachs). Comença així una etapa en què la recerca en Ciències de la Terra està dominada per les activitats al voltant de les càtedres de L. Solé Sabarís i de F. Pardillo, i les corresponents seccions del CSIC (Geomorfologia, i Cristal·lografia i Mineralogia), encara que els nombrosos càrrecs que anava acumulant Solé Sabarís el configuren com a veritable pivot de la recerca en Geologia a Catalunya.

També es feien activitats sobretot lligades a la geologia de camp a la Secció de Geologia de l'Institut d'Estudis Pirinencs del qual també era cap de la secció i director L. Solé Sabarís (1942-1968). Aquest centre, que es va iniciar com a Estació d'Estudis Pirinencs amb seu a Jaca el 1942, va canviar el nom pel d'Institut d'Estudis Pirinencs el 1948. Era un centre multidisciplinari que s'ocupava d'estudiar el Pirineu en els aspectes més variats. En els anys 1940 i principi dels 1950, en la Secció de Geologia s'integraven aquells treballs desenvolupats per personal de la Secció de Geomorfologia de Barcelona de l'ILM localitzats al Pirineu català principalment, especialment col·laboracions en cartografia geològica de fulls del Mapa Geològic d'Espanya (L. Solé Sabarís, N. Llopis Lladó, J. M. Fontboté, V. Masachs, etc.).

#### **Les seccions de Barcelona de l'Institut Lucas Mallada de 1950 a 1965**

En el període 1950-1951 tenen lloc uns importants canvis a les seccions de l'ILM de Barcelona. La Secció de Cristal·lografia i Mineralogia

neralología, bajo la dirección de F. Pardillo (con J. M. Font-Tullot y J. L. Amorós como becarios, este último posteriormente colaborador e investigador de plantilla del CSIC (1948-1954), y la Sección de Geomorfología, bajo la dirección de L. Solé Sabarís (colaboradores N. Llopis, J. M. Fontboté, V. Masachs). Comienza así una etapa en la que la investigación en Ciencias de la Tierra está dominada por las actividades en torno a las cátedras de L. Solé Sabarís y de F. Pardillo, y las correspondientes secciones del CSIC (Geomorfología, y Cristalografía y Mineralología), aunque los numerosos cargos que iba acumulando Solé Sabarís lo configuran como verdadero pivote de la investigación en Geología en Cataluña.

También se desarrollaban actividades sobre todo ligadas a la geología de campo en la Sección de Geología del Instituto de Estudios Pirenaicos de los que también era jefe de la sección y director L. Solé Sabarís (1942 hasta 1968). Este centro, que se inició como Estación de Estudios Pirenaicos con sede en Jaca en 1942, cambió su nombre por el de Instituto de Estudios Pirenaicos en 1948. Era un centro multidisciplinar que se ocupaba de estudiar el Pirineo en los aspectos más variados. En los años cuarenta y principios de los cincuenta, en la Sección de Geología integraban aquellos trabajos desarrollados por personal de la Sección de Geomorfología de Barcelona del ILM localizados en el Pirineo catalán principalmente, especialmente colaboraciones en cartografía geológica de hojas del Mapa Geológico de España (L. Solé Sabarís, N. Llopis, J. M. Fontboté, V. Masachs, etc.).

#### **Las secciones de Barcelona del Instituto Lucas Mallada de 1950 a 1965**

En el período 1950-1951 tienen lugar unos importantes cambios en las secciones del ILM

configured him as the real key of research in geology in Catalonia.

There were also activities mainly related to the field geology in the Geology Section of the Institute of Pyrenean Studies, in which the head of the section and director of the institute was L. Solé Sabarís (1942-1968). This institute, which began as Pyrenean Studies Station based in Jaca in 1942, changed its name to Institute of Pyrenean Studies in 1948. This multidisciplinary center took care of studying the Pyrenees in many varied aspects. In the 1940s and early 1950s, the Geology Section incorporated those works, mainly on the Catalan Pyrenees, developed by the staff of the Geomorphology Section in Barcelona of the ILM, especially geological mapping for the sheets of the Geological Map of Spain (L. Solé Sabarís, N. Llopis Lladó, J.M. Fontboté, V. Masachs, etc.).

#### **Sections in Barcelona of the Institute Lucas Mallada (1950-1965)**

In the period 1950-1951, some important changes took place in the sections of the ILM in Barcelona. The Crystallography and Mineralogy Section became Crystallography and Roentgenology Department that was led by Dr F. Pardillo until his retirement in 1954. This department is separate from the institute and later depended on the Alfonso el Sabio Board. In addition, in 1951, 3 new sections of the ILM headquartered at UB, were created. These sections were headed by the new professors of this university: Paleontology (J.R. Bataller) Petrography (A. San Miguel Arribas) and Applied Geology (L. Miravittles, Faculty of Pharmacy). This year the Sabadell Museum, which was linked by Dr Crusafont for many years, was also integrated as Paleontology

esdevé Departament de Cristal·lografia i Roentgenologia que dirigirà el Dr. F. Pardillo fins a la seva jubilació el 1954. Aquest departament es va separar posteriorment de l'Institut i va passar a dependre del Patronat Alfons el Savi. A més, el 1951 es creen tres noves seccions de l'ILM amb seu a la UB, de les quals seran caps els nous catedràtics d'aquesta universitat: Paleontologia (J. R. Bataller), Petrografia (A. San Miguel Arribas) i Geologia Aplicada (L. Miravittles, Facultat de Farmàcia). Aquest any el Museu de Sabadell, on estava vinculat el Dr. M. Crusafont des de feia molts anys, també és integrat com a Secció de Paleontologia (i Paleobiologia des de 1952) del Museu de Sabadell de l'ILM. M. Crusafont és nomenat cap d'aquesta secció, que té com a col·laborador honorari J. Truyols. En la dècada dels anys 1950, al Museu de Paleontologia de Sabadell, amb el suport del CSIC, se celebren cada dos anys els Curssets Internacionals de Paleontologia (1952-1958), que tenen un ampli ressò

de Barcelona. La Sección de Cristalografía y Mineralogía se convierte en Departamento de Cristalografía y Roentgenología que dirigirá F. Pardillo hasta su jubilación en 1954. Este departamento se separará posteriormente del Instituto y pasará a depender del Patronato Alfonso el Sabio. Además, en 1951 se crean tres nuevas secciones del ILM con sede en la UB, de las que serán jefes los nuevos catedráticos de esta universidad: Paleontología (J. R. Bataller), Petrografía (A. San Miguel Arribas) y Geología Aplicada (L. Miravittles Mille, Facultad de Farmacia). Este año el Museo de Sabadell, donde estaba vinculado el Dr. M. Crusafont desde hacía muchos años, también es integrado como Sección de Paleontología (y Paleobiología desde 1952) del Museo de Sabadell del ILM. Crusafont es nombrado jefe de esta sección, contando como colaborador honorario con J. Truyols. En la década de los años 50, en el Museo de Paleontología de Sabadell, con el apoyo del CSIC, se celebran cada dos años los

(and Paleobiology since 1952) Section of the Sabadell Museum of the ILM. M. Crusafont was appointed section head, with J. Truyols as honorary collaborator. In the 1950s, the Museum of Paleontology in Sabadell, with the support of the CSIC, held every two years the International Courses of Paleontology (1952-1958). These courses had a broad influence and projected internationally the paleontological activities developed in Sabadell. The relocation of M. Crusafont to the chair of Paleontology of Oviedo implied the end of the courses. This structure of sections of the ILM in Barcelona followed in a similar way until 1961, when after the death of Dr M. San Miguel de la Cámara, L. Solé Sabarís was appointed Director of the ILM, although it maintained its headquarters in Madrid. Regarding the Geomorphology Section, scientific collaborators in the 1960s were Carmina Virgili (until 1963) and Joan Rosell (1966), the latter already in the Institut Jaume Almera (IJA).

- Secció de Petrografia	Cap: A. San Miguel Arribas
- Secció de Geomorfologia	Cap: L. Solé Sabarís. Col·laborador científic (1952) i després investigador J. F. Villalta
- Secció de Paleontologia	Cap: J. R. Bataller
- Secció de Paleontologia i Paleobiologia de Sabadell	Cap: M. Crusafont
- Secció d'Hidrognòsia (Fins 1957)	Cap: L. Miravittles Mille
- Secció de Cristal·lografia i Mineralogia (passa a Departament de Cristal·lografia i Roentgenologia el 1954)	Cap: F. Pardillo

**A la primera meitat dels anys 1950, l'Institut Lucas Mallada, amb direcció i secretaria a Madrid, que tenia com a director M. San Miguel de la Cámara, tenia aquestes seccions a Barcelona. (Autor: P. Anadón).**

En la primera mitad de los años 1950, el Instituto Lucas Mallada, con dirección y secretaría en Madrid, que tenía como director M. San Miguel del Cámara, tenía estas secciones en Barcelona. (Autor: P. Anadón).

In the first half of the 1950s, the Institute Lucas Mallada, with Management and Secretariat in Madrid, M. San Miguel de la Cámara being director, had these sections in Barcelona. (Author: P. Anadón).

**Cap / Jefe / Head**

i projecten internacionalment les activitats paleontològiques desenvolupades a Sabadell. La marxa de M. Crusafont a la Càtedra de Paleontologia d'Oviedo significarà la fi dels Cursets. Aquesta estructuració de les seccions de l'ILM a Barcelona es va seguir en termes semblants fins a l'any 1961, quan després de morir el Dr. M. San Miguel de la Cámara, L. Solé Sabarís és nomenat director de l'ILM, tot i que es mantenia la seu a Madrid. Pel que fa a la Secció de Geomorfologia, als anys 1960 serien col·laboradors científics Carmina Virgili (fins a 1963) i Joan Rosell (1966), aquest darrer ja a l'Institut Jaume Almera (IJA).

Després de la mort de J. R. Bataller, esdevinguda el 1962, la Secció de Paleontologia va passar del Museu del Seminari a la UB, i en va prendre la direcció el nou catedràtic de Paleontologia, Miquel Crusafont, arribat per trasllat des de la Universitat d'Oviedo (1963). La Secció del Dr. Crusafont a l'ILM es va anomenar Paleontologia i Paleobiologia de Barcelona-Sabadell, i amb aquesta denominació passaria a l'IJA fins a la seva desaparició el 1978. Tanmateix, a final de 1964 es crea una nova secció del Lucas Mallada del CSIC anomenada Museu de Geologia del Seminari de Barcelona i regida per L. Via, per continuar amb la tasca investigadora de J. R. Bataller en aquest museu. Aquesta secció, posteriorment anomenada de Biostratigrafia, es va quedar integrada a l'Institut Nacional de Geologia el 1966, i no es va vincular directament a l'IJA fins a la seva incorporació a aquest darrer institut el 1977.

A principi de 1961 la Diputació de Barcelona cancel·la les relacions entre l'Institut Geològic i els organismes amb els quals tenia vinculacions, s'aproven uns nous estatuts, i s'estableix

Cursos Internacionales de Paleontología (1952 a 1958) que tienen un amplio eco y proyectan internacionalmente las actividades paleontológicas desarrolladas en Sabadell. La marcha de Crusafont a la Cátedra de Paleontología de Oviedo significará el fin de los cursos. Esta estructura de las secciones del ILM en Barcelona prosiguió de forma similar hasta el año 1961, cuando después de morir M. San Miguel de la Cámara, L. Solé Sabarís es nombrado Director del ILM aunque se mantenía la sede en Madrid. En cuanto a la sección de Geomorfología, en los años 60 serían colaboradores científicos Carmina Virgili (hasta 1963) y Joan Rosell (1966), este último ya en el Instituto Jaume Almera (IJA).

Tras la muerte de J. R. Bataller, acaecida en 1962, la Sección de Paleontología pasó del Museo del Seminario a la UB, tomando la dirección el nuevo catedrático de Paleontología M. Crusafont, llegado por traslado desde la Universidad de Oviedo (1963). La sección del Dr. Crusafont en el ILM tomó el nombre de Paleontología y Paleobiología de Barcelona-Sabadell, y con esta denominación pasaría al IJA hasta su desaparición en 1978. Sin embargo, a finales de 1964 se crea una nueva sección del ILM denominada Museo de Geología del Seminario de Barcelona y regida por L. Via, para continuar con la labor investigadora de J. R. Bataller en este museo. Esta sección, posteriormente llamada de Bioestratigrafía, quedó integrada en el Instituto Nacional de Geología en 1966, y no quedó vinculada directamente al IJA hasta su incorporación a este último instituto en 1977.

A principios de 1961 se cancelan, por parte de la Diputación de Barcelona, las relaciones entre el Instituto Geológico y los organismos con los

After the death of J. R. Bataller, which occurred in 1962, the Paleontology Section was transferred from the Seminary Museum to the UB, receiving the direction of the section the new Professor of Paleontology M. Crusafont, who arrived by relocation from the University of Oviedo (1963). The section headed by M. Crusafont in the ILM was called the Paleontology and Paleobiology Section of Barcelona-Sabadell, and this designation would remain in the IJA until its end in 1978. However, in late 1964, a new section of the ILM called the Geology Museum of the Seminary of Barcelona was created and run by L. Via, to continue the research tasks of J. R. Bataller in this museum. This section then called Biostratigraphy, was integrated to the National Institute of Geology in 1966 and was not directly linked to the IJA until it was joined the latter institute in 1977.

In early 1961, the Barcelona Provincial Council canceled relations between the Geological Institute (IGDB) and the organizations it had links with, approved new statutes, establishing several sections and new agreements with the UB and the CSIC (1962). After years in which it seems that no Director of the IGDB was appointed, although there were several section "directors", the direction of the IGDB passed in 1965 to Alfredo San Miguel Arribas, Professor of Petrology of the University of Barcelona (since 1950) and former director of the Section of Petrography of this institute. Dr A. San Miguel also took over the leadership of the publications of the Instituto Geológico de la Diputación that appeared in 1965.



A



B



C

Algunes publicacions editades pel o amb la participació del CSIC a Barcelona. A) La Secció de Geomorfologia de Barcelona de l'Institut Lucas Mallada va fer algunes publicacions no seriades al llarg dels anys 1940, com la *Contribución al Conocimiento de la Morfoestructura de los Catalánides*, de N. Llopis (1947). B) El 1952, les *Publicaciones de Instituto Geológico (-Topográfico) de la Diputación de Barcelona*, que des de 1929 fins a 1948 havia generat 8 volums, passa a editar-les també el CSIC, concretament la Secció de Geomorfologia de l'Institut Lucas Mallada. Des de 1952 (vol. 8) fins a 1958 (vol. 17) les publicacions prenen el nom de *Memorias y comunicaciones del Instituto Geológico de la Diputación Provincial de Barcelona CSIC*. C) El 1953 apareixen les *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía del CSIC, Barcelona (1953-1956)*. A partir de 1957, amb la presa de possessió de J. L. Amorós de la Càtedra de Madrid i el trasllat de la seu del Departament del CSIC a Madrid passen a ser editades en aquesta ciutat. (Autor: P. Anadón).

Algunas publicaciones editadas por o con la participación del CSIC en Barcelona. A) La Sección de Geomorfología de Barcelona del Instituto Lucas Mallada hizo algunas publicaciones no seriadas a lo largo de los años 1940, como la *Contribución al Conocimiento de la Morfoestructura de los Catalánides*, de N. Llopis (1947). B) En 1952, las *Publicaciones de Instituto Geológico (-Topográfico) de la Diputación de Barcelona*, que desde 1929 hasta 1948 habían generado 8 volúmenes, pasa a editarlas también el CSIC, concretamente la Sección de Geomorfología del Instituto Lucas Mallada. Desde 1952 (vol. 8) hasta 1958 (vol. 17) las publicaciones toman el nombre de *Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico de la Diputación Provincial de Barcelona CSIC*. C) En 1953 aparecen las *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía del CSIC, Barcelona (1953-1956)*. A partir de 1957, con la toma de posesión de J. L. Amorós de la Cátedra de Madrid y el traslado de la sede del departamento del CSIC a Madrid pasan a ser editadas en esta ciudad. (Autor: P. Anadón).

Some publications produced by or with the participation of the CSIC in Barcelona. A) The Barcelona Geomorphology Section of the Institute Lucas Mallada made some special publications throughout the 1940s, such as "Contribución al Conocimiento de la Morfoestructura de los Catalánides" by N. Llopis (1947). B) In 1952, the "Publicaciones de Instituto Geológico (-Topográfico) de la Diputación de Barcelona", which from 1929-1948 generated 8 volumes; also happened to be edited by the CSIC, specifically by the Section of Geomorphology, ILM. From 1952 (vol. 8) to 1958 (vol. 17) the publications took the name of "Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico de la Diputación Provincial de Barcelona CSIC". C) In 1953 the "Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía del CSIC" appeared, Barcelona (1953-1956). From 1957, with the relocation of J. L. Amorós to the chair in Madrid and the transfer of the Department of the CSIC to Madrid, the publications happened to be edited in this city. (Author: P. Anadón).



xen diverses seccions (1962) i nous convenis amb la UB i el CSIC. Després d'uns anys en què sembla que no es va nomenar un director de l'IGDB, tot i existir diversos "directors" de les seccions, la direcció de l'IGDB va passar el 1965 al Dr. Alfredo San Miguel Arribas, catedràtic de Petrologia de la UB (des de 1950), i antic director de la Secció de Petrografia d'aquest institut. El Dr. A. San Miguel també es va fer càrrec de la direcció de les Publicacions de l'Institut Geològic de la Diputació que reapareix el 1965.

#### **La recerca en Cristal·lografia i Mineralogia al CSIC a Barcelona (1951-1965)**

La Secció de Cristal·lografia i Mineralogia de l'ILM el 1951 esdevé Departament de Cristal·lografia i Roentgenologia, que dirigirà el Dr. F. Pardillo fins a la seva jubilació el 1954. N'és investigador científic J. L. Amorós (1954) i col·laborador científic Manuel Font Altaba (1956). Aquest departament, a partir de l'any 1957 amb la marxa del Dr. Amorós, es va convertir en Departament de Cristal·lografia Física del CSIC, amb seu a Madrid, dependent del Patronat Alfons el Savi. D'altra banda, el 1960 M. Font Altaba va guanyar la Càtedra de Cristal·lografia i Mineralogia de la UB, vacant des de feia anys, i es crea una secció de Cristal·loquímica de Barcelona (cap: M. Font Altaba), integrada en el Departament de Cristal·lografia Física del CSIC.

El 1956 es va crear el Departament d'Edafologia de Barcelona de l'Institut d'Edafologia i Fisiologia Vegetal del CSIC, vinculat a la Càtedra de Geologia Aplicada de la Facultat de Farmàcia (L. Miravittles Mille), que va perdurar fins a 1965. Del 1956 al 1958 les recerques en Cristal·lografia i Mineralogia van

que tenia vinculos, se aprueban unos nuevos estatutos, estableciéndose varias secciones (1962) y nuevos convenios con la UB y el CSIC. Después de unos años en los que parece que no fue nombrado un director del IGDB, existiendo varios "directores" de las secciones, la dirección de la IGDB pasó en 1965 al Dr. A. San Miguel Arribas, catedrático de Petrología de la UB (desde 1950), y antiguo director de la Sección de Petrografía de este instituto. El Dr. A. San Miguel también se hizo cargo de la dirección de las Publicaciones del Instituto Geológico de la Diputación que aparece en 1965.

#### **La investigación en Cristalografía y Mineralogía en el CSIC en Barcelona (1951-1965)**

La Sección de Cristalografía y Mineralogía del ILM en 1951 se convierte en Departamento de Cristalografía y Roentgenología, que dirigirá F. Pardillo hasta su jubilación en 1954, siendo investigador científico J. L. Amorós (1954) y colaborador científico Manuel Font Altaba (1956). Este departamento a partir del año 1957, con la marcha del Dr. Amorós se convirtió en Departamento de Cristalografía Física del CSIC, con sede en Madrid, dependiendo del Patronato Alfonso Sabio. Por otra parte, en 1960, M. Font Altaba ganó la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la UB, vacante desde hacía años, y se crea una Sección de Cristalografía Física de Barcelona (jefe: M. Font Altaba), integrada en el Departamento de Cristalografía Física del CSIC.

En 1956 se creó el Departamento de Edafología de Barcelona del Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal del CSIC, vinculado a la Cátedra de Geología Aplicada de la Facultad de Farmacia (L. Miravittles Mille), y que perduró hasta 1965. De 1956 a 1958 las investigaciones

#### **Crystallography and Mineralogy research in the CSIC in Barcelona (1951-1965)**

The Crystallography and Mineralogy Section of the ILM in 1951 became the Department of Crystallography and Roentgenology that was led by Dr F. Pardillo until his retirement in 1954, being a scientific researcher J. L. Amorós (1954) and scientific collaborator M. Font Altaba (1956). This department since 1957, with the departure of Dr Amorós, became the Physics Crystallography Department of the CSIC, based in Madrid, belonging to the Board Alfonso el Sabio Board. In 1960, M. Font Altaba won the Chair of Crystallography and Mineralogy of the UB, which had been vacant for years, and a Crystalchemistry Section of Barcelona was created (Head: M. Font Altaba); it was integrated in the Department of Physics Crystallography of the CSIC.

In 1956 the Department of Soil Science of Barcelona's Institute for Soil Science and Plant Physiology CSIC was created. It was linked to the Chair of Applied Geology at the Faculty of Pharmacy (L. Miravittles Mille), which lasted until 1965. From 1956-1958, research on Crystallography and Mineralogy had little impact. However, in 1959 a Section-Service (1959-1962) of Hydrology was created (of which the head was L. Miravittles Mille) and a Section-Service (1959) of Mineralogy, where the researcher M. Font Altaba resided. This section became the Section of General and Soil Mineralogy (1960-1965; head and collaborators M. Font Altaba, A. Traveria, J.M. Bosch and J. Montoriol). It seems that in the last years of the 1950s much of the research in Crystallography and Mineralogy linked to the CSIC in Barcelona was performed at the Department of Soil Science, linked to the Faculty of Pharmacy, because the vacancy of the Chair of

tenir poc ressò però el 1959 es va crear una secció servei (1959-1962) d'Hidrologia, el cap de la qual era L. Miravittles Mille, i una secció servei (1959) de Mineralogia, que tenia com a personal investigador de plantilla M. Font Altaba. Aquesta secció esdevindria Secció de Mineralogia General i de Sòls (1960-1965; cap: M. Font Altaba; col·laboradors: A. Travería, J. M. Bosch i J. Montoriol). Sembla que en aquests darrers anys de la dècada de 1950 bona part de la recerca en Cristal·lografia i Mineralogia vinculada al CSIC es realitzava al Departament d'Edafologia associat a la Facultat de Farmàcia, en quedar vacant la Càtedra de Cristal·lografia i Mineralogia de la Facultat de Ciències i quedar anul·lada la vinculació corresponent d'aquesta càtedra amb el CSIC.

Finalment, el 1965 la secció vinculada a la Facultat de Farmàcia (Secció de Mineralogia General i de Sòls del Departament d'Edafologia del CSIC) i la vinculada a la Facultat de Ciències (Secció de Cristal·loquímica de Barcelona, Departament de Cristal·lografia Física del CSIC) s'integraran en el recent creat Institut Jaume Almera com una única Secció de Mineralogia General i Cristal·loquímica, lligada a la Càtedra de Cristal·lografia i Mineralogia de la Facultat de Ciències. Es va nomenar cap d'aquesta nova secció M. Font Altaba, que ja ho era de cadascuna de les dues seccions integrades. El 1962 ingressa com a auxiliar tècnic de la Secció de Cristal·loquímica Àngel López Soler, que l'any 1979 esdevindrà director de l'IJA i tindrà una llarga trajectòria al CSIC fins al 2014, en què es retira definitivament.

en Cristalografía y Mineralogía tuvieron poco eco pero en 1959 se creó una sección - servicio (1959-1962) de Hidrología, jefe L. Miravittles Mille, y una Sección-Servicio (1959) de Mineralogía, que tenía como personal investigador de plantilla M. Font Altaba. Esta sección se convertiría en Sección de Mineralogía General y de Suelos (1960-1965; jefe M. Font Altaba y colaboradores A. Travería, J. M. Bosch y J. Montoriol). Parece que en estos últimos años de la década 50 buena parte de la investigación en Cristalografía y Mineralogía vinculada al CSIC se realizaba en el Departamento de Edafología asociado en la Facultad de Farmacia, al quedar vacante la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias en 1957 y por tanto anulada la correspondiente vinculación de esta cátedra con el CSIC.

Finalmente, en 1965 la sección vinculada a la Facultad de Farmacia (sección de Mineralogía General y de Suelos del Departamento de Edafología del CSIC) y la vinculada a la Facultad de Ciencias (Sección de Cristalquímica de Barcelona, Departamento de Cristalografía Física del CSIC), serán integradas en el recién creado Instituto Jaume Almera como una única sección de Mineralogía General y Cristalquímica, ligada a la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias. Fue nombrado jefe de esta nueva sección M. Font Altaba, que ya lo era de cada una de las dos secciones integradas. En 1962 ingresa como auxiliar técnico de la sección de Cristalquímica Àngel López Soler, que en 1979 se convertirá en director del IJA y tendrá una larga trayectoria en el CSIC hasta 2014, en que se jubila.

Crystallography and Mineralogy of the Science Faculty and the corresponding links of this chair with CSIC were canceled.

Finally, in 1965 the section linked to the Faculty of Pharmacy (section of General and Soil Mineralogy of the Department of Soil Science CSIC) and the section linked to the Faculty of Sciences (Cristallochemistry Section of Barcelona, Department of Physical Crystallography, CSIC) were integrated into the newly created Institut Jaume Almera as a single section of General Mineralogy and Cristallochemistry, tied to the chair of Mineralogy and Crystallography, Faculty of Sciences. M. Font Altaba was appointed head of this new section, where he headed each of the two former sections. In 1962 Angel Lopez Soler joined as technical assistant the Cristallochemistry Section, who in 1979 became Director of the IJA and had a long history CSIC until 2014, when he finally retired.

## LLUÍS SOLÉ SABARÍS, PROMOTOR DE L'INSTITUT JAUME ALMERA D'INVESTIGACIONS GEOLÒGIQUES

### LLUÍS SOLÉ SABARÍS, PROMOTOR DEL INSTITUTO JAUME ALMERA DE INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS

### LLUIS SOLÉ SABARÍS, PROMOTER OF THE INSTITUTE JAUME ALMERA OF GEOLOGICAL RESEARCH

Pere Anadón

■ Lluís Solé Sabarís (Gavà, 1908 - Capellades, 1985), des dels seus càrrecs oficials al CSIC, va ser el promotor de l'Institut Jaume Almera d'Investigacions Geològiques (IJA), del qual en va ser el primer director (1965), càrrec que va exercir fins a la seva jubilació (1978). L. Solé Sabarís, fill de mestres, va estudiar Magisteri i es va diplomarel 1925. Llicenciat posteriorment en Ciències Naturals a la Universitat de Barcelona (1929), va ser catedràtic d'institut a Figueres, Tarragona i Barcelona (1932-1940) i professor a l'institut escola de la Generalitat al Parc de la Ciutadella de Barcelona. Pensionat per la Junta d'Ampliació d'Estudis (JAE) va viatjar a Alemanya per estudiar coralls fòssils, el tema de la seva tesi doctoral defensada el 1937 a la llavors Universitat Autònoma. Va col·laborar a les tasques de l'Institut Geològic i Topogràfic de la Diputació de Barcelona i va ser també professor ajudant i auxiliar a la Càtedra del Dr. Maximino San Miguel de la Cámara (1930-1939) a la UB. Aquest darrer va prologar molt efusivament un llibre de Geologia del Dr. Solé Sabarís publicat el 1938, en plena Guerra Civil a Barcelona.

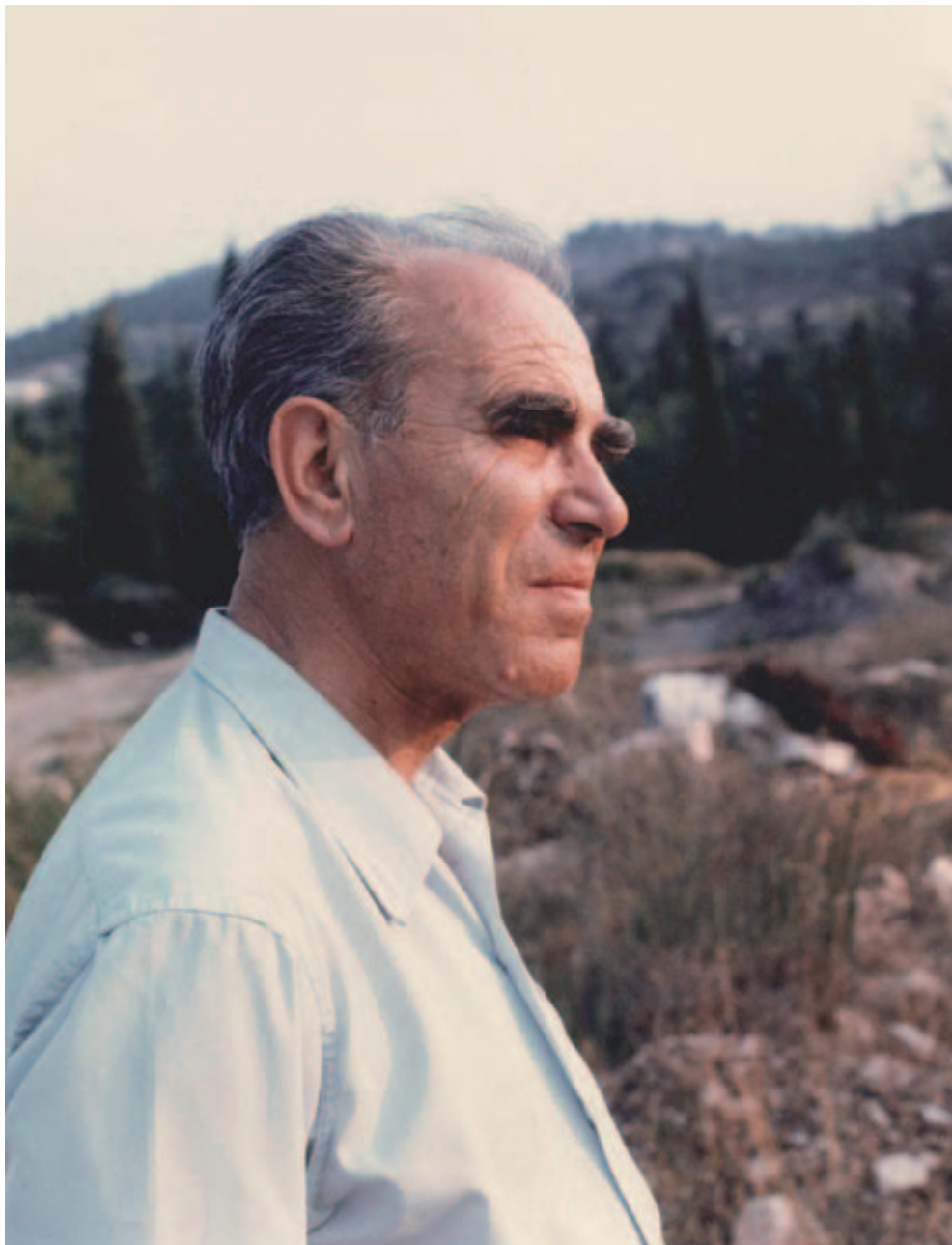
El 1939 es va reincorporar a la càtedra d'institut i continua en contacte amb el Dr. San

■ Lluís Solé Sabarís (Gavà, 1908; Capellades, 1985), desde sus cargos oficiales en el CSIC, fue el promotor del Instituto Jaime Almera de Investigaciones Geológicas (IJA), y su primer director (1965), cargo que ejerció hasta su jubilación (1978). L. Solé Sabarís, hijo de maestros, estudió magisterio y sacó el título en 1925. Licenciado posteriormente en Ciencias Naturales en la Universidad de Barcelona (UB, 1929), fue catedrático de Instituto en Figueras, Tarragona y Barcelona (1932-1940) y Profesor en el Institut-Escola de la Generalitat en el Parque de la Ciutadella de Barcelona. Pensionado por la Junta de Ampliación de Estudios (JAE), viajó a Alemania para estudiar corales fósiles, el tema de su tesis doctoral defendida en 1937 en la entonces Universidad Autónoma. Colaboró en las tareas del Instituto Geológico y Topográfico de la Diputación de Barcelona y fue también profesor ayudante y auxiliar en la cátedra del Dr. Maximino San Miguel del Cámara (1930-1939) en la UB. Este último prologó muy efusivamente un libro de Geología de Solé Sabarís publicado en 1938, en plena guerra civil en Barcelona.

En 1939 Solé Sabarís se reincorporó a la cátedra de instituto y continúa en contacto con

■ Lluís Solé Sabarís (Gavà 1908, Capellades 1985) from his official positions in the Spanish National Research Council (CSIC) was the promoter of the Jaume Almera Institute of Geological Research (IJA), and its first Director (1965), a position he held until his retirement (1978). L. Solé Sabarís was the son of teachers; he studied teaching and later graduated in 1925. He gained his Degree in Natural Sciences at the University of Barcelona (UB, 1929), was an Institute (State Secondary School) professor of the institutes of Figueres, Tarragona and Barcelona (1932-1940) and Professor at the Institut Escola of the Generalitat at the Parc de la Ciutadella in Barcelona. Granted by the Junta de Ampliación de Estudios (JAE, Board of Extension Studies), he traveled to Germany to study coral fossils, the subject of his doctoral thesis that he defended in 1937 at the then Autonomous University. He contributed to the work of the Institut Geològic i Topogràfic of the Barcelona Provincial Council and was an assistant professor to the chair of Dr. Maximino San Miguel de la Cámara (1930-1939) at UB. The latter prefaced a book on Geology very warmly to Dr Solé Sabarís that was published in 1938, during the Civil War in Barcelona.

In 1939, he rejoined the chair of institute and continued to be in contact with Dr San Miguel.



**Lluís Solé Sabarís (1908-1985). Rodalies de Capellades, cap al 1983. (Font: Concepció Sugrañes. Arxiu del Museu Geològic del Seminari).**

Lluís Solé Sabarís (1908-1985). Cercanías de Capellades, hacia 1983. (Fuente: Concepció Sugrañes. Archivo del Museo Geológico del Seminario).

Lluís Solé Sabarís (1908-1985). Surroundings of Capellades, towards 1983. (Source: Concepció Sugrañes. Archive Geological Museum of the Seminary).

**Miguel.** L'any 1940 va guanyar per oposició la Càtedra de Mineralogia, Geografia Física i Geologia de la Universitat de Granada i va ser nomenat cap de la Secció de Geomorfologia de l'Institut José de Acosta de Ciències Naturals del CSIC. Durant la seva estada a Granada comença a col·laborar amb el secretari del CSIC, Dr. J. M. Albareda. L'any 1943 va passar per trasllat a la Càtedra de Geografia Física i Geologia Aplicada de la UB i és nomenat cap de la Secció de Geomorfologia de Barcelona de l'Institut Lucas Mallada (ILM) del CSIC (1943).

Des del 1943 fins a la seva jubilació (1978) va restar vinculat a la Càtedra de la UB i al CSIC, com a cap de la Secció de Geomorfologia de Barcelona de l'ILM (i posteriorment de l'IJA), director de l'ILM (1961-1965) i director de l'Institut Nacional de Geologia i de l'IJA (1966-1978). D'altra banda, va ser nomenat conseller del CSIC (1944), secretari de la Delegació del CSIC a Barcelona (1944-1951), director de l'Institut d'Estudis Pirinencs (1942-1968) i director de l'Institut Geològic Topogràfic de la Diputació de Barcelona (1944-1965). Va ser vocal de la Comissió Nacional de Geologia (1958-1967), i acadèmic, vicesecretari (1958-1975), secretari general (1975-1977) i president (1977-1983) de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona. La Generalitat de Catalunya li va atorgar la *Creu de Sant Jordi* (1981). Des del seu càrrec de director de l'ILM a principi de la dècada de 1960, i gràcies a les bones relacions amb els alts càrrecs del CSIC, va promoure la creació d'un institut d'investigacions geològiques del CSIC a Barcelona, i també, probablement, va ser qui va escollir la seva dedicació a la figura de Jaume Almera.

el Dr. San Miguel. En 1940 ganó por oposición la cátedra de Mineralogía, Geografía Física y Geología de la Universidad de Granada y fue nombrado jefe de la Sección de Geomorfología del Instituto José de Acosta de Ciencias Naturales del CSIC. Durante su estancia en Granada empieza a colaborar con el Secretario del CSIC, Dr. J. M. Albareda. Solé Sabarís en 1943 pasó por traslado a la cátedra de Geografía Física y Geología Aplicada de la UB y es nombrado jefe de la Sección de Geomorfología de Barcelona del Instituto Lucas Mallada (ILM) del CSIC (1943).

Desde 1943 hasta su jubilación (1978) Solé Sabarís quedó vinculado a la Cátedra de la UB y el CSIC, como jefe de la Sección de Geomorfología de Barcelona del ILM (y posteriormente del IJA), Director del ILM (1961-1965), y director del Instituto Nacional de Geología y del IJA (1966 a 1978). Por otra parte fue nombrado consejero del CSIC (1944), secretario de la Delegación del CSIC en Barcelona (1944 -1951), Director del Instituto de Estudios Pirenaicos (1.942-1.968) y Director del Instituto Geológico Topográfico de la Diputación de Barcelona (1944-1965). Fue Vocal de la Comisión Nacional de Geología (1958-1967), y Académico, Vicesecretario (1958-1975), Secretario general (1975-1977) y Presidente (1977-1983) de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. La Generalidad de Cataluña le otorgó la *Creu de Sant Jordi* (1981). Desde su cargo de Director del ILM a principios de la década de los 60, y gracias a sus buenas relaciones con los altos cargos del CSIC, promovió la creación de un instituto de investigaciones geológicas del CSIC en Barcelona, y también, probablemente, fue quien escogió su dedicación a la figura de Jaume Almera.

In 1940 he won by public competition the chair of Mineralogy, Geology and Physical Geography of the University of Granada and was appointed head of the Section of Geomorphology of the José de Acosta Institute for Natural Sciences of the CSIC. During his stay in Granada, he began to collaborate with the Secretary of the CSIC, Dr J. M. Albareda. In 1943, he moved to the chair of Physical Geography and Applied Geology of the UB and was appointed Head of the Geomorphology section of Barcelona of the CSIC Institute Lucas Mallada ILM (1943).

From 1943 until his retirement (in 1978), Solé Sabarís remained linked to the chair of the UB and to the CSIC, as head of the Section of Geomorphology Barcelona of the ILM (and later at the IJA), Director of the ILM (1961-1965), and Director of the National Institute of Geology and of the IJA (1966-1978). He was also named "Consejero" (adviser) of the CSIC (1944), Secretary of the Delegation of CSIC in Barcelona (1944-1951), Director of Institute of Pyrenean Studies (1942-1968) and Director of the Geological- Topographic Institute of the Provincial Council of Barcelona (1944-1965). He was a Member of the National Committee of Geology (1958-1967), and Academic Vice-Secretary (1958-1975), General Secretary (1975-1977) and President (1977-1983) of the Royal Academy of Sciences and Arts of Barcelona. The Government of Catalonia awarded him the *Creu of Sant Jordi* (1981). From his position as Director of the ILM, in the early 1960s, thanks also to its good relations with senior officials of the CSIC, promoted the creation of the Geological Research Institute of CSIC in Barcelona, and probably was the one who chose the dedication to the figure of Jaume Almera.

L'inici de la seva etapa com a primer director de l'IJA (1965-1978) coincideix amb la mort de J. M. Albareda el 1966, secretari general del CSIC, i el seu gran valedor a Madrid, amb qui tenia una bona amistat. De bon començament la seva gestió va patir tensions per la manca de locals propis per a l'IJA, fet que va provocar que en alguns moments en perillés la continuïtat o la seva consideració de centre propi. El 1978, al final del seu mandat, es va iniciar la reestructuració de l'Institut, en el marc d'una gran reestructuració del CSIC.

Solé Sabarís era bàsicament geògraf, i la seva aportació més important és en el camp de la Geografia, on destaca la direcció dels 3 primers volums de la *Geografía de Cataluña* (1958-1968), tot i que va publicar treballs sobre molts altres temes. És considerat com l'impulsor de l'anomenada Escola de Barcelona. Sobre la importància científica de L. Solé Sabarís i la de l'Escola de Barcelona es pot consultar el llibre de Manuel Julivert *Una Historia de la Geología en España* (2014).

El inicio de su etapa como primer director del IJA (1965-1978) coincide con la muerte de J.M. Albareda en 1966, Secretario General del CSIC, y su gran valedor en Madrid, con quien tenía una buena amistad. Desde el principio su gestión sufrió tensiones por la falta de locales propios para el IJA, lo que provocó que en algunos momentos peligrara la continuidad o su consideración de centro propio. En 1978, al final de su mandato, se inició la reestructuración del Instituto, en el marco de una gran reestructuración del CSIC.

Solé Sabarís era básicamente geógrafo, y su aportación más importante es en el campo de la Geografía, donde destaca la dirección de los 3 primeros volúmenes de la "Geografía de Cataluña" (1958-68), aunque publicó trabajos sobre otros muchos temas. Es considerado como el impulsor de la llamada Escuela de Barcelona. Sobre la importancia científica de L. Solé Sabarís y la de la Escuela de Barcelona se puede consultar el libro de Manuel Julivert: *Una Historia de la Geología en España* (2014).

The beginning of his job as the first Director of the IJA (1965-1978) coincided with the death of J.M. Albareda in 1966, Secretary General of the CSIC and their great protector in Madrid, with whom he had a good friendship. From the very beginning its management suffered stress because of the lack of suitable premises for the IJA, which at times endangered the continuity or the status of the center. In 1978, at the end of his term, the restructuring of the Institute started, as part of a restructuring of the CSIC.

Solé Sabarís was mainly a geographer, and his most important contribution is in the field of geography, highlighted by the direction of the first 3 volumes of the "Geography of Catalonia" (1958-1968), although he also published many papers on other topics. He is considered the driving force behind the so-called School of Barcelona. On the scientific importance of L. Solé Sabarís and of the School of Barcelona, refer to the book by Manuel Julivert: *Una Historia de la Geología en España* (2014).



**HISTÒRIA DE L'INSTITUT**  
HISTORIA DEL INSTITUTO  
HISTORY OF THE INSTITUTE

21



# HISTÒRIA DELS 50 ANYS DE L'IJA-ICTJA

## HISTORIA DE LOS 50 AÑOS DEL IJA-ICTJA

### A HISTORY OF 50 YEARS OF THE IJA-ICTJA

Pere Anadón, Montserrat Torné

#### ■ La creació de l'Institut Jaume Almera i l'etapa universitària (1965-1979)

La creació de l'Institut Jaume Almera de Investigaciones Geológicas, l'Institut Jaume Almera (IJA), va tenir lloc el 1965 dins d'un procés de reorganització del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) en el qual van estar implicades diverses seccions de l'Institut Lucas Mallada (ILM) del CSIC existents fins aleshores a Catalunya i la creació de l'Institut Nacional de Geologia. En aquest darrer institut es van agrupar l'ILM, l'Institut de Geologia Econòmica de Madrid i l'IJA de Barcelona com a centres "propis", i altres departaments i seccions subvencionades lligats a càtedres universitàries (Acta de la sessió 208 del Consell Executiu del CSIC, 25 de novembre de 1965). En aquesta sessió, a proposta de la Divisió de Ciències Matemàtiques, Mèdiques i de la Naturalesa del CSIC, es crea oficialment l'Institut Jaume Almera com a centre propi de la divisió esmentada, i es diu que està constituït per les seccions de Barcelona de Geomorfologia, de Petrografia, i de Mineralogia General i Cristal·loquímica, i també per la Secció de Paleontologia de Barcelona-Sabadell. Eren els caps respectius d'aquestes seccions del CSIC els catedràtics de la Universitat de Barcelona

#### ■ La creación del Instituto Jaume Almera y la etapa universitaria (1965-1979)

La creación del Instituto Jaume Almera de Investigaciones Geológicas, el Instituto Jaume Almera (IJA), tuvo lugar en 1965 dentro de un proceso de reorganización del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el que estuvieron implicados varias secciones del Instituto Lucas Mallada (ILM) del CSIC existentes hasta entonces en Cataluña y la creación del Instituto Nacional de Geología. En este último instituto se agruparon el ILM y el Instituto de Geología Económica, de Madrid, y el IJA de Barcelona como centros "propios", y otros departamentos y secciones subvencionadas ligados a cátedras universitarias (Acta de la Sesión 208 del Consejo Ejecutivo del CSIC, 25 Noviembre de 1965). En esta sesión, a propuesta de la División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza del CSIC, se crea oficialmente el Instituto Jaume Almera como centro propio de la mencionada división, y se dice que está constituido por las secciones de Barcelona de Geomorfología, de Petrografía, y de Mineralogía General y Cristalografía, y también por la sección de Paleontología de Barcelona-Sabadell. Eran los respectivos jefes de estas secciones del CSIC los catedráticos

#### ■ The creation of the Institute Jaume Almera and the University phase (1965-1979)

The creation of the Instituto Jaume Almera de Investigaciones Geológicas or the Institute Jaume Almera (IJA) took place in 1965 in a reorganization of the Spanish National Research Council (CSIC) which involved various sections of the Instituto Lucas Mallada (ILM) of the CSIC, at that time existing in Catalonia, and the creation of the National Institute of Geology. The latter institute pooled the ILM and the Institute of Economic Geology in Madrid and the IJA based in Barcelona as independent centers, as well as other subsidized departments and sections related to university chairs (Act 208 of the CSIC Executive Council Session, November 25, 1965). In this session, on a proposal from the Division of Mathematical, Medical and Natural Sciences of the CSIC, the Institute Jaume Almera was officially created as the independent center of the division and was said to be composed of the Sections of Geomorphology, Petrography and General Mineralogy and Crystal Chemistry in Barcelona and the Section of Paleontology in Barcelona-Sabadell. The respective heads of these CSIC sections were professors from the University of Barcelona (UB): L. Solé Sabarís, A. San Miguel Arribas, M. Font

(UB) L. Solé Sabarís, A. San Miguel Arribas, M. Font Altaba i M. Crusafont. La Secció de Mineralogia General i Cristal·loquímica de l'IJA (1965-1969) es va crear per la unió de les seccions del CSIC de Mineralogia General i de Sòls del Departament d'Edafologia de Barcelona, ubicada a la Facultat de Farmàcia de la UB, i la de Cristal·loquímica de Barcelona del Departament de Cristal·lografia Física, situada a la Facultat de Ciències de la UB. En els moments de la creació de l'IJA José Ibáñez Martín era el president del CSIC i J. M. Albareda n'era el secretari. Manuel Lora-Tamayo Martín era el ministre d'Educació. D'altra banda, la fundació de l'IJA es va produir en el marc de la creació del Fons Nacional per al Desenvolupament de la Investigació Científica. Aquest fons (Decret de 16 d'octubre de 1964) es va establir per commemorar el 25è aniversari del CSIC i amb el rerefons de les celebracions dels XXV Anys de Pau del règim franquista. Val a dir que la fundació de l'IJA, a part de la consideració com a centre propi, no va portar a un aprofitament immediat de recursos d'aquest fons, que va trigar diversos anys a materialitzar-se.

A començament de 1966 es va nomenar director de l'Institut Nacional de Geologia i de l'IJA Lluís Solé Sabarís, i secretari d'aquests instituts Manuel Font Altaba. L. Solé Sabarís va ser director de l'IJA des de 1966 fins a la seva jubilació el 1978. Prèviament, havia estat director de l'ILM des de 1961 a 1965. També es van integrar a l'Institut Nacional de Geologia el Departament de Sedimentologia i Sòls de Saragossa, dirigit per Oriol Riba Arderiu, i una mica després la secció del Museu Geològic del Seminari de Barcelona, constituït en Secció de Biostratigrafia de Barcelona, dirigida per Luis

de la Universidad de Barcelona (UB): L. Solé Sabarís, A. San Miguel Arribas, M. Font Altaba y M. Crusafont. La Sección de Mineralogía General y Cristalquímica del IJA (1965-1969) se creó por la unión de las secciones del CSIC de Mineralogía General y de Suelos del Departamento de Edafología de Barcelona, radicada en la Facultad de Farmacia de la UB, y la de Cristalquímica de Barcelona del Departamento de Cristalografía Física, radicada en la Facultad de Ciencias de la UB. En los momentos de la creación del IJA José Ibáñez Martín era el Presidente del CSIC y J. M. Albareda era el Secretario, ambos desde 1939. Manuel Lora-Tamayo Martín era el Ministro de Educación. Por otra parte, la fundación del IJA se produjo en el marco de la creación del Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica. Este fondo (Decreto de 16 de octubre de 1964) se estableció para conmemorar el 25 aniversario del CSIC y con el trasfondo de las celebraciones de los "XXV Años de Paz" del régimen franquista. Cabe decir que la fundación del IJA, aparte de la consideración como centro propio, no llevó a un aprovechamiento inmediato de recursos de este fondo, que tardaron varios años en materializarse.

A principios de 1966 se nombró director del Instituto Nacional de Geología y del IJA Lluís Solé Sabarís, y secretario Manuel Fuente Altaba. L. Solé Sabarís fue director del IJA desde 1966 hasta su jubilación en 1978. Previamente había sido director del ILM desde 1961 a 1965. También se integraron en el Instituto Nacional de Geología el Departamento de Sedimentología y Suelos de Zaragoza, dirigido por Oriol Riba Arderiu y algo después, la sección del Museo Geológico del Seminario de Barcelona, constituido en Sec-

Altaba and M. Crusafont. The Mineralogy and General Crystal Chemistry Section of the IJA (1965-1969) was created by the union of the CSIC General Mineralogy and Soils Section, Department of Soil Science of Barcelona, located at the Faculty of Pharmacy at the UB, and of the Crystal Chemistry Section, Department of Physical Crystallography, based in the Faculty of Sciences at the UB.

At the moment of creation of the IJA, J. Ibáñez Martín was the President of the CSIC, and J. M. Albareda was its Secretary, both since 1939. Manuel Lora-Tamayo Martín was the Minister of Education. Additionally, the founding of the IJA occurred in the context of the creation of the National Fund for the Development of Scientific Research. This fund (Decree of October 16, 1964) was established to commemorate the twenty-fifth anniversary of the CSIC against the background of the celebrations of the "XXV Years of Peace" of the Francoist regime. In fact, the foundation of the IJA, apart from consideration as independent center, did not lead to immediate use of resources from this fund; it took a few years to materialize.

In early 1966 Lluís Solé Sabarís was nominated Director of the National Institute of Geology and of the IJA, and Manuel Font Altaba as Secretary. L. Solé Sabarís was the IJA director from 1966 until his retirement in 1978. Previously he had been Director of the ILM from 1961 to 1965. He also joined the Department of Sedimentology and Soils of Zaragoza led by Oriol Riba at the National Institute of Geology and, a little later, the section of the Geological Museum of the Seminary of Barcelona, established as the Biostratigraphy Section of Barcelona, directed

Les publicacions de l'Institut Jaume Almera (IJA).

**A) Memorias y Comunicaciones, 2ª sèrie, t. 1, publicada amb data de 1965, any de la creació de l'IJA. Aquesta sèrie pretenia ser la continuació de les Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico (de la Diputación), revista que ens els darrers números, en la dècada de 1950, va ser subvencionada també pel CSIC.**

**B ) Primer número de Acta Geologica Hispanica (AGH), 1966, editada per l'Institut Nacional de Geologia, però en realitat a càrrec del personal del IJA.**

**C) No és fins 1977, poc abans de la supressió de l'Institut Nacional de Geologia, que AGH passà a ser publicada per l'IJA. (Autor: Pere Anadón).**

Las publicaciones del Institut Jaume Almera (IJA).

A) Memorias y Comunicaciones, 2ª serie, t. 1, publicada con fecha de 1965, año de la creación del IJA. Sólo se publicó este volumen. Esta serie pretendía ser la continuación de las Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico (de la Diputación), revista que en los últimos números, en la década de los 50, fue subvencionada también por el CSIC.

B) Primer número de Acta Geologica Hispanica (AGH), 1966, editada por el Instituto Nacional de Geología, pero en realidad a cargo del personal del IJA.

C) No es hasta 1977, poco antes de la supresión del Instituto Nacional de Geología, que AGH pasó a ser publicada directamente por el IJA. (Autor: Pere Anadón).

The publications of the Institut Jaume Almera (IJA).

A) Memorias y Comunicaciones, 2nd series, v. 1, published 1965, the year of the creation of the IJA. This was the unique issue. This series is intended to be the continuation of the Memorias y Comunicaciones del Instituto Geológico (de la Diputación), a magazine that, in its last numbers in the 50s, was also funded by the CSIC.

B) First issue of Acta Geologica Hispanica (AGH), 1966, published by the National Institute of Geology but actually in the charge of the IJA staff.

C) Not until 1977, shortly before the abolition of the National Institute of Geology, was AGH published by the IJA. (Author: Pere Anadón).



A



B



C

**Via.** Aquestes dues unitats s'integrarien en el seu moment a l'IJA. La direcció de l'IJA i la de l'Institut Nacional de Geologia estaven ubicades al Laboratori de Geologia del Departament de Geomorfologia i Geotectònica de la UB, constituït com a tal a final de 1966. El Laboratori de Geologia estava localitzat al Pavelló del Jardí de l'Edifici Històric de la plaça de la Universitat, prop del carrer d'Aribau, fins a 1969-1970 en què el Departament de Geomorfologia i Geotectònica es trasllada a les dependències del segon pis del pati de Ciències. El Departament de Paleontologia i la secció corresponent de l'IJA van romandre al pavelló. L'IJA tenia com a objectius la recerca en el camp de les ciències geològiques en un sentit ampli, amb major èmfasi en tots els aspectes de la geologia de les regions properes a Barcelona (Pirineus, Catalànids, Depressió de l'Ebre).

El març de 1966 mor J. M. Albareda, secretari general del CSIC des de la seva creació, amb qui Solé Sabarís tenia una estreta amistat, i es perd així un dels principals suports de Solé Sabarís en la cúpula del CSIC. A final de 1966 es publica una modificació del Reglament del CSIC i l'agost del 1967 cessa el president del CSIC, José Ibáñez Martín, i es nomena president Manuel Lora-Tamayo Martín (1967-1971), que era ministre d'Educació (1962-1968). Aquesta nova conjuntura va provocar inseguretats sobre el futur de l'IJA, sobretot per la manca de locals propis, i Solé Sabarís va iniciar una sèrie de contactes amb diverses autoritats acadèmiques de la UB i del CSIC per tal de redreçar la situació, la qual cosa aparentment es va aconseguir.

El 1968 Dr. J. F. de Villalta va ascendir a investigador científic amb destí a l'IJA, on havia

dirigida la Bioestratigrafia de Barcelona, dirigida per Lluís Via. Estas dos unidades se integrarían en su momento al IJA. La dirección de la IJA y la del Instituto Nacional de Geología estaban ubicadas en el Laboratorio de Geología del Departamento de Geomorfología y Geotectónica de la UB, éste constituido como tal a finales de 1966. El Laboratorio de Geología estaba localizado en el Pabellón del Jardín del Edificio Histórico de la UB de la Plaza de la Universidad, cerca de la calle Aribau, hasta 1969-1970 en que el Departamento de Geomorfología y Geotectónica se traslada a las dependencias del segundo piso del patio de Ciencias. El Departamento de Paleontología y la correspondiente sección del IJA permanecieron en el pabellón. El IJA tenía como objetivos la investigación en el campo de las ciencias geológicas en un sentido amplio, con mayor énfasis en todos los aspectos de la geología de las regiones cercanas a Barcelona (Pirineos, Catalánides, Depresión del Ebro).

En marzo de 1966 muere J. M. Albareda, secretario general del CSIC desde su creación, con el que Solé Sabarís tenía una estrecha amistad, y se pierde así uno de los principales patrocinadores de Solé Sabarís en la cúpula del CSIC. A finales de 1966 se publica una modificación del reglamento del CSIC y en agosto de 1967 cesó el presidente del CSIC, José Ibáñez Martín, y fue nombrado presidente Manuel Lora-Tamayo Martín (1967-1971), que era ministro de Educación (1962-1968). Esta nueva coyuntura provocó inseguridad sobre el futuro del IJA, sobre todo por la falta de locales propios, y Solé Sabarís inició una serie de contactos con diversas autoridades académicas de la UB y del CSIC para enderezar la situación, lo cual aparentemente se consiguió.

by Lluís Via. These two units integrated later in the IJA. The management of the IJA and of the National Institute of Geology was located in the Geology Laboratory of the Department of Geomorphology and Geotectonics, UB, formed in late 1966. The Geology Laboratory was located in the Garden Pavilion of the Historic UB Building in University Square, near Aribau Street until 1969. This year the Department of Geomorphology and Geotectonics moved to the offices on the second floor of the courtyard of Sciences. The Department of Paleontology and the corresponding section of the IJA remained in the pavilion. The Institut Jaume Almera had as its objective research in the field of geological sciences in a broad sense, with major emphasis on all aspects of the geology of the regions near Barcelona (Pyrenees, Catalan Chains, Ebro Basin).

In March 1966 J. M. Albareda, Secretary General of the CSIC since its inception, died with whom Solé Sabarís had a close friendship, and thus Solé Sabarís lost a major support at the top of the CSIC. In late 1966, a change in the rules of the CSIC was published, and José Ibáñez Martín ceased to be President of the CSIC in August 1967, and Manuel Lora-Tamayo Martín, who was Minister of Education (1962-1968), was nominated President (1967-1971). This new situation led to uncertainty about the future of the IJA, especially the lack of independent buildings, and Solé Sabarís started a series of contacts with various academic authorities from the University of Barcelona and the CSIC in order to redress the situation, which apparently he achieved.

In 1968 Dr. J. F. Villalta was promoted to research scientist at the IJA, where he had been

estat adscrit fins llavors, a la Secció de Geomorfologia, i va ser nomenat cap d'una nova Secció d'Estratigrafia i Ecologia del Quaternari (posteriorment d'Ecologia del Quaternari). El 1969 la Secció de Mineralogia General i Cristal·loquímica es desdobra en Secció de Cristal·lografia i Secció de Mineralogia, i es crea la Secció d'Estratigrafia i Sedimentologia. La Secció de Paleontologia de Barcelona-Sabadell pren el nom de Paleontologia i Paleobiologia, tal com demanava insistentment el Dr. M. Crusafont, el qual considerava informalment dos "subseccions": una de lligada a la Càtedra de Paleontologia, i una altra de lligada al Museu de Sabadell. Encara que en alguns documents oficials procedents de la Divisió de Ciències Matemàtiques, Mèdiques i de la Natura, s'esmenta la Secció de Paleontologia i Paleobiologia de l'IJA, nom que és utilitzat en els informes d'aquesta secció enviats per M. Crusafont, el cert és que en la llista de seccions de l'IJA de les memòries de l'Institut (1968-1977) el nom utilitzat és el de Secció de Paleontologia. D'altra banda, el 1969 es va crear l'Institut Provincial de Paleontologia de Sabadell, vinculat principalment a la Diputació Provincial de Barcelona, successor de la Secció de Paleontologia del Museu de la Ciutat de Sabadell, i llargament anhelat pel Dr. Crusafont. Aquest museu, avui dia és el Museu de l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont. La vinculació de l'Institut Provincial de Paleontologia i del Museu de Sabadell amb l'IJA mitjançant el Dr. Crusafont es va perdre amb la seva renúncia i jubilació anticipada el 1978 i la desaparició de la Secció de Paleontologia de l'IJA.

A partir dels anys 1970, el treball del personal de plantilla del CSIC comença a tenir pes propi

En 1968 el Dr. J. F. Villalta, ascendí a investigador científico con destino al IJA, donde había estado adscrito hasta entonces en la Sección de Geomorfología, y fue nombrado jefe de una nueva Sección de Estratigrafía y Ecología del Cuaternario (posteriormente de Ecología del Cuaternario). En 1969 la Sección de Mineralogía General y Cristal·loquímica se desdobra en Sección de Cristal·lografía y Sección de Mineralogía, y se crea la Sección de Estratigrafía y Sedimentología. La Sección de Paleontología de Barcelona-Sabadell toma el nombre de Paleontología y Paleobiología, tal como pedía insistentemente el Dr. M. Crusafont, el cual consideraba informalmente dos "subsecciones", una ligada a la Cátedra de Paleontología, y otra ligada al Museo de Sabadell. Aunque en algunos documentos oficiales procedentes de la División de Ciencias Matemáticas, Médicas y de la Naturaleza, se menciona la Sección de Paleontología y Paleobiología del IJA, nombre que es utilizado en los informes de esta sección enviados por M. Crusafont, lo cierto es que en la lista de secciones del IJA de las memorias del Instituto (1968-1977) el nombre utilizado es el de Sección de Paleontología. Por otra parte, en 1969 se creó el Instituto Provincial de Paleontología de Sabadell, vinculado principalmente a la Diputación Provincial de Barcelona, sucesor de la Sección de Paleontología del Museo de la Ciudad de Sabadell, y largamente anhelado por el Dr. Crusafont. Este museo, hoy en día es el Museo del Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont. La vinculación del Instituto Provincial de Paleontología y del Museo de Sabadell con el IJA y de hecho con el CSIC, se perdió con la renuncia y jubilación anticipada de M. Crusafont en 1978 y desaparición de la Sección de Paleontología del IJA.

assigned, until then, to the Geomorphology Section, and was nominated head of a new Section of Stratigraphy and Quaternary Ecology (later Quaternary Ecology). In 1969 the Section of General Mineralogy and Crystal Chemistry split into the Mineralogy Section and the Crystallography Section, and the Section of Stratigraphy and Sedimentology was created. The Section of Paleontology in Barcelona-Sabadell took the name of Paleontology and Paleobiology, as Dr. Crusafont had repeatedly requested, which informally were considered two "subsections", one tied to the Chair of Paleontology and another linked to the Museum of Sabadell. Some official documents from the Division of Mathematical, Medical and Natural Sciences mentioned the Section of Paleontology and Paleobiology of the IJA, a name that is used in reports from this section sent by Crusafont. However, the name used in the list of sections in the IJA memoirs (1968-1977) is Section of Paleontology. Moreover, in 1969 the Provincial Institute of Paleontology was created in Sabadell, linked mainly to the Provincial Council of Barcelona. This Institute was the successor to the Section of Paleontology of the Museum of the City of Sabadell, long awaited by Dr. Crusafont. This museum is now the Museum of the Catalan Institute of Paleontology Miquel Crusafont. The linking of the Provincial Institute of Paleontology and the Museum of Sabadell with IJA and indirectly with the CSIC was lost with the resignation and early retirement of Crusafont in 1978 and the disappearance of the Section of Paleontology of the IJA.

Since the 70s, the work of the CSIC staff began to have its own weight in the scientific production of the IJA. Until the mid-70s the role of CSIC

dins de la producció científica de l'IJA. Fins a mitjan d'aquesta dècada el paper del CSIC a través de l'IJA era de suport, principalment econòmic i de personal auxiliar, a la recerca que es feia i es dirigia des de les càtedres universitàries. Esdevenir personal de plantilla del CSIC en els anys 1950 i 1960 era, en la major part dels casos, un interludi per esperar l'oportunitat d'optar a places a la Universitat. A partir dels anys 1970, aquesta perspectiva va canviant, i l'IJA va assolint una massa crítica de personal de plantilla que esdevindrà el nucli de l'Institut com a centre propi del CSIC deslligat de les càtedres universitàries.

L'estructura del quadre d'organització de l'IJA de 1972 que, pràcticament idèntica, existia des del 1969, perdurà fins al 1977. En aquest any, la Secció de Biostratigrafia (Museu Geològic del Seminari de Barcelona) s'integra a l'IJA en quedar adscrit el Dr. Via a aquest institut. La composició en el període 1977-1978 del personal investigador propi del CSIC a l'IJA és de 2 professors d'investigació (PI): J. F. de Villalta i L. Via, 4 investigadors científics (IC): J. M. Bosch, A. Travería, A. López Soler, C. Miravittles Torras, i 4 col·laboradors científics (CC): M. Esteban, L. Solé Sugrañes, A. Maldonado, I. Zamarreño. A tot això calia afegir-hi els caps de 6 seccions que eren catedràtics (i en molts casos caps de departaments universitaris) ja que només dos caps de secció eren professors d'investigació del CSIC.

Al llarg dels anys 1960 i 1970 es passa de la pràctica absència de personal investigador del CSIC a les seccions de l'ILM a Barcelona, i després de l'IJA, a haver-hi 12 persones de plantilla del CSIC dedicades a la recerca a l'IJA el 1980. A partir de la mort de Franco, el novembre de

A partir de los años 70, el trabajo del personal de plantilla del CSIC comienza a tener peso propio dentro de la producción científica del IJA. Hasta mediados de esta década el papel del CSIC a través del IJA era de apoyo, principalmente económico y de personal auxiliar, en la investigación que se hacía y se dirigía desde las cátedras universitarias. Llegar a personal de plantilla del CSIC en los años 50 y 60 era, en la mayor parte de los casos, un interludio para esperar la oportunidad de optar a plazas en la universidad. A partir de los 70, esta perspectiva va cambiando, y el IJA va alcanzando una masa crítica de personal de plantilla que se convertirá en el núcleo del Instituto como centro propio del CSIC desligado de las cátedras universitarias.

La estructura del cuadro de organización de la IJA de 1972 que, pràcticament idèntica, existía desde 1969, perdurará hasta 1977. En ese año, la Sección de Bioestratigrafía (Museo Geológico del Seminario de Barcelona) se integra al IJA al quedar adscrito el Dr. Via a este Instituto. La composición en el periodo 1977-1978 del personal investigador propio del CSIC en el IJA es de 2 profesores de investigación (PI): J. F. Villalta y L. Via, 4 investigadores científicos (IC): J. M. Bosch, A. Travería, A. López Soler, C. Miravittles Torras) y 4 colaboradores científicos (CC): M. Esteban, L. Solé Sugrañes, A. Maldonado, E. Zamarreño). A todo esto había que añadir los jefes de 6 secciones que eran catedráticos (y en muchos casos jefes de departamentos universitarios) ya que sólo dos jefes de sección eran profesores de investigación del CSIC.

A lo largo de los años 60 y 70 se pasa de la práctica ausencia de personal investigador del

through the IJA was mainly to provide economic support and ancillary staff for the research directed and done from the university chairs. Becoming a staff member of CSIC in the 50s and 60s was, in most cases, an interlude to wait for the opportunity to apply for places at university. From the 70s, this perspective was changing, and the IJA was reaching a critical mass of personnel that became the core staff of the Institute as an independent center of the CSIC, detached from university chairs.

The structure of the organization chart of the IJA 1972, which had been practically identical since 1969, lasted until 1977. In that year, the Biostratigraphy Section (Geological Museum of the Seminary of Barcelona) was incorporated into the IJA as Dr. L. Via was assigned to this institute. The composition in the period 1977-1978 of the CSIC permanent staff at the IJA was two research professors (PI: J. F. de Villalta and L. Via), four scientific researchers (IC: J. M. Bosch, A. Travería, A. López Soler and C. Miravittles Torras) and four scientific collaborators (CC: M. Esteban, L. Solé Sugrañes, A. Maldonado and I. Zamarreño). To this must be added the heads of six sections who were professors (and in many cases heads of university departments) because only two heads of section were CSIC research professors. Throughout the 60s and 70s, the practical absence of researchers from the CSIC in the ILM and IJA sections in Barcelona, changed to having 12 CSIC staff dedicated to research at the IJA in 1980. After the death of Franco in November 1975, with the transition to democratic institutions and the general elections and the adoption of a new constitution in 1978, the political changes have an impact on the structure, operation and CSIC objectives.

**LES SECCIONS I LABORATORIS QUE COMPONEN L'INSTITUT JAUME ALMERA AL 1972.**  
**LAS SECCIONES Y LABORATORIOS QUE COMPONEN EL INSTITUTO JAUME ALMERA EN 1972.**  
**SECTIONS AND LABORATORIES OF THE INSTITUTE JAUME ALMERA IN 1972.**

<b>Secció de Geomorfologia</b> Sección de Geomorfología Geomorphology Section	L. Solé Sabarís + 1 C.C.: A. Obrador. Laboratori de Litostratigrafia (J. Rosell Sanuy)
<b>Secció d'Hidrogeologia</b> Sección de Hidrogeología Hydrogeology Section	Està incorporada a la de Geomorfologia per vacant del cap de la Secció
<b>Secció de Cristal·lografia</b> Sección de Cristalografía Crystallography Section	M. Font Altaba, + 2 I.C.: J.M. Bosch i A. Travería, + 2 C.C.: A. López Soler, C. Miravittles Torras.
<b>Secció de Mineralogia</b> Sección de Mineralogía Mineralogy Section	J. Montoriol Pous. Laboratori de Mineralogia de Sediments (E. Sainz Amor)
<b>Secció de Petrologia</b> Sección de Petrología Petrology Section	A. San Miguel Arribas + 1 C.C.: M. Esteban
<b>Secció d'Estratigrafia</b> Sección de Estratigrafía Stratigraphy Section	O. Riba Arderiu + 1 C.C.: S. Reguant (1970-1972)
<b>Secció de Paleontologia i Paleobiologia</b> Sección de Paleontología y Paleobiología Paleontology and Paleobiology Section	M. Crusafont
<b>Secció d'Ecologia del Quaternari</b> Sección de Ecología del Cuaternario Quaternary Ecology Section	I.C.: J.F. de Villalta.
<b>I.C.: Investigador Científic/Investigador Científico/Scientific researcher</b> <b>C.C.: Col·laborador Científic/Colaborador Científico/Scientific collaborator</b> <b>El primer nom de cada secció correspon al seu cap/El primer nombre de cada sección corresponde a su jefe/The first name of each section corresponds to his head.</b>	

1975, amb la transició cap a les institucions democràtiques, les eleccions generals i l'aprovació d'una nova constitució el 1978, els canvis polítics tenen repercussió en l'estructura, el funcionament i els objectius del CSIC.

#### **La separació de les seccions de l'IJA dels departaments universitaris**

Els canvis polítics de la transició (1975-1978) també van tenir repercussió en la societat espanyola, i en particular a la Universitat i al CSIC. A la reestructuració de 1977 el CSIC dissol els patronats i reorganitza el seus instituts en 8 àrees científiques amb una modificació substancial en l'estructura i la composició de les seccions i instituts. Per exemple, l'any següent es va aprovar la dissolució de l'Institut Lucas Mallada i del Departament de Geologia Econòmica. Durant el 1978, i coincidint amb la jubilació del Dr. Solé Sabarís i la renúncia a la Càtedra del Dr. Crusafont, va començar la reorganització del l'IJA, que es va independitzar dels departaments de la UB i de l'Institut Nacional de Geologia del CSIC, que desapareix. El juny de 1978 es va celebrar un claustre ampliat de l'IJA constituït fonamentalment pels membres de plantilla del CSIC i presidit pel membre més antic, el Dr. J. M. Bosch, on es va proposar una reestructuració de l'Institut. L'estructura de l'Institut aprovada a final de 1978 consta de 4 unitats estructurals d'investigació (UEI, les equivalents de les antigues seccions), que perduraran fins al 1981: Biostratigrafia (Dr. J. F. Villalta), Geologia Marina i Regional (Dr. A. Maldonado), Mineralogia (Dr. J. M. Bosch), Difracció de Raigs X i Estructures Cristal·lines (Dr. A. Travería). Desapareix també la vinculació del CSIC amb el Museu de Sabadell (antiga Secció de Paleontologia i Paleobiologia). Un nou director és elegit pel Claustre de

CSIC en las secciones del ILM en Barcelona, y después del IJA, a haber 12 personas de plantilla del CSIC, dedicadas a la investigación en el IJA, en 1980. A partir de la muerte de Franco, en noviembre de 1975, con la transición hacia las instituciones democráticas, y las elecciones generales y la aprobación de una nueva constitución en 1978, los cambios políticos tienen repercusión en la estructura, funcionamiento y objetivos del CSIC.

#### **La separación de las secciones del IJA los departamentos universitarios**

Los cambios políticos de la transición (1975-1978) también tuvieron su repercusión en la sociedad española, y en particular en la Universidad y el CSIC. En la reestructuración de 1977 el CSIC disuelve los patronatos y reorganiza sus institutos en 8 áreas científicas con una sustancial modificación en la estructura y composición de las secciones e institutos. Por ejemplo, el año siguiente se aprobó la disolución del Instituto Lucas Mallada y del Departamento de Geología Económica. Durante 1978, y coincidiendo con la jubilación del Dr. Solé Sabarís y la renuncia a la cátedra del Dr. Crusafont, comenzó la reorganización del IJA, que se independizó de los departamentos de la UB y del Instituto Nacional de Geología del CSIC, que desaparece. En junio de 1978 se celebró un claustro ampliado del IJA constituido fundamentalmente por los miembros de plantilla del CSIC y presidido por el miembro más antiguo, el Dr. J. M. Bosch, donde se propuso una reestructuración del Instituto. La estructura del Instituto, aprobada a finales de 1978, constaba de 4 unidades estructurales de investigación (UEI, las equivalentes de las antiguas secciones), que perdurarán hasta el 1981: Bioestra-

#### **The separation of the sections of the IJA from the university departments**

The political changes from the transition (1975-1978) also had their impact on Spanish society, particularly in the University and the CSIC. In the reorganization of 1977, the CSIC dissolved the boards and reorganized its scientific institutes in eight areas with a substantial change in the structure and composition of the sections and institutes. For example, the following year it approved the dissolution of the Institute Lucas Mallada and the Department of Economic Geology. During 1978, coinciding with the retirement of Dr. Solé Sabarís and the renounce of the chair by Dr. Crusafont, began the reorganization of the IJA, which became independent of the departments of the UB and of the National Institute of Geology of the CSIC, which disappears. In June 1978, an extended cloister of the IJA was held constituted mainly of staff members of the CSIC and chaired by the oldest member, Dr. J.M. Bosch; restructuring of the Institute was proposed. The structure of the Institute, approved in late 1978, consisted of four structural research units (UEI, the equivalent of the old sections), which will last until 1981: Biostratigraphy (Dr. J. F. Villalta), Regional and Marine Geology (Dr. A. Maldonado), Mineralogy (Dr. J. M. Bosch), X-ray diffraction and Crystal Structure (Dr. A. Travería). The linking of the CSIC with the Museum of Sabadell (formerly IJA Section of Paleontology and Paleobiology) also disappeared. The staff of the Institute elects a new director, Dr. Ángel López Soler, and the proposed appointment is reported favorably by the Governing Board of the CSIC in February 1979. The official name Institute Jaime Almera of Geological Research changes into Geological Research



**El 1979 es van assignar per a la instal·lació del reestructurat Institut Jaume Almera diversos locals d'un edifici propietat del CSIC, annex a la Delegació del CSIC a Catalunya, al carrer de les Egipcíaques, que avui ocupa la Residència d'Investigadors, aquesta en una foto de 2015. Els investigadors de l'IJA van estar poc més de 2 anys, abans del trasllat de l'Institut al nou edifici del campus de Pedralbes (1982). (Autor: Pere Anadón).**

En 1979 se asignaron para la instalación del reestructurado Instituto Jaume Almera varios locales de un edificio propiedad del CSIC, anexo a la Delegación del CSIC en Cataluña, en la calle Egipcíaques, que hoy ocupa la Residencia de Investigadores, ésta en una foto de 2015. Los investigadores del IJA estuvieron poco más de 2 años, antes del traslado del Instituto al nuevo edificio de Pedralbes (1982). (Autor: Pere Anadón).

In 1979 several parts of a CSIC building, annex to the CSIC Delegation in Catalonia, Egipcíaques Street, were allocated for the installation of the restructured Institute Jaume Almera. They now are occupied by the Residence for Researchers; this photo is from 2015. The IJA researchers were there little more than two years before moving to the new building of the Institute at Pedralbes Campus (1982). (Author: Pere Anadón).



**l'Institut, el Dr. Angel López Soler, i la proposta del seu nomenament és informada favorablement per la Junta de Govern del CSIC de febrer de 1979. El nom oficial d'Institut Jaume Almera d'Investigacions Geològiques canvia a Institut d'Investigacions Geològiques Jaume Almera. En aquesta data, s'assignen per a la instal·lació de l'IJA diversos locals d'un edifici propietat del CSIC, annex a la Delegació del CSIC a Catalunya, al carrer de les Egipcíaques, que avui ocupa la Residència d'Investigadors, i que no era apropiat per a la instal·lació de laboratoris. Aquesta separació física i marxa als locals del carrer de les Egipcíaques no va significar una ruptura entre la Facultat de Geologia i l'IJA. És significatiu que a final de 1979 se signés un conveni de cooperació UB-CSIC on específicament es preveia la col·laboració entre la Facultat de Geologia i l'IJA i la cessió en ús per a 75 anys d'uns terrenys de la UB a la zona de Pedralbes per construir un edifici per a l'IJA, al costat de l'emplaçament destinat a la Facultat de Geologia.**

**El Dr. L. Via es jubila el 1980, i així finalitza la vinculació del CSIC amb el Museu Geològic del Seminari de Barcelona. El 1981, poc abans de la jubilació de J. F. Villalta el 1983, desapareix la Secció de Biostratigrafia de l'IJA i amb ella els estudis de Paleontologia vinculats al CSIC a Catalunya, que havien començat tot just després de la Guerra Civil amb les col·laboracions de J. F. Villalta i M. Crusafont amb les seccions de Barcelona de l'Institut José de Acosta i després de l'ILM.**

**A principi dels anys 1980, bona part de l'instrumental científic i material documental de l'IJA restava a la Facultat de Geologia. També se signa un conveni de col·laboració entre el CSIC i la UB que entrarà en vigor l'any 1980**

tigrafía (Dr. J. F. Villalta), Geología Marina y Regional (Dr. A. Maldonado), Mineralogía (Dr. J. M. Bosch), Difracción de Rayos X y Estructuras Cristalinas (Dr. A. Travería). Desaparece también la vinculación del CSIC con el Museo de Sabadell (antigua Sección de Paleontología y Paleobiología). Un nuevo director es elegido por el Claustro del Instituto, el Dr. Ángel López Soler y la propuesta de su nombramiento es informada favorablemente por la Junta de Gobierno del CSIC de febrero de 1979. El nombre oficial de Instituto "Jaime Almera" de Investigaciones Geológicas cambia a Instituto de Investigaciones Geológicas "Jaime Almera". En esa fecha, se asignan para la instalación del IJA varios locales de un edificio propiedad del CSIC, anexo a la Delegación del CSIC en Cataluña, en la calle Egipcíaques, que hoy ocupa la Residencia de Investigadores, y que no era apropiado para la instalación de laboratorios. Esta separación física y marcha a los locales de la calle Egipcíaques no significó una ruptura entre la Facultad de Geología y el IJA. Es significativo que a finales de 1979 se firmara un convenio de cooperación UB-CSIC donde específicamente se contemplaba la colaboración entre la Facultad de Geología y el IJA y la cesión en uso para 75 años de unos terrenos de la UB en la zona de Pedralbes para construir un edificio para el IJA, junto al emplazamiento destinado a la Facultad de Geología.

El Dr. L. Via se jubila en 1980, y así finaliza la vinculación del CSIC con el Museo Geológico del Seminario de Barcelona. En 1981, poco antes de la jubilación de J. F. Villalta en 1983, desaparece la Sección de Biostratigrafía del IJA y con ella los estudios de Paleontología vinculados al CSIC en Cataluña. Éstos habían comenzado

Institute Jaime Almera. On that date, several parts of a building owned by the CSIC, annex to the CSIC Delegation in Catalonia, Egipcíaques Street, now occupied by the Residence for Researchers, were allocated for the installation of the IJA although they were not appropriate for the use as laboratories. This physical separation and moving to the building in Egipcíaques Street did not mean a rupture between the Faculty of Geology and IJA. It is significant that in late 1979 the UB and CSIC signed a cooperation agreement where they specifically contemplated collaboration between the Faculty of Geology and the IJA and the cession in use for 75 years of land in the UB Pedralbes area to construct a building for the IJA, next to the location assigned for the Faculty of Geology.

Dr. L. Via retires in 1980, thus ending the link with the CSIC and the Geological Museum of the Seminary of Barcelona. In 1981, shortly before the retirement of J. F. Villalta in 1983, the Biostratigraphy Section of the IJA and consequently the Paleontology research linked to the CSIC in Catalonia disappear. These had begun just after the Civil War with the collaboration of J. F. Villalta and M. Crusafont in the Barcelona sections of the Institute José de Acosta and later ILM.

In the early 80s, most of the scientific instruments and documentary material from the IJA remained at the Faculty of Geology and a cooperation agreement between the CSIC and the UB was signed. It entered into force in 1980, and the participation of the university in the publishing of Acta Geologica Hispanica (AGH) was expected to attend. In fact, AGH started out being published by the National Institute of Geology (1965), although under the effective

i que preveu la participació d'aquesta universitat en l'edició d'Acta Geologica Hispanica (AGH). De fet, l'Institut Nacional de Geologia (1965), encara que sota l'edició efectiva del personal de l'IJA, va començar a publicar l'AGH fins que el 1977 va passar a publicar-la exclusivament aquest institut. La coedició de l'IJA i de la Facultat de Geologia d'Acta Geologica Hispanica s'inicia el 1981.

Els primers anys de la dècada de 1980, seguint les directrius científiques del CSIC, bona part del personal científic de l'IJA va participar en el projecte "El Borde Mediterráneo Español: Evolución del Orógeno Bético y Geodinámica de las Depresiones Neógenas", CAICYT-CSIC (1981-1984), sota la direcció de José López Ruiz, subvencionat amb fons de la Comissió Assessora d'Investigació Científica i Tècnica (CAICYT, de la denominació en castellà) i del CSIC, en un intent d'aquest organisme de promoure les línies de recerca pròpies. Amb motiu d'aquest projecte es van establir alguns lligams científics amb les línies de Geologia d'altres instituts del CSIC.

L'any 1982 acaben les obres del nou edifici de l'Institut, en terrenys assignats a la Facultat de Geologia de la UB al Campus de Pedralbes. De fet, el dia de portes obertes del CSIC, el 2 de desembre de 1982, diversos actes es van fer a la nova seu de l'Institut a Pedralbes, encara que l'edifici es va inaugurar oficialment el febrer de 1983. El trasllat de la Facultat de Geologia des de l'Edifici Històric a la nova seu a Pedralbes es va fer uns quants anys després, el 1987. L'any 1983 es comença a bastir el fons d'una biblioteca comuna entre la Facultat de Geologia i l'IJA, i l'any 1985 es constitueix oficialment l'anomenada Biblioteca de Geologia

apenas finalizada la Guerra Civil con las colaboraciones de J. F. Villalta y M. Crusafont con las secciones de Barcelona del Instituto José de Acosta y después del ILM.

A principios de los 80, buena parte del instrumental científico y material documental del IJA permanecía en la Facultad de Geología y se firma un convenio de colaboración entre el CSIC y la UB que entrará en vigor en 1980 y que prevé la participación de esta universidad en la edición de Acta Geologica Hispanica (AGH). De hecho AGH comenzó a ser publicada por el Instituto Nacional de Geología (1965), aunque bajo la edición efectiva del personal del IJA, hasta que en 1977 pasó a ser publicada exclusivamente por este Instituto. La coedición de Acta Geologica Hispanica por el IJA y la Facultad de Geología inicia en 1981.

Los primeros años de la década de los 1980, siguiendo las directrices científicas del CSIC, buena parte del personal científico del IJA participó en el proyecto "El Borde Mediterráneo Español: Evolución del Orógeno Bético y Geodinámica de las Depresiones Neógenas" CAICYT-CSIC (1981-1984) bajo la dirección de José López Ruiz. El proyecto fue subvencionado con fondos de la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT) y del CSIC, en un intento de este organismo de promover sus propias líneas de investigación. Con motivo de este proyecto se establecieron algunos vínculos científicos con las líneas de Geología de otros institutos del CSIC.

En 1982 terminan las obras del nuevo edificio del Instituto, en terrenos asignados a la Facultad de Geología de la UB en el campus de Pedralbes. De hecho, en el día de puertas

editing of IJA staff, until 1977, when it happened to be published exclusively by this institute. The co-editing by the IJA and Geology Faculty of Acta Geologica Hispanica started in 1981.

During the first years of the 1980s, following the CSIC scientific guidelines, a number of IJA staff participated in the project "The Spanish Mediterranean edge: the Betics orogen evolution and geodynamics of the Neogene depressions" (1981-1984) under the direction of José López Ruiz. The project was funded with the Advisor Commission for Scientific and Technical Research (CAICYT) and CSIC, in an attempt by the latter to promote their own research. On this project some scientific ties with other lines of Geology from CSIC institutes were established.

In 1982, work finished on the new building of the IJA on land allocated to the Faculty of Geology on the UB Pedralbes campus. In fact, on the CSIC open day on December 2, 1982, several events were held at the new headquarters of the IJA in Pedralbes, although the building was officially opened in February 1983. The removal of the Faculty of Geology from the main building at the headquarters in Pedralbes happened a few years later, in 1987. In 1983, a common library between the Faculty of Geology and the IJA begins to take shape, and, in 1985, it is officially called the Library of Geology by UB-CSIC agreement. All these facts show the extensive cooperation and good relations between the IJA and the Faculty of Geology of the UB which practically began after the separation phase of the university sections and reinforcement of the independent center. This collaboration is reflected also in the participation of people from both centers in joint research projects and the PhD programs of the Faculty of Geology.



**Biblioteca de Geologia (CSIC-UB). És una extraordinària infraestructura fruit de la bona col·laboració entre la Facultat de Geologia i l'Institut Jaume Almera. (Autor: Pere Anadón).**

Biblioteca de Geología (CSIC-UB). Es una extraordinaria infraestructura fruto de la buena colaboración entre la Facultad de Geología y el Instituto Jaume Almera. (Autor: Pere Anadón).

Library of Geology (UB-CSIC). This extraordinary infrastructure is a result of good collaboration between the Faculty of Geology and the Institute Jaume Almera. (Author: Pere Anadón).

mitjançant un conveni UB-CSIC. Tots aquests fets demostren la gran col·laboració i bones relacions existents entre l'IJA i la Facultat de Geologia de la UB, ja pràcticament iniciada després de la fase de separació de les seccions universitàries i constitució del centre propi. Aquesta col·laboració es plasma també en la participació de persones d'ambdós centres en projectes d'investigació conjunts i en programes de doctorat de la Facultat de Geologia.

abiertas del CSIC, el 2 de diciembre de 1982, se celebraron varios actos en la nueva sede del Instituto en Pedralbes, aunque el edificio se inauguró oficialmente en febrero de 1983. El traslado de la Facultad de Geología desde el Edificio Histórico a la sede de Pedralbes se hizo, varios años después, en 1987. En el año 1983 se empieza a organizar la biblioteca común entre la Facultad de Geología y el IJA, y en 1985 se constituye oficialmente la Biblioteca de Geo-

The IJA has also collaborated closely with the Generalitat of Catalonia, as in the agreement for the creation of an X-Ray Diffraction and Spectrography Service in 1983 and the collaboration with Generalitat services related to Geology, since the creation of the Geological Service of Catalonia (SGC) in 1979 and the Seismology Service of Catalonia in 1981, which was assigned to the first in 1982. These services resulted in the Geological Institute of Catalo-

L'IJA ha col·laborat també estretament amb serveis dependents de la Generalitat de Catalunya, com l'establiment d'un conveni per a la creació d'un servei de Difracció i Espectroscòpia de Raigs X el 1983, i també amb els relacionats amb la Geologia ja des dels primers moments després de la creació del Servei Geològic de Catalunya (SGC), el 1979, i del Servei de Sismologia de Catalunya, el 1981, que es va adscriure al primer el 1982. Aquests serveis van donar lloc a l'Institut Geològic de Catalunya el 2005, posteriorment integrat en l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (2014). Cal destacar també que el 1987 el CSIC va signar un conveni amb la Generalitat de Catalunya per a la instal·lació i el manteniment del Laboratori de Paleomagnetisme, que, posteriorment, es convertirà en el Servei de Paleomagnetisme de l'IJA.

#### **Les gemmacions (1986-2009)**

A partir de la reestructuració de 1983 l'IJA, sota la direcció d'A. López Soler, estava integrat per dos unitats estructurals d'investigació (UEI): Geologia Marina, i Recursos i Materials. L'abril de 1986 la Unitat de Geologia Marina s'adsciu a l'Institut de Ciències del Mar (abans Institut d'Investigacions Pesqueres) i, durant un procés de gran reorganització, el cap de la Unitat de Geologia Marina, integrat al Departament d'Oceanografia Física i Geologia Marina, el Dr. A. Maldonado, és nomenat director de l'Institut de Ciències del Mar (1987-1991).

El 1986, un grup d'investigadors de la Unitat de Recursos i Materials de l'IJA, liderat pel Dr. C. Miravittles Torras, passa a formar part del llavors creat Institut de Ciències de Materials de Barcelona (ICMAB), del qual és nomenat director el Dr. Carles Miravittles (el trasllat del

logia mediante convenio UB-CSIC. Todos estos hechos demuestran la gran colaboración y buenas relaciones existentes entre el IJA y la Facultad de Geología de la UB, ya prácticamente iniciada después de la fase de separación de las secciones universitarias y consolidación del centro propio. Esta colaboración se plasma también en la participación de personas de ambos centros en proyectos de investigación conjuntos y en programas de doctorado de la Facultad de Geología.

El IJA ha colaborado también estrechamente con organismos dependientes de la Generalitat de Catalunya, como en caso del convenio para la creación de un Servicio de Difracción y Espectroscopia de Rayos X en 1983 en el IJA, y también con los servicios relacionados con la Geología, ya desde los primeros momentos tras la creación del Servei Geològic de Catalunya (SGC), en 1979, y del Servei de Sismologia de Catalunya, en 1981, que se adscribió al primero en 1982. Estos servicios se convirtieron en el Institut Geològic de Catalunya en 2005, posteriormente integrado en el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (2014). En 1987 el CSIC firmó un convenio con la Generalitat de Catalunya para la creación del laboratorio de Paleomagnetismo, posteriormente Servicio de Paleomagnetismo del IJA.

#### **Las gemaciones (1986-2009)**

A partir de la reestructuración de 1983 del IJA, bajo la dirección de A. López Soler, el Instituto estaba integrado por dos unidades estructurales de investigación (UEI): Geología Marina y Recursos y Materiales. En abril de 1986 la Unidad de Geología Marina se adscribe al Instituto de Investigaciones Pesqueras, que en 1987 y dentro de un proceso de gran reorgani-

nia in 2005, later integrated into the Geological and Cartographic Institute of Catalonia (2014). It should be noted also that in 1987 the CSIC signed an agreement with the Government of Catalonia for the installation and maintenance of a Paleomagnetism Laboratory, which later become the IJA Paleomagnetism Service.

#### **The gemmations (1986-2009)**

Since the 1983 restructuration, the IJA, under the direction of A. López Soler, has comprised two structural research units (UEI): Marine Geology and Resources and Materials. In April 1986, the Marine Geology Unit was attached to the Fisheries Research Institute, which in 1987 and in a big reorganization changed its name to the Institute of Marine Sciences. The head of the Marine Geology Unit (integrated into the Department of Physical Oceanography and Marine Geology), Dr. A. Maldonado, was nominated director of the new Institute of Marine Sciences (1987-1991).

In 1986, a group of researchers from the Resources and Materials Unit of the IJA, led by Dr. C. Miravittles Torras, became part of the then created Institute of Materials Science of Barcelona (ICMAB), with Dr. C. Miravittles nominated as director (the moving of the group lasted until 1991). After these developments at the end of 1986, research staff at the IJA was at a low record, consisting of four scientific researchers (IC: A. López Soler, L. Solé Sugrañes, A. Travería and I. Zamarréño), three research collaborators (CC: P. Anadón, R. Julià and F. Plana) and one research technician (TIS: J. S. Chinchon).

In early 1987 Dr. Enric Banda joined IJA as a research professor (PI) (coming from the Geological Survey of the Generalitat of Catalonia,

## CÀRRECS DIRECTIUS IJA-ICTJA (1965-2015) / CARGOS DIRECTIVOS IJA-ICTJA (1965-2015)

### MANAGEMENT POSITIONS IJA-ICTJA (1965-2015)

	<b>Director / Director</b> / Director	<b>Secretari / Secretario /</b> Secretary	<b>Tècnic en Gestió / Técnico en</b> Gestión / Technical management
1965 - 1979	L. Solé Sabarís	M. Font Altaba	R.M. Botey Burrull
	<b>Director / Director</b> / Director	<b>Vice-director / Vice-director</b> / Vice director	<b>Secretari / Secretario /</b> Secretary
1979 - 1986	A. López Soler	A. Maldonado López	L. Solé Sugrañes
1986 - 1988	A. López Soler	I. Zamarreño Herrero	L. Solé Sugrañes
1988 -1989	E. Banda Tarradellas	L. Solé Sugrañes	I. Zamarreño Herrero
	<b>Director / Director</b> / Director	<b>Vice-director / Vice-director</b> / Vice director	<b>Gerència / Gerencia</b> / Management
1990 -1991	E. Banda Tarradellas	L. Solé Sugrañes	M. D. Clavera Pizarro
1991 - 1992	A. López Soler	J. Gallart Muset	M. D. Clavera Pizarro
1993 - 1996	A. López Soler	F. Gallart Gallego	M. D. Clavera Pizarro
1996 - 2000	A. López Soler	F. Plana Llevat	M. D. Clavera Pizarro
2000 - 2001	M. Torné Escasany	C. Ayora Ibáñez	M. D. Clavera Pizarro
2001 - 2005	C. Ayora Ibáñez	M. Fernández Ortiga	M. D. Clavera Pizarro
2005 - 2009	M. Fernández Ortiga	X. Querol Carceller	M. D. Clavera Pizarro
2009 -2009	M. Fernández Ortiga	J.L. Fernández Turiel	M. D. Clavera Pizarro
2009 - 2012	M. Fernández Ortiga	J.L. Fernández Turiel	E. Cabrera Afonso
2012 - 2013	M. Torné Escasany	J.L. Fernández Turiel	E. Cabrera Afonso
2013 - 2015	M. Torné Escasany	J.L. Fernández Turiel	J.L. López Burguillo
2015	J.L. Fernández Turiel	J. Díaz Cusí	J.L. López Burguillo

grup duraria fins al 1991). Després d'aquestes unions, a final de 1986, el personal investigador de l'IJA queda en un mínim històric, format per 4 IC (A. López Soler, L. Solé Sugrañes, A. Travería, I. Zamarreño), 3 CC (P. Anadón, R. Julià, F. Plana) i 1 TS (J. S. Chinchón).

A principi de 1987 s'incorpora com a professor d'investigació el Dr. E. Banda (procedent del Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya, del qual era cap de Geofísica) per tal de desenvolupar la Geofísica al CSIC. Així, es va crear el Laboratori de Paleomagnetisme que en el seu moment havia estat impulsat pel Servei Geològic de Catalunya a través d'un projecte de la CICYT en què participaven molts grups d'investigadors. Com ja s'ha esmentat anteriorment el conveni signat el 1987 entre el CSIC i la Generalitat de Catalunya permet la posada en marxa entre els anys 1988-1999 del Laboratori de Paleomagnetisme de l'IJA, al qual se li assigna una plaça de col·laborador el 1988. Amb aquest conveni també inclou la creació del Servei de Làmina Prima. Enric Banda és nomenat director de l'Institut el gener de 1988.

Amb una nova reorganització a partir del 1987 (que perdurarà fins al 1992) l'IJA passa a estar format per 2 UEI: Geofísica i Geologia Ambiental. Es consideren 4 grups de treball o investigació (Geofísica, Geologia Ambiental, Mineralogia i Sedimentologia - Geologia Sedimentària). A final del 1988 el nou director, E. Banda, proposa canviar el nom oficial d'Institut d'Investigacions Geològiques Jaume Almera, que esdevindrà Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) a partir del 1990. Aquest any esdevé un canvi important en l'estructura dels instituts del CSIC, amb

zación cambió su nombre por el de Instituto de Ciencias del Mar. El jefe de la Unidad de Geología Marina, integrado en el Departamento de Oceanografía Física y Geología Marina, Dr. A. Maldonado, es nombrado Director del nuevo Instituto de Ciencias del Mar (1987-1991).

En 1986, un grupo de investigadores de la Unidad de Recursos y Materiales del IJA liderado por el Dr. Carles Miravittles Torras pasa a formar parte del entonces creado Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona (ICMAB), del que es nombrado director el Dr. C. Miravittles (el traslado del grupo duraría hasta el 1991). Después de estas gemaciones, a finales de 1986, el personal investigador del IJA queda en un mínimo histórico, formado por 4 IC (A. López Soler, L. Solé Sugrañes, A. Travería, E. Zamarreño), 3 CC (P. Anadón, R. Julià, F. Plana), y 1 TS (J. S. Chinchón).

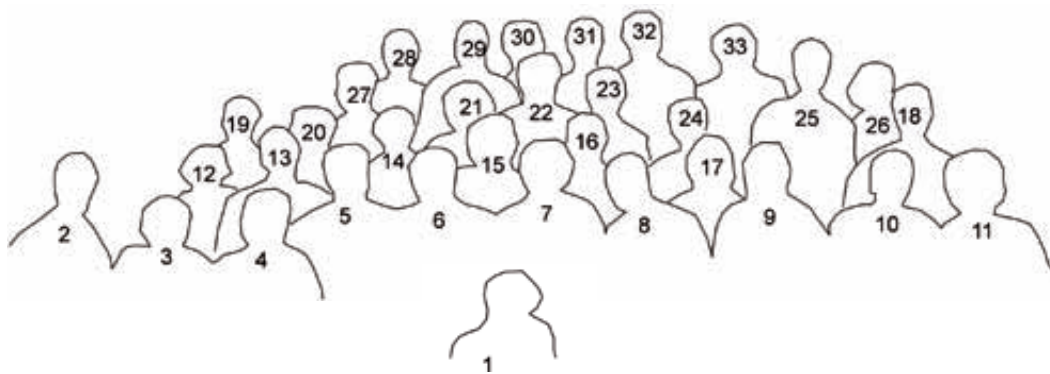
A principios de 1987 se incorpora como profesor de investigación el Dr. Enric Banda (procedente del Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya, del que era jefe de Geofísica) para desarrollar la Geofísica en el CSIC. Así, se creó el Laboratorio de Paleomagnetismo que en su momento había sido impulsado por el Servei Geològic de Catalunya a través de un proyecto de la CICYT en el que participaban muchos grupos de investigadores. Como ya se ha mencionado anteriormente el convenio firmado en 1987 entre el CSIC y la Generalitat de Catalunya permite la puesta en marcha entre los años 1988 hasta 1999 del Laboratorio de Paleomagnetismo del IJA, al que se le asigna una plaza de colaborador en 1988. Este convenio también incluía la creación del Servicio de Lámina Delgada. E. Banda es nombrado director del Instituto en enero de 1988.

where he was head of Geophysics Section) to develop Geophysics in the CSIC. Thus was created the Laboratory of Paleomagnetism, which at the time had been driven by the Geological Service of Catalonia through a CICYT Comisión Interministerial de Investigación Científica y Técnica project which involved many research groups. The earlier agreement signed in 1987 between the CSIC and the Generalitat of Catalonia allows the implementation, between 1988 and 1999, of the Paleomagnetism Laboratory in the IJA, which is assigned a research scientist position. The 1988 agreement also included the establishment of the Thin Section Service. Dr. E. Banda was named director of the Institute in January 1988.

With a new reorganization from 1987 (which will last until 1992), the IJA happens to be composed of two structural research units (UEI): Geophysics and Environmental Geology. They consider four working or research groups (Geophysics, Environmental Geology, Mineralogy and Sedimentology-Sedimentary Geology). In late 1988, the new director, E. Banda, proposed changing the official name of Geological Research Institute "Jaime Almera" (IJA) to the Earth Sciences Institute "Jaume Almera" (ICTJA) from 1990. This year marks a significant change in the structure of CSIC institutes, with the replacement of institute secretaries by managers. The last IJA secretary was I. Zamarreño, who was replaced in administrative functions by L. Clavera for the management. In 1991, E. Banda is appointed Coordinator of the Natural Resources Area of the CSIC (1991-1994), and, on proposal from the Cloister and the Board of the Institute, Ángel López Soler is nominated director of the ICTJA. In the following years, E. Banda would



Autor desconegut. Arxiu ICTJA. / Autor desconocido. Archivo ICTJA. / Author unknown. ICTJA Archive.



- 1 Núria Clotet. 2 Felicià Plana. 3 Pere Anadón. 4 Montse Marsal. 5 Ramon Julià.
- 6 Juan José de Castro (Enólogo de Codorniu). 7 Rafael Rodríguez. 8 Kullaiyah Byrappa. 9 Enric Banda.
- 10 Servando Chinchón. 11 Mercè Font. 12 Mari Carmen Travería Bondi. 13 Angel López. 14 Celia Calonge. 15 Lola Clavera. 16 Isabel Zamarreño.
- 17 Elisenda Vergès. 18 Elies Molins. 19 Josep Elvira. 20 José Ignacio Díaz. 21 Graciela Monzón. 22 Rosa M<sup>a</sup> Botey. 23 Mariano Fernández. 24 María Torres (esposa de Mariano Fernández). 25 Antonio Vázquez. 26 M<sup>a</sup> Rosa Ramis. 27 Salvador Giró.
- 28 Francesc Gallart. 29 Marcel·lí Ferran. 30 Sabino Veintemillas. 31 Ignasi Queralt. 32 Emili Hernández. 33 Jesús Baraza.

**Personal IJA- Visita a les Caves Codorniu, maig 1987.**  
**Amb motiu d'un projecte-conveni amb Codorniu, que dirigeix Rafael Rodríguez, es va fer una visita guiada a les caves per al personal de l'Institut i una excursió a Montserrat, per a admirar, amb visió geològica, les característiques de la muntanya.**

Personal IJA- Visita a las Caves Codorniu, Mayo 1987.  
 Con motivo de un proyecto-convenio con Codorniu, que dirigía Rafael Rodríguez, se hizo una visita guiada a las caves para el personal del Instituto y una excursión a Montserrat, para admirar las características geológicas de la montaña.

IJA Personnel. Visit to Caves Codorniu, May 1987. Because of an agreement-project with Caves Codorniu, Rafael Rodríguez was director, the staff of the Institute were given a guided tour and also taken on an excursion to Montserrat, to admire the geological features of the mountain.



la substitució dels secretaris d'institut per gerents. L'última secretària de l'IJA va ser I. Zamarreño, que va substituir en les funcions administratives L. Clavera a la gerència, de nova creació. El 1991, E. Banda és nomenat coordinador de l'Àrea de Recursos Naturals del CSIC (1991-1994) i, a proposta del Claustre i de la Junta d'Institut, és nomenat director de l'ICTJA Ángel López Soler. Els anys següents, E. Banda desenvoluparà una gran tasca com a gestor de recerca tant en l'àmbit nacional com internacional: secretari general del Pla Nacional d'Investigació Científica i Desenvolupament Tecnològic (1994-1995), secretari d'estat d'Universitats i Investigació (1995-1996) i secretari general de l'European Science Foundation (1998-2003).

El 1992 s'aprova la petició de trasllat realitzada pel col·laborador científic Dr. L. Artús de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona. Aquesta incorporació comportarà en els anys següents la instal·lació d'un Laboratori de Pro-

Con una nueva reorganización a partir de 1987 (que perdurará hasta 1992) el IJA pasa a estar formado por 2 UEI: Geofísica y Geología Ambiental. Se consideran 4 grupos de trabajo o investigación (Geofísica, Geología ambiental, Mineralogía y Sedimentología-Geología Sedimentaria). A finales de 1988 el nuevo director, E. Banda, propone cambiar el nombre oficial de Instituto de Investigaciones Geológicas "Jaime Almera", que se convertirá en Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" (ICTJA) a partir del 1990. Este año acontece un cambio importante en la estructura de los institutos del CSIC, con la sustitución de los secretarios de instituto por gerentes. La última secretaria del IJA fue I. Zamarreño, que fue sustituida en las funciones administrativas por L. Clavera en la Gerencia, de nueva creación. En 1991, E. Banda es nombrado coordinador del Área de Recursos Naturales del CSIC (1991-1994) y, a propuesta del Claustro y de la Junta de Instituto, es nombrado director del ICTJA Ángel López Soler. Los años siguientes, E. Ban-

become a manager of research both nationally and internationally: Secretary General of the National Plan for Scientific Research and Technological Development (1994-1995), Secretary of State for Universities and Research (1995-1996) and Secretary General of the European Science Foundation (1998-2003).

In 1992, the transfer request made by the Scientific Collaborator Dr. L. Artús from ICMAB to IJA was approved. This incorporation would entail, in the following years, the installation of a Raman Spectroscopy and Photoluminescence Laboratory to create a line of research on Crystallography and Optical Properties of Materials. From 1993, ICTJA consists of three UEI: Geophysics, Environmental Geology and Natural Hazards. These UEI (Departments since 1994) remain until 2005 with a slight name change.

Since Spain joined the European Union in 1986, it has begun to participate in the framework programs to promote and support research. The participation of groups from the CSIC in

**Edifici actual de l'ICTJA, en una foto de principis dels anys 90. Autor desconegut. Arxiu ICTJA.**

Edificio actual del ICTJA, en una foto de principis de los años 90. Autor desconocido. Archivo ICTJA.

The ICTJA. The current building in a photo from the early 90s. Author unknown. ICTJA Archive.



pietats Òptiques d'Espectroscòpia Raman i la creació d'una línia d'investigació sobre Cristal·lografia i Propietats Òptiques dels Materials. A partir del 1993 l'ICTJA consta de 3 UEI: Geofísica, Geologia Ambiental i Riscos Naturals. Aquestes UEI (departaments a partir de 1994) romanen fins a 2005 amb algun lleuger canvi de denominació.

A partir de l'ingrés d'Espanya a la Unió Europea, el 1986, es comença a participar en els programes marc de foment i suport a la investigació. A partir del II Programa Marc (1987-1991) s'inicia la participació de grups del CSIC de Catalunya en aquests programes, i concretament al programa JOULE (1994-1998: Exploració i explotació d'hidrocarburs). També en aquesta època s'inicia la creació de xarxes d'investigadors en què participen activament els grups de Geologia del CSIC a Catalunya. A partir de la connexió a Internet, que es va implantar progressivament al CSIC des de 1985, el 1992 es comença a utilitzar el correu electrònic a l'ICTJA, un parell d'anys abans del pas de la gestió de RedIRIS al CSIC. D'altra banda, l'any 1998 l'ICTJA ja estava connectat amb l'Anella Científica Catalana i al Centre de Serveis Científics i Acadèmics de Catalunya (CESCA). Després de la fusió del CESCA amb la Comissió de Biblioteques Universitàries de Catalunya (CBUC) el 2013 per formar el Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya (CSUC), l'IJA ha continuat vinculat a aquesta xarxa.

Com a resultat de la prioritització de les Ciències de la Terra, dins del Programa Nacional de Recursos Naturals, reben un fort impuls tant la incorporació de noves places (el 1995 l'ICTJA està format per 4 PI, 7 IC, 13 CC, 5 TIS) com

da desarrollará una gran labor como gestor de investigación tanto en el ámbito nacional como internacional: secretario general del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (1994-1995), secretario de estado de Universidades e Investigación (1995-1996) y secretario general de la European Science Foundation (1998-2003).

En 1992 se aprueba la petición de traslado realizada por el colaborador científico Dr. L. Artús, del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona. Esta incorporación comportará en los siguientes años la instalación de un Laboratorio de Espectroscopia Raman y Fotoluminiscencia y la creación de una línea de investigación sobre Cristalografía y Propiedades Ópticas de los Materiales. A partir del 1993 el ICTJA consta de 3 UEI: Geofísica, Geología Ambiental y Riesgos Naturales. Estas UEI (Departamentos a partir de 1994) permanecen hasta 2005 con algún ligero cambio de denominación.

A partir del ingreso de España en la Unión Europea, en 1986, se empieza a participar en los programas marco de fomento y apoyo a la investigación. La participación de grupos del CSIC de Cataluña en actividades de investigación europeas se inicia en 1987 dentro del II Programa Marco, y concretamente en el programa JOULE (1994-1998: Exploración y explotación de hidrocarburos). También en esta época se inicia la creación de redes de investigadores en el que participan activamente los grupos de Geología del CSIC en Cataluña.

A partir de la conexión a Internet, que se implantó progresivamente en el CSIC desde 1985, en 1992 se empieza a utilizar el correo electrónico en el ICTJA, un par de años antes del paso

Catalonia in European research began in 1987 in the Second Framework Programme, specifically the JOULE program (1994-1998, exploration and exploitation of hydrocarbons). Also at this time research networks were built in which Geology groups from the CSIC in Catalonia were actively involved.

After connecting to the Internet, which had been progressively implemented in the CSIC since 1985, in 1992 the ICTJA began to use e-mail a couple of years before the assignment of RedIRIS management to the CSIC. Moreover, in 1998 the ICTJA was already connected to the Catalan Scientific Ring and the Scientific and Academic Services Centre of Catalonia (CESCA). After the fusion with CESCA of the Commission of Libraries of Catalonia (CBUC) in 2013 to form the Consortium of University Services of Catalonia (CSUCA), the ICTJA continued to be linked to the network.

As a result of the prioritization of Earth sciences within the National Program of Natural Resources, the ICTJA received a strong boost with both the incorporation of new places (the ICTJA 1995 comprises 4 PI, 7 IC, 13 CC, 5 TIS) and the installation of new scientific instruments (ICPOS, 1993). However, in 1996 serious problems arose for continuity of existing agreements between the ICTJA and the Geological Survey (Cartographic Institute of Catalonia) governing the Paleomagnetism and Thin Section Laboratories. A new partner for the Paleomagnetism Laboratory was sought. In this context, an agreement between the UB, through its Scientific and Technical Services, and the CSIC to continue the Paleomagnetism Laboratory was signed in 1998.

la instal·lació de nou instrumental (ICP-OS el 1993). Tanmateix, el 1996 sorgeixen greus problemes de continuïtat dels convenis existents entre l'ICTJA i el Servei Geològic (Institut Cartogràfic de Catalunya) que regeixen els laboratoris de Paleomagnetisme i Làmina Prima, i es planteja buscar un soci nou per al Laboratori de Paleomagnetisme, on hi ha una gran quantitat de diners invertits en material de la Generalitat. En aquest context, el 1998 se signa un conveni entre la UB i el CSIC per al funcionament d'aquest laboratori.

Amb el canvi de segle, en pocs anys l'Institut canvia de director diverses vegades. L'any 2000 M. Torné és escollida directora de l'ICTJA i substituïda per C. Ayora el 2001, en passar M. Torné a ocupar càrrecs directius del CSIC a Madrid. El 2005 és escollit director M. Fernández (reelegit el 2009) i novament és escollida directora M. Torné el 2012, que perdurarà fins a començament de 2015, quan és nomenat director José Luis Fernández Turiel, proposat pel Claustre a final de 2014.

Pel que fa a aquesta darrera època, el 2001, l'estructura de l'ICTJA consta de 3 departaments (des de 1993): Geofísica i Tectònica, Geologia Ambiental i Riscos Naturals, que engloben 10 línies de recerca:

- Hidrologia Superficial (Erosió i processos de desertificació)
- Riscos Naturals (Volcànic, Sísmic, Esllavissades....)
- Clima i Paleoclima (Canvi Climàtic)
- Paleoambients i Registre Sedimentari
- Geologia Ambiental i Geoquímica (Contaminació d'aire, sòls, aigües...)
- Propietats Vibracionals dels Sòlids i la seva

de la gestión de RedIRIS en el CSIC. Por otra parte, en 1998 el ICTJA ya estaba conectado a la Anella Científica Catalana y al Centro de Servicios Científicos y Académicos de Cataluña (CESCA). Después de la fusión del CESCA con la Comisión de Bibliotecas Universitarias de Cataluña (CBUC) en 2013 para formar el Consorcio de Servicios Universitarios de Cataluña (CSUCA), el ICTJA ha continuado vinculado a esta red.

Como resultado de la priorización de las Ciencias de la Tierra, dentro del Programa Nacional de Recursos Naturales, reciben un fuerte impulso tanto la incorporación de nuevas plazas (en 1995 el ICTJA está formado por 4 PI, 7 IC, 13 CC, 5 TS), como la instalación de nuevo instrumental científico (ICP-OS en 1993). Sin embargo, en 1996 se plantean graves problemas de continuidad de los convenios existentes entre el ICTJA y el Servei Geològic (Institut Cartogràfic de Catalunya) que rigen los laboratorios de Paleomagnetismo y de Lámina delgada, y se plantea buscar un nuevo socio para el Laboratorio de Paleomagnetismo. En este contexto, en 1998 se firma un convenio entre la UB, a través de sus Servicios Científico-Técnicos y el CSIC para dar continuidad a este laboratorio.

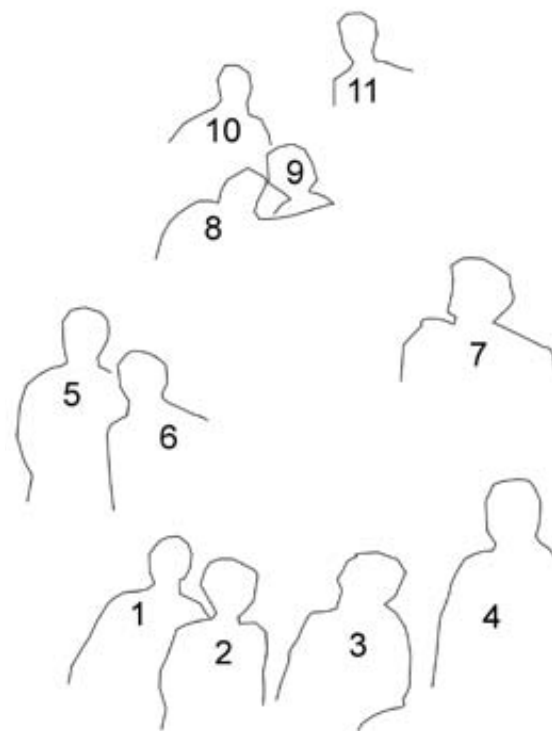
Con el cambio de siglo, en pocos años el Instituto cambia de director varias veces. En 2000, Montserrat Torné es elegida directora del ICTJA y sustituida por Carles Ayora en 2001, al pasar M. Torné a ocupar cargos directivos del CSIC en Madrid. En 2005 es elegido director Manuel Fernández (re-elegido en 2009) y nuevamente es elegida directora M. Torné en 2012, que perdurará hasta principios de 2015, cuando es nombrado director José Luis Fernández Turiel, propuesto por el Claustro a finales de 2014.

By the turn of the century, over a few years, the director of the Institute changed several times. In 2000, M. Torné is elected director of the ICTJA and replaced by C. Ayora in 2001 when M. Torné happens to occupy CSIC managerial positions in Madrid. In 2005, M. Fernández is elected director (re-elected in 2009), and M. Torné is chosen director again in 2012. She will last until early 2015 when José Luis Fernández Turiel is nominated director, proposed by the Cloister at the end of 2014.

In 2001, the structure of the ICTJA consists of three departments (since 1993): Geophysics and Tectonics, Environmental Geology and Natural Hazards, covering ten lines of research:

- Surface Hydrology (erosion and desertification processes)
- Natural Hazards (volcanic, earthquakes, landslides ...)
- Climate and Paleoclimate (climate change)
- Paleoenvironments and Sedimentary Record
- Environmental Geology and Geochemistry (pollution of air, soil, water...)
- Vibrational Properties of Solids (and their relationship with the crystalline structure)
- Structure and Physical Properties of the Lithosphere
- Kinematics and Dynamics of the Lithospheric Plates
- Magnetism and Paleomagnetism
- Geophysical Prospecting

In 2003, Acta Geologica Hispanica, the magazine that was born along with the creation of the IJA, becomes Geologica Acta, in order to increase their potential and become an impact journal located in the Science Citation Index. This leads to several changes in editorial management and, in



1 Juan Pablo Canales. 2 Mari Gil. 3 Ignacio Marzan. 4 Joana Carbonell. 5 Eduard Rubio. 6 Gabriela Fernández. 7 José Gil. 8 Ana Negro. 9 Ivonne Jiménez-Munt. 10 Josep Llorens. 11 Dani García Castellanos.

**Autor** Ivonne Jiménez-Munt. / **Autor** Ivonne Jiménez-Munt.  
/ **Autor** Ivonne Jiménez-Munt.

**Personal jove de Geofísica 1998 (Almejos)**  
Personal joven de Geofísica 1998 (Almejos)  
Young geophysics personnel, 1998 (Almejos)

- relació amb l'estructura cristal·lina
- Estructura i Propietats Físiques de la Litosfera
- Cinemàtica i Dinàmica de les Plaques Litosfèriques
- Magnetisme i Paleomagnetisme
- Prospecció Geofísica

L'any 2003, *Acta Geologica Hispanica*, la revista que va néixer paral·lelament a la creació de l'IJA, es transforma en *Geologica Acta*, amb la intenció d'incrementar el seu potencial i esdevenir una revista d'impacte, situada al Science Citation Index. Això comporta diversos canvis en la gestió editorial i, en els anys successius, una ampliació de les entitats que suporten econòmicament la revista.

El 2003, l'ICTJA és requalificat a institut A, la més alta, dins de la classificació per categories del CSIC (anteriorment era de classe B). A principi de 2004 es va formalitzar el funcionament dels seminaris conjunts ICTJA-Facultat de Geologia, que ja es desenvolupaven separatament en els dos organismes. D'altra banda, el 2006 s'aprova la reorganització de l'Institut en 4 departaments: Geologia Sedimentària, Geociències Ambientals i Cristal·lografia, Estructura i Dinàmica de la Terra, i Geofísica i Georiscos.

El 2008, un grup d'investigadors de l'ICTJA juntament amb investigadors de l'Institut de Biologia Molecular i de l'Institut d'Investigacions Químiques i Ambientals de Barcelona, es van unir per crear l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA), la gestió del qual es va iniciar el 2005. En aquest context, s'inicien a l'ICTJA el 2009 els tràmits per a l'adquisició de l'equipament del LABGEOTOP, laboratori basat en un equip de LA-ICP-

Con respecto a esta última época, en 2001, la estructura del ICTJA consta de 3 departamentos (desde 1993): Geofísica y Tectónica, Geología Ambiental y Riesgos Naturales, que engloban 10 líneas de investigación:

- Hidrología Superficial (Erosión y procesos de desertificación)
- Riesgos Naturales (Volcánico, sísmico, deslizamientos)
- Clima y Paleoclima (Cambio Climático)
- Paleoambientes y Registro Sedimentario
- Geología Ambiental y Geoquímica (Contaminación de aire, suelos, aguas)
- Propiedades Vibracionales de los Sólidos y su relación con la estructura cristalina
- Estructura y Propiedades Físicas de la Litosfera
- Cinemática y Dinámica de las Placas Litosféricas
- Magnetismo y Paleomagnetismo
- Prospección Geofísica

En el año 2003, *Acta Geologica Hispanica*, la revista que nació paralelamente a la creación del IJA, se transforma en *Geologica Acta*, con la intención de incrementar su potencial y convertirse en una revista de impacto, situada en el Science Citation Index. Esto conlleva diversos cambios en la gestión editorial y, en los años sucesivos, una ampliación de las entidades que soportan económicamente la revista.

En 2003, el ICTJA es recalificado a Instituto A, la más alta, dentro de la clasificación por categorías del CSIC (anteriormente era Instituto B). A principios de 2004 se formalizó el funcionamiento de los seminarios conjuntos ICTJA-Facultad de Geología, que ya se desarrollaban separatamente en los dos organismos. Por

subsequent years, an extension of the organizations that financially support the journal.

In 2003, ICTJA is reclassified as Institute A, the highest score in the categorization of the CSIC (formerly Institute B). In early 2004 the functioning of joint seminars ICTJA - Faculty of Geology, already developed separately in the two organizations, is formalized. Moreover, in 2006 the reorganization of the Institute into four departments is approved: Sedimentary Geology, Environmental Geosciences and Crystallography, Structure and Dynamics of the Earth and Geophysics and Geohazards.

In 2008, a group of ICTJA researchers together with researchers from the Institute of Molecular Biology and the Institute of Chemical and Environmental Research of Barcelona joined to create the Institute of Environmental Assessment and Water Studies (IDAEA), the gestation of which had begun in 2005. In this context, to strengthen the analytical capacity of the ICTJA, procedures for the acquisition of equipment for labGEOTOP, laboratory-based high performance LA-ICP-MS, started in 2009.

#### **The most recent years (2009–2015)**

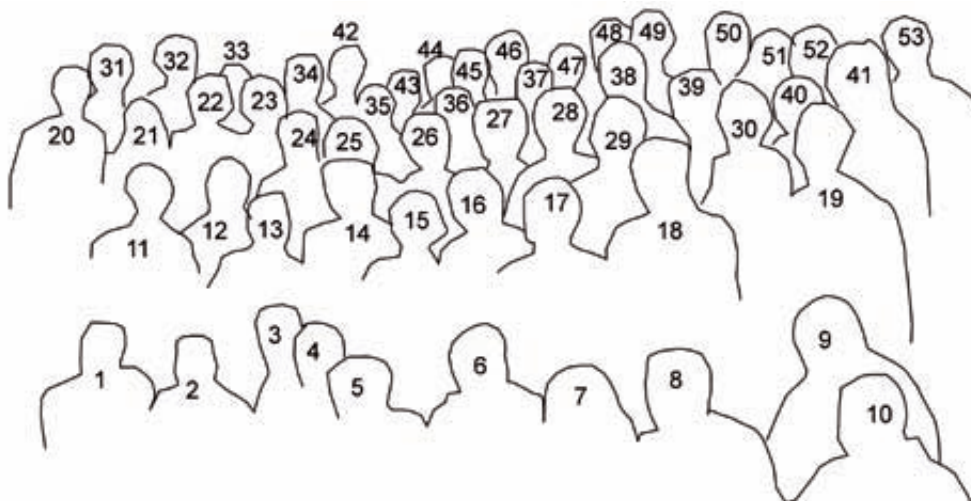
From 2009 (until today, 2015) ICTJA structure has consisted of two departments: Structure and Dynamics of the Earth and Crystallography, and Geology and Environmental Geohazards, consisting of four research groups that correspond to large research lines:

- Structure and Dynamics of the Earth
- Environmental Changes in the Geological Record
- Geophysical and Geochemical Modeling
- Crystallography and Optical Properties



Autor desconegut. Arxiu ICTJA / Autor desconocido. Archivo ICTJA / Author unknown. ICTJA Archive.

Personal ICTJA- Gener 2003 Personal ICTJA- Enero 2003 ICTJA personnel, January 2003.



- 1 Andrés Pérez Estaun. 2 Agustí Lobo. 3 Jérôme Latron.
- 4 Rafael Bartrolí. 5 Mariano García. 6 Santiago Giralt.
- 7 María José Jiménez. 8 Ignasi Queralt. 9 Josep Elvira.
- 10 Juan José Cepero. 11 Rosa Utrilla. 12 Ángel López.
- 13 Asunción Cercós. 14 Graciela Monzón. 15 Conxi Ayala.
- 16 Leo Fernández. 17 Mercè Cabañas.
- 18 Montserrat Soler. 19 María José (Pepi) López.
- 20 Oscar Ávila. 21 Silvia Rico. 22 Sandra Toro.
- 23 Fabiola Lacueva. 24 Oriol Font. 25 Joaquina Álvarez.
- 26 Mar Viana. 27 Miquel Àngel González. 28 Natalia Moreno.
- 29 Ana Gómez. 30 Silvia Martínez. 31 Jordi Díaz.
- 32 Esteban Sanz. 33 José Javier Pérez. 34 Rafael Poyatos.
- 35 Elisabeth Beamud. 36 Ramon Carbonell.
- 37 Jesús Parga. 38 Manel Fernández. 39 Chelo Palacios.
- 40 Manu Gómez. 41 Araceli Garrido. 42 Juan Carlos Martínez.
- 43 Pere Anadón. 44 Isaac Flecha. 45 Josep Gallart.
- 46 Dennis Brown. 47 Mario Ruiz. 48 Josep Soler.
- 49 Tobias Rötting. 50 José Antonio Luque. 51 María Rosa Ramis.
- 52 Patricia Acero. 53 Javier Fullea.

**MS de grans prestacions, per tal de potenciar la capacitat analítica de l'Institut.**

#### **Els anys més recents (2009-2015)**

A partir del 2009 (fins a l'actualitat, 2015) l'estructura de l'ICTJA consta de 2 departaments: Estructura i Dinàmica de la Terra i Cristal·lografia, i Geologia Ambiental i Georiscos, constituïts per 4 grups que corresponen a grans línies de recerca:

- Estructura i Dinàmica de la Terra
- Canvis Mediambientals en el Registre Geològic
- Modelització Geofísica i Geoquímica
- Cristal·lografia i Propietats Òptiques

Pel que fa a la col·laboració del personal de l'ICTJA amb el d'altres centres de recerca a Catalunya, el 1994 es comença a plantejar la creació d'un Laboratori de Simulació de Processos Geològics (posteriorment serà el SIMGEO) al soterrani de la Facultat de Geologia de la UB, amb l'aportació de fons del CSIC i de la UB. Aquest laboratori no començarà a ser operatiu fins a l'any 2001.

Així doncs els laboratoris i serveis de l'ICTJA queden estructurats al voltant de 6 laboratoris d'investigació:

- Laboratori d'U-Th (Urani-Tori), creat el 1989.
- Laboratori de Sísmica, creat a final dels anys 1980.
- Laboratori d'Espectroscòpia Raman i Fotoluminescència, creat el 1992.
- Laboratori de Fluorescència de Raigs X, creat el 1994.
- Laboratori SIMGEO, creat el 1995.

otra parte, en 2006 se aprueba la reorganización del Instituto en 4 departamentos: Geología Sedimentaria, Geociencias Ambientales y Cristalografía, Estructura y Dinámica de la Tierra, y Geofísica y Georriesgos.

En 2008, un grupo de investigadores del ICTJA junto con investigadores del Instituto de Biología Molecular y del Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales de Barcelona, se unieron para crear el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA), la gestación se inició en 2005. En este contexto, se inician en el ICTJA en 2009 los trámites para la adquisición del equipamiento del labGEOTOP, laboratorio basado en un equipo de LA-ICP-MS de grandes prestaciones, con el fin de potenciar la capacidad analítica del Instituto.

#### **Los años más recientes (2009-2015)**

Desde 2009 (hasta la actualidad, 2015) la estructura del ICTJA consta de 2 departamentos: Estructura y Dinámica de la Tierra y Cristalografía, y Geología Ambiental y Georriesgos, constituidos por cuatro grupos de investigación que corresponden a grandes líneas de investigación:

- Estructura y Dinámica de la Tierra
- Cambios Medioambientales en el Registro Geológico
- Modelización Geofísica y Geoquímica
- Cristalografía y Propiedades Ópticas

En cuanto a la colaboración del personal del ICTJA con otros centros de investigación en Cataluña, en 1995 se creó el Laboratorio de Simulación de Procesos Geológicos (posteriormente será el SIMGEO) en el sótano de la Facultad de Geología de la UB, con la aportación

Regarding the cooperation of ICTJA personnel with other research centers in Catalonia, in 1995 the Simulation Laboratory of Geological Processes (later to become SIMGEO) was formed in the basement of the Faculty of Geology, UB, with the contribution of funds from the CSIC and UB. This laboratory would not begin to be operational until 2001.

Consequently, the ICTJA labs and services are structured around six research laboratories:

- Laboratory of U-Th (Uranium -Thorium), created in 1989.
- Seismic Laboratory, created in the late 1980s.
- Laboratory of Raman Spectroscopy and Photoluminescence, created in 1992.
- Laboratory of X-Ray Fluorescence, created in 1994.
- SIMGEO Laboratory, created in 1995.
- Almera Scientific Boreholes 1 & 2 Laboratory, both boreholes were drilled in 2012.

In addition to the three services:

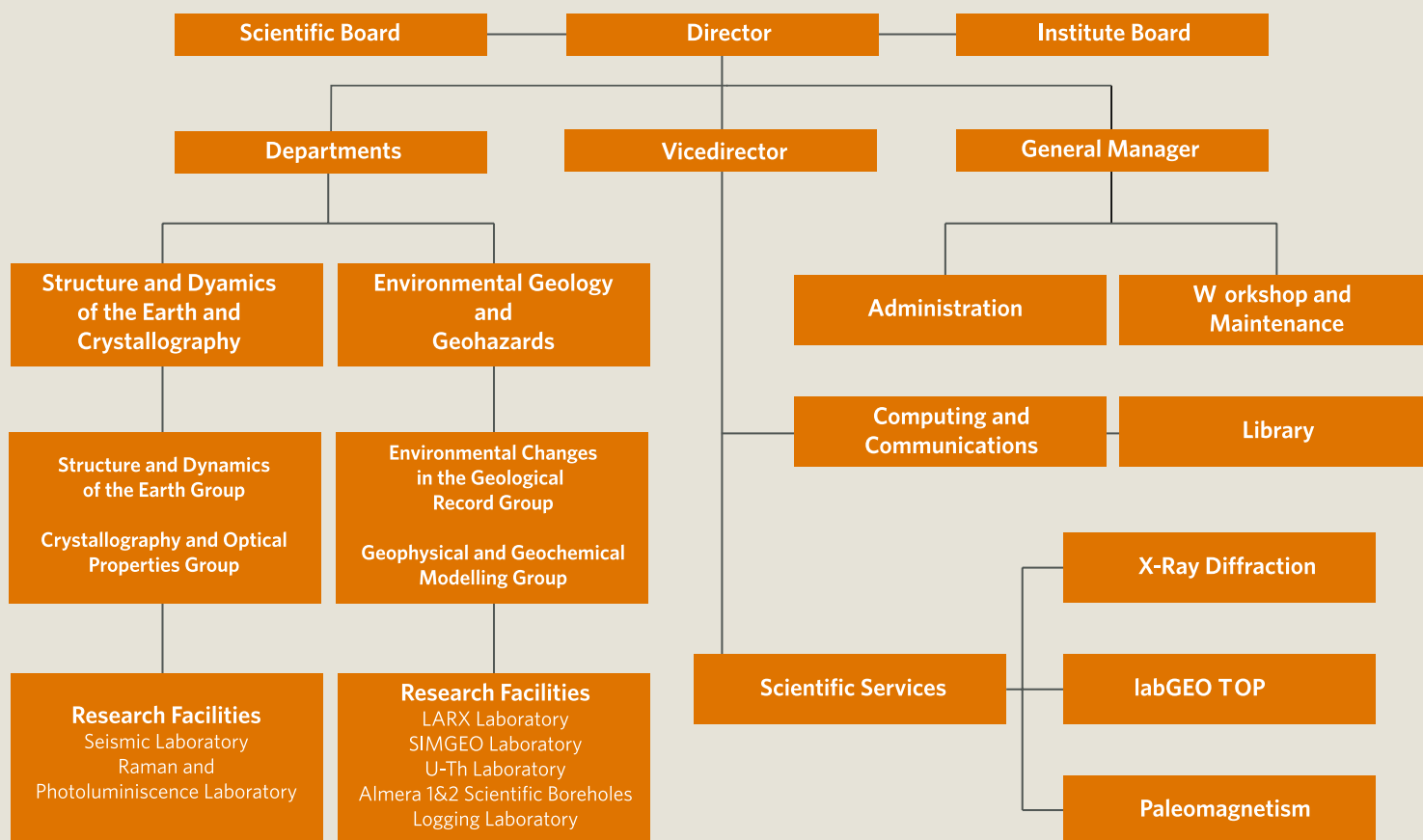
- X-Ray Diffraction Service, created in 1983.
- Paleomagnetism Service, created in 1989.
- LabGEOTOP Service, created in 2010.

Moreover, in the 90s the collaboration between groups from the CSIC and university research groups begins to be structured and formalized through so-called associated units (AU). Over the years successive ICTJA associated units have been numerous enough.

1998: AU Hydrology and Geochemistry associated with the Polytechnic University of Catalonia.

2001-2002: AU Remote Acquisition Technology Development Applied to Earth Sciences

**Organigrama de l'ICTJA 2015 / Organigrama del ICTJA 2015 / The organization of the ICTJA in 2015**





**SECCIONS, UNITATS DE RECERCA I DEPARTAMENTS DE L'INSTITUT JAUME ALMERA (1965-2015)**

SECCIONES, UNIDADES Y DEPARTAMENTOS DEL INSTITUTO JAUME ALMERA (1965-2015)

SECTIONS, RESEARCH UNITS AND DEPARTMENTS OF THE INSTITUTE JAUME ALMERA (1965-2015)

<b>Seccions, unitats de recerca o departaments</b> Secciones, unidades de investigación o departamentos Sections, research units or departments	<b>Caps /Jefes / Heads</b>	<b>Inici /Inicio</b> / Start	<b>Final /Final</b> / End
---	----------------------------	---------------------------------	------------------------------

**Institut Jaume Almera d'Investigacions Geològiques (1965) / Instituto Jaime Almera de Investigaciones Geológicas (1965)**

/ Institute Jaume Almera of Geological Research (1965)

**Seccions (1965) Les quatre seccions inicials / Secciones, (1965) / Sections (1965)**

Geomorfologia	L. Solé Sabarís	1965	1979
Paleontologia (i Paleobiologia)	M. Crusafont	1965	1979
Petrografia / Petrologia	A. San Miguel	1965	1979
Mineralogia i Cristal·lografia	M. Font Altaba	1965	1969

**Altres seccions fins a 1979 / Otras secciones hasta 1979 / Other sections until 1979**

Hidrogeologia	----	1968	1972
Estratigrafia i Geologia del Quaternari	J. F. Villalta	1969	1979
Mineralogia	J. Montoriol	1969	1979
Cristal·lografia	M. Font Altaba	1969	1979
Estratigrafia	O. Riba	1969	1979
Biostratigrafia (Museu del Seminari)	L. Via	1977	1979

**Unitats estructurals d'Investigació (1979) / Unidades estructurales de investigación (1979) / Structural research units (1979)**

Biostratigrafia	J. F. Villalta	1979	1981
Geologia Marina i Regional	A. Maldonado	1979	1981
Mineralogia	J.M. Bosch	1979	1981
Difracció RX i Estructures Cristal·lines	A. Traveria	1979	1981
Geologia Marina	A. Maldonado	1982	1986
Recursos i Materials	C. Miravittles (1985, 1986)	1982	1986
Recursos i Materials	C. Miravittles (1986)	1986	1987

**Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (1990) / Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (1990)**  
 Institute of Earth Sciences Jaume Almera (1990)

**Unitats estructurals d'Investigació / Unidades estructurales de investigación / Structural research units**

Geofísica	E. Banda (1987-1988), J. Gallart (1988-1992)	1987	1992
Geologia Ambiental	F. Gallart (1991-1992)	1987	1992

**Departaments (1994) / Departamentos (1994) / Departements (1994)**

Geofísica (i Tectònica)	J. Gallart (1993-1996), J.J. Dañoibeitia (1997-1999), M. Torné (2000), R. Carbonell (2000-2002), J. Vergés (2002-2004), M. García (2004-2005), L. Solé Sugrañes (2005)	1993	2005
Geologia Ambiental	F. Gallart (1993-1994), P. Anadón (1994-1998), X. Querol (1998-2000), R. Utrilla (2001), A. Alastuey (2001-2005)	1993	2005
Riscos	I. Queralt (1993-1995), J. Martí (1995-1996) (1998), F. Gallart (1988-1999), R. Julia (1999-2001), F. Gallart (2001-2005)	1993	2005
Geologia Sedimentària	R. Julià (2006), J.L. Fernández Turiel (2006-2009), R. Utrilla (2009-2010)	2006	2010
Geociències Ambientals i Cristal·lografia	A. Alastuey (2006-2007)	2006	2010
Estructura i Dinàmica de la Terra	J. Gallart (2006-2010)	2006	2010
Geofísica i Georiscos	M. García (2006), L. Solé Sugrañes	2006	2010
Estructura i Dinàmica de la Terra i Cristal·lografia	J. Gallart (2010-2015), A. Villaseñor (2015-present)	2010	present
Geologia Ambiental i Georiscos	S. Giral (2010- 2015), M. J. Jurado (2015-present)	2010	present

**En la actualitat l'Institut consta de 4 Grups de Recerca adscrits als departaments / En la actualidad el Instituto consta de 4 Grupos de Investigación adscritos a los departamentos**  
 / At present the Institute consists of 4 research groups affiliated to the departments

Estructura i Dinàmica de la Terra	J. Gallart
Cristal·lografia i Propietats Òptiques	L. Artús
Canvis Ambientals en el Registre geològic	J. L. Fernández Turiel
Modelització Geofísica i Geoquímica de Georiscos i Recursos del Subsòl	J. Martí

**Autor: Pere Anadón amb la col·laboració del personal del ICTJA / Autor: Pere Anadón con la colaboración del personal del ICTJA**  
 Author: Pere Anadón with the colobotroration of the ICTJA staff.

- Laboratori de Sondejos Científics Almera 1 i 2, tots dos sondejos perforats el 2012.

A més de tres serveis:

- Servei de Difracció de Raigs X, creat el 1983.
- Servei de Paleomagnetisme, creat el 1989.
- Servei LabGEOTOP, creat l'any 2010.

D'altra banda, als anys 1990 comença a estructurar-se i formalitzar-se la col·laboració entre els grups del CSIC i grups universitaris de recerca, mitjançant les anomenades unitats associades (UA). Al llarg dels anys successius les unitats associades a l'ICTJA han estat prou nombroses:

1998: UA d'Hidrologia i Geoquímica amb la Universitat Politècnica de Catalunya.

2001: UA de Desenvolupament Tecnològic de Sistemes d'Adquisició Remota Aplicat a les Ciències de la Terra (TecnoTerra) adscrita a l'Escola Universitària Politècnica de Vilanova i la Geltrú de la UPC, a través dels instituts ICTJA e ICM.

2002: UA de Tecnologia per a la Protecció Ambiental, amb la Universitat Jaume I de Castelló.

2002: UAs: d'Hidrologia Subterrània (amb la UPC), de TecnoTerra (UPC-Vilanova), de Contaminació Atmosfèrica I (CEAM València), de Contaminació Atmosfèrica II (CIEMAT) i de Paleontologia (Museu Crusafont, Sabadell i MNCN, Madrid).

2006: UA de LACAN (Laboratori de Càlcul Numèric de la Universitat Politècnica de Catalunya i el Grup de Dinàmica de la Litosfera).

2008: UA Grup de Contaminació per Metalls CONMET (Departament de Química Analítica. Universitat de Girona).

de fondos del CSIC y de la UB. Este laboratorio no empezará a ser operativo hasta el año 2001.

Así pues los laboratorios y servicios del ICTJA quedan estructurados alrededor de 6 Laboratorios de Investigación:

- Laboratorio de U-Th (Uranio-Torio), creado en 1989.
- Laboratorio de Sísmica, creado a finales de los años 1980.
- Laboratorio de Espectroscopia Raman y Fotoluminiscencia, creado en 1992
- Laboratorio de Fluorescencia de Rayos X, creado en 1994.
- Laboratorio SIMGEO, creado en 1995.
- Laboratorio de Sondeos Científicos Almera 1 y 2, ambos sondeos fueron perforados en 2012.

Además de tres servicios:

- Servicio de Difracción de Rayos X, creado en 1983.
- Servicio de Paleomagnetismo, creado en 1989.
- Servicio labGEOTOP, creado en el año 2010.

Por otra parte, en los años 90 comienza a estructurarse y formalizarse la colaboración entre los grupos del CSIC y grupos universitarios de investigación, mediante las llamadas unidades asociadas (UA). A lo largo de los años sucesivos las unidades asociadas en el ICTJA han sido bastante numerosas.

1998: UA de Hidrología y Geoquímica con la Universidad Politècnica de Catalunya.

2001: UA de Desarrollo Tecnológico de Sistemas de Adquisición Remota Aplicado a las Ciencias de la Tierra (TECNOTERRA) adscrita a la Escuela Universitaria Politècnica de Vilanova y la Geltrú de la UPC, a través de los institutos ICTJA e ICM.

(TECNOTERRA) assigned to the Technical College of Vilanova UPC, through the ICTJA and ICM.

2002: AU Technology for Environmental Protection, with the University Jaume I of Castelló.

2002: AU Hydrogeology (with UPC), AU of Air Pollution I (CEAM, Valencia), AU of Air pollution II (CIEMAT), AU Paleontology (Crusafont Museum, Sabadell and MNCN, Madrid).

2006: AU LACAN (Numerical Computing Laboratory of the Polytechnic University of Catalonia and the Dynamics of the Lithosphere Group).

2008: AU Metals Pollution Group CONMET (Department of Analytical Chemistry, University of Girona).

2009: AU Petrology and Geochemistry.

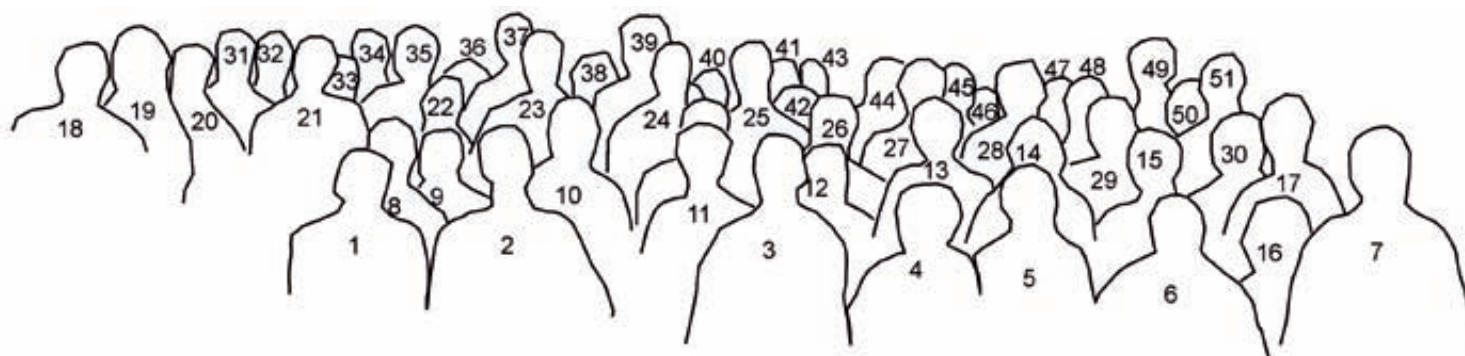
2012: AU Paleomagnetism.

Also noteworthy is the ICTJA participation in outreach activities in the field of Earth sciences, such as the participation of the staff of the institute in the early 90s in volume 2 (Geology II) of the Natural History of the Catalan Countries and participation in Science Week Barcelona since 1995. There has also been participation in assessments of geotopes and geozones for inventory and cataloging of areas of geological interest in Catalonia sponsored by the Conselleria for the Environment, Generalitat of Catalonia (2000), and research related to geological or environmental hazards through petition of various government agencies: the Aznalcóllar spill crisis (in 1998), the Prestige disaster (from 2002), waste flows into the river at Flix (from 2005) and volcanic risk of El Hierro (2011 to



**Personal ICTJA- Febrer 2015** Personal ICTJA- Febrero 2015 ICTJA personnel, February 2015.

**Autor** José Luis Fernández Turiel. **Arxiu** ICTJA. / **Autor** José Luis Fernández Turiel. **Archivo** ICTJA / **Autor** José Luis Fernández Turiel. **ICTJA Archive**.



**1** Josep Elvira. **2-** Jordi Ibáñez. **3** José Luis Fernández Turiel. **4** Esmeralda Rodríguez. **5** Graciela Monzón. **6** Maria José Jurado. **7** Paco Mosquera. **8** Elisabeth Beamud. **9** Conxi Aya-la. **10** Juan Cruz Larrasoña. **11** Rosa Utrilla. **12** Leo Fernández. **13** Chelo Palacios. **14** Ivonne Jiménez-Munt. **15** Agustí Lobo. **16** Sole Álvarez. **17** David Cruset. **18** Ramon Carbonell. **19** Vinyet Baqués. **20** Israel Cruz. **21** Yohan Poprawski. **22** David Martí. **23** Santi Giralt. **24** José Crespo. **25** Marc Español. **26** Antonio Villaseñor. **27** Jaume Vergés. **28** José Luis López Burguillo. **29** Pere Anadón. **30** Mar Moragas. **31** Massimiliano Melchiorre. **32** Dani García Castellanos. **33** Adelina Geyer. **34** Grant Buffett. **35** Mario Ruiz. **36** Eduard Saura. **37** Martin Schimmel. **38** Miquel Àngel González. **39** Jordi Díaz. **40** Oscar Àvila. **41** Alberto Carballo. **42** Montse Torné. **43** Jesus Foncubierta. **44** Alejandro Tatevosian. **45** Manel Fernández. **46** Lluís Artús. **47** Clara Gómez. **48** Lavinia Tunini. **49** Robert Oliva. **50** Helena Gallardo. **51** Ignacio Marzán.

**2009: UA de Geoquímica i Petrologia.**

**2012: UA de Paleomagnetisme.**

També cal destacar la participació de l'ICTJA en activitats de divulgació de les seves activitats en el camp de les Ciències de la Terra, com ara la participació de personal de l'Institut a començament dels anys 1990 en la redacció del volum 2 (Geologia II) de la Història Natural dels Països Catalans i la participació en les Setmanes de la Ciència de Barcelona, des de 1995. També destaquen la participació en avaluacions de geotops i geozones per a l'inventari i catalogació d'espais d'interès geològic de Catalunya, patrocinat per la Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya (2000), i les investigacions relacionades amb riscos geològics o mediambientals a petició de diversos organismes governamentals: crisi d'abocament d'Aznalcóllar (a partir de 1998), catàstrofe del Prestige (a partir de 2002), problemàtica dels abocaments a Flix (a partir de 2005) i crisi de risc volcànic d'El Hierro (2011-2012), entre d'altres. La trajectòria de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera ha estat reconeguda en l'Acte d'Homenatge a les entitats del districte a la Festa Major de Les Corts de 2015.

2002: UA de Tecnología para la Protección Ambiental, con la Universidad Jaume I de Castellón.

2002: UAs de Hidrología subterránea (con la UPC), de TecnoTerra (UPC-Vilanova), de Contaminación Atmosférica I (CEAM Valencia), de Contaminación atmosférica II (CIEMAT), de Paleontología (Museo Crusafont, Sabadell y MNCN, Madrid).

2006: UA de LACAN (Laboratorio de Cálculo Numérico de la Universidad Politécnica de Cataluña y el Grupo de Dinámica de la Litosfera).

2008: UA Grupo de Contaminación por Metales CONMET (Dep. Química Analítica Uno de Girona)

2009: UA de Geoquímica y Petrología.

2012: UA de Paleomagnetismo.

También cabe destacar la participación del ICTJA en la redacción del volumen 2 (Geología II) de la Història Natural dels Països Catalans y la participación en las Semanas de la Ciencia de Barcelona, desde 1995. También destacan la participación en evaluaciones de geotopos y geozonas para el inventario y catalogación de los espacios de interés geológico de Cataluña, patrocinado por la Conselleria de Medi Ambient- Generalitat de Catalunya (2000), y las investigaciones relacionadas con riesgos geológicos o medioambientales a petición de diversos organismos gubernamentales: crisis de vertido de Aznalcóllar (a partir de 1998), catàstrofe del Prestige (a partir de 2002), problemàtica de los vertidos en Flix (a partir de 2005) y crisis de riesgo volcánico de El Hierro (2011 hasta 2012), entre otros. La trayectoria del ICTJA ha sido reconocida en el Acto de Homenaje a las Entidades del distrito en la Fiesta Mayor de Les Corts de 2015.

2012), among others. The trajectory of the Institute of Earth Sciences Jaume Almera has been recognized in the tribute to the District Entities of Les Corts Festival 2015.

# LA GEOLOGIA MARINA (ICM)

## LA GEOLOGÍA MARINA (ICM)

### MARINE GEOLOGY (ICM)



Belén Alonso, Gemma Ercilla

■ La Geologia Marina a l'Institut Jaume Almera (IJA) s'inicia formalment amb la creació de la Unitat Estructural d'Investigació (UEI) de Geologia Marina i Regional el 1979, i en van ser els promotors Andrés Maldonado i Oriol Riba. Aquesta unitat d'investigació va tenir múltiples seus des de la seva creació. El 1979, es va situar en els locals del Departament d'Estratigrafia i Geologia Històrica de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (UB) però de seguida es va incorporar a l'edifici de la Delegació del CSIC de Barcelona, amb la resta del personal de l'IJA. El 1982 es va traslladar a l'actual edifici de l'IJA a la Zona Universitària de Pedralbes (UB).

La investigació en Geologia Marina a l'IJA arrenca de dos fets que van suposar l'inici de l'interès institucional per aquest camp de les ciències marines. El primer va ser el programa Estudi Oceanogràfic de la Plataforma Continental, finançat pel Projecte d'Investigació Cooperativa Hispano-Nord-americà del Comitè Conjunt Hispano-Nord-americà (1979). El segon està emmarcat en el Programa de Cartografia Geològica dels Marges Continentals Espanyols, finançat per l'Institut Geològic i Miner d'Espanya (1980). És en aquest context quan des de l'IJA es produeix el fort impuls de la Geologia Marina a Espanya, sota el lideratge d'A. Maldonado.

■ La Geología Marina en el Instituto Jaume Almera (IJA) se inicia formalmente con la creación de la Unidad Estructural de Investigación (UEI) de Geología Marina y Regional en 1979, siendo Andrés Maldonado y Oriol Riba promotores de la misma. Esta unidad de investigación tuvo múltiples sedes desde su creación. En 1979, se ubicó en los locales del Departamento de Estratigrafía y Geología Histórica de la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (UB) pero enseguida se incorporó al edificio de la Delegación del CSIC de Barcelona, con el resto del personal del IJA. En 1982, se trasladó al actual edificio del IJA en la zona universitaria de Pedralbes (UB).

La investigación de Geología Marina en el IJA arrenca de dos hechos que supusieron el inicio del interés institucional por este campo de las ciencias marinas. El primero fue el programa Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental financiado por el Proyecto de Investigación Cooperativa Hispano-Norteamericano del Comité Conjunto Hispano-Norteamericano (1979). El segundo está enmarcado en el Programa de Cartografía Geológica de los Márgenes Continentales Españoles financiado por el Instituto Geológico y Minero de España (1980). Es

■ Marine Geology at the Institut Jaume Almera (IJA) was formally established through the creation, in 1979, of the Unidad Estructural de Investigación de Geología Marina y Regional (UEI) (Marine and Regional Geology Structural Research Unit), promoted by Andrés Maldonado and Oriol Riba. Throughout its life, this research unit has had various different homes. In 1979, it started out in the premises of the Stratigraphy and Historical Geology Department in the Faculty of Geology at Barcelona University, but, almost right away, it was incorporated into the CSIC building in Barcelona, along with the rest of the staff from the IJA. In 1982, it moved to its current location in the IJA building in Pedralbes (Barcelona's university zone).

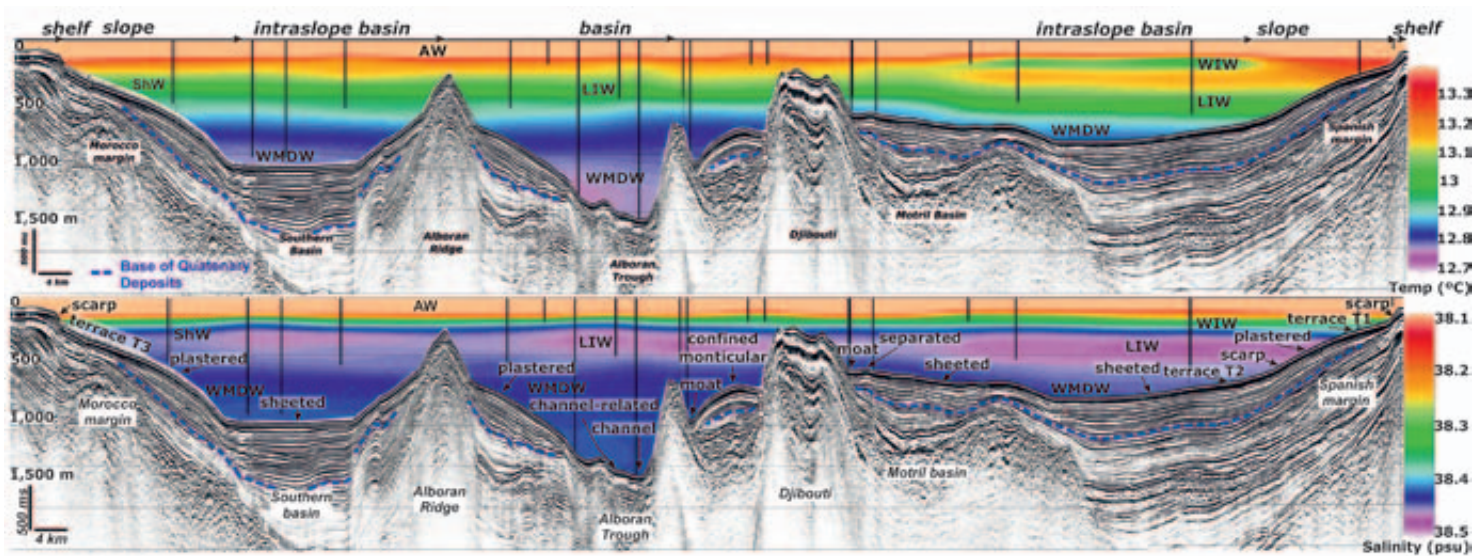
Marine Geology research at the IJA grew out of 2 projects that sparked the initial institutional interest in this field of marine sciences. The first was the "Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental", a study of the oceanography of the continental shelf, financed by the Cooperative Research Project of the "Comité Conjunto Hispano-Norteamericano" (U.S.-Spanish Joint Committee for Cultural and Educational Cooperation) (1979). The second was the "Programa de Cartografía Geológica De Los Márgenes

Aquest impuls va permetre la incorporació de joves llicenciats (B. Alonso, M. Arguedas, J. Baraza, M. Canals, A. Txeca, J. I. Díaz, G. Ercilla, C. Escutia, M. Farran, S. Giró, J. Guillén, A. Palanques i A. Vázquez) en el marc de contractes administratius específics i/o beques d'investigació obtingudes en l'àmbit d'Espanya i de

en este contexto cuando desde el IJA se produce el fuerte impulso de la Geología Marina en España, bajo el liderazgo de A. Maldonado.

Este impulso permitió la incorporación de jóvenes licenciados (B. Alonso, M. Arguedas; J. Baraza, M. Canals, A. Checa, J.I. Díaz, G. Ercilla, C. Escutia, M. Farrán, S. Giró, J. Guillén, A. Pa-

Continuales Españoles", financed by the Instituto Geológico y Minero de España (1980). It is against this background that the seed of marine geology sprouted in Spain, given impetus by A. Maldonado who, from the IJA, headed up the first studies in this discipline.



**La investigació sobre la modelització del fons marí i l'edificació dels marges continentals per acció dels corrents de fons oceànica. Perfils de sísmica i hidrogràfic (temperatura i salinitat) a través dels marges continentals d'Espanya i el Marroc i conques adjacents del mar d'Alborán. S'il·lustren els diferents tipus de morfologies i dipòsits de contornites així com de masses d'aigua. La temperatura s'expressa en graus centígrads (°C) i la salinitat en unitats PSU. Llegendat de les masses d'aigua: LIW, Aigua Intermedia Llevantina; WIW, Aigua Intermedia Occidental; WMDW, Aigua Profunda de la Mediterrània Occidental. Les línies negres verticals en la columna d'aigua indiquen la situació de les mesures de CTD (corrent-temperatura-densitat). (Autor: G. Ercilla, MODIFICADA d'Ercilla et al. 2015, en premsa).**

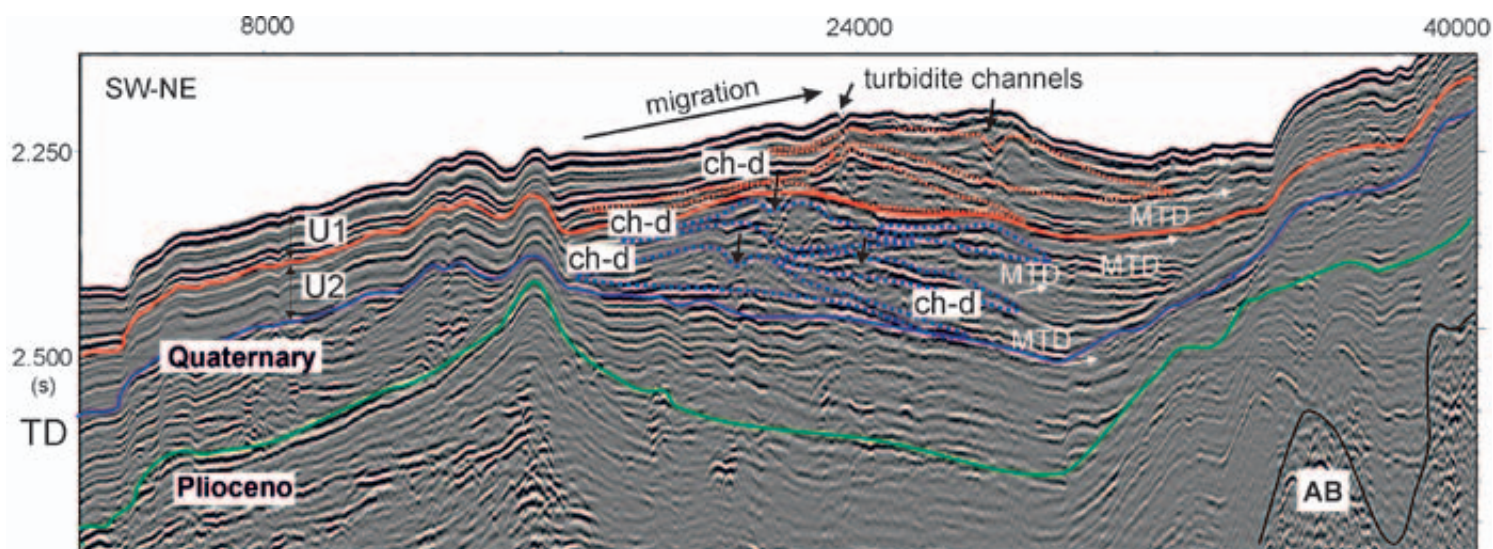
**La investigación sobre la modelización del fondo marino y edificación de los márgenes continentales por acción de las corrientes de fondo oceánica. Perfiles de sísmica e hidrográfico (temperatura y salinidad) a través de los márgenes continentales de España y Marruecos y cuencas adyacentes del mar de Alborán. Se ilustran los diferentes tipos de morfologías y depósitos de contornitas así como masas de agua. La temperatura se expresa en grados centígrados y la salinidad en unidades en psu. Leyenda de las masas de agua: LIW, Agua Intermedia Levantina; WIW, Agua Intermedia Occidental; WMDW, Agua Profunda del Mediterráneo Occidental. Las líneas negras verticales en la columna de agua indican la situación de las medidas de CTD (Corriente-Temperatura-Densidad) (Autor: G. Ercilla, modificada de Ercilla et al 2015, en prensa).**

*Research on recent and past modeling of the seabed and outbuilding of continental margins by action of bottom water masses. Seismic-hydrographic profiles (temperature and salinity) crossing the Spanish and Morocco margins and adjacent basins on the Alboran Sea. Types of contourites and water masses are indicated on seismic profiles. Color-coding: temperature (°C) and salinity (psu). Legend: LIW, Levantine Intermediate Water; WIW, Western Intermediate Water; WMDW, Western Mediterranean Deep Water. The black vertical lines within the water column show the water depth to which the CTD was lowered (Author: G. Ercilla, modified from Ercilla et al., 2015, in press).*

Catalunya, així com la seva formació a través de la realització de les seves tesines de llicenciatura i tesis doctorals sota la direcció d'A. Maldonado i I. Zamarreño, que van afavorir l'especialització en diferents aspectes de Geologia Marina. Així mateix, ajudants i tècnics (p. o. alfabètic: J. Esquius, J. Jorba, N. Mestre

lanques y A. Vázquez) en el marco de contratos administrativos específicos y/o becas de investigación obtenidas en el ámbito de España y de Cataluña, así como su formación a través de la realización de sus tesinas de licenciatura y tesis doctorales bajo la dirección de A. Maldonado e I. Zamarreño, que favorecieron la especialización

This impulse permitted the incorporation of several young scientists (B. Alonso, M. Arquedas, J. Baraza, M. Canals, A. Checa, J.I. Díaz, G. Ercilla, C. Escutia, M. Farrán, S. Giró, J. Guillén, A. Palanques, and A. Vázquez) within the framework of specific administrative contracts and/or research grants obtained from Spanish

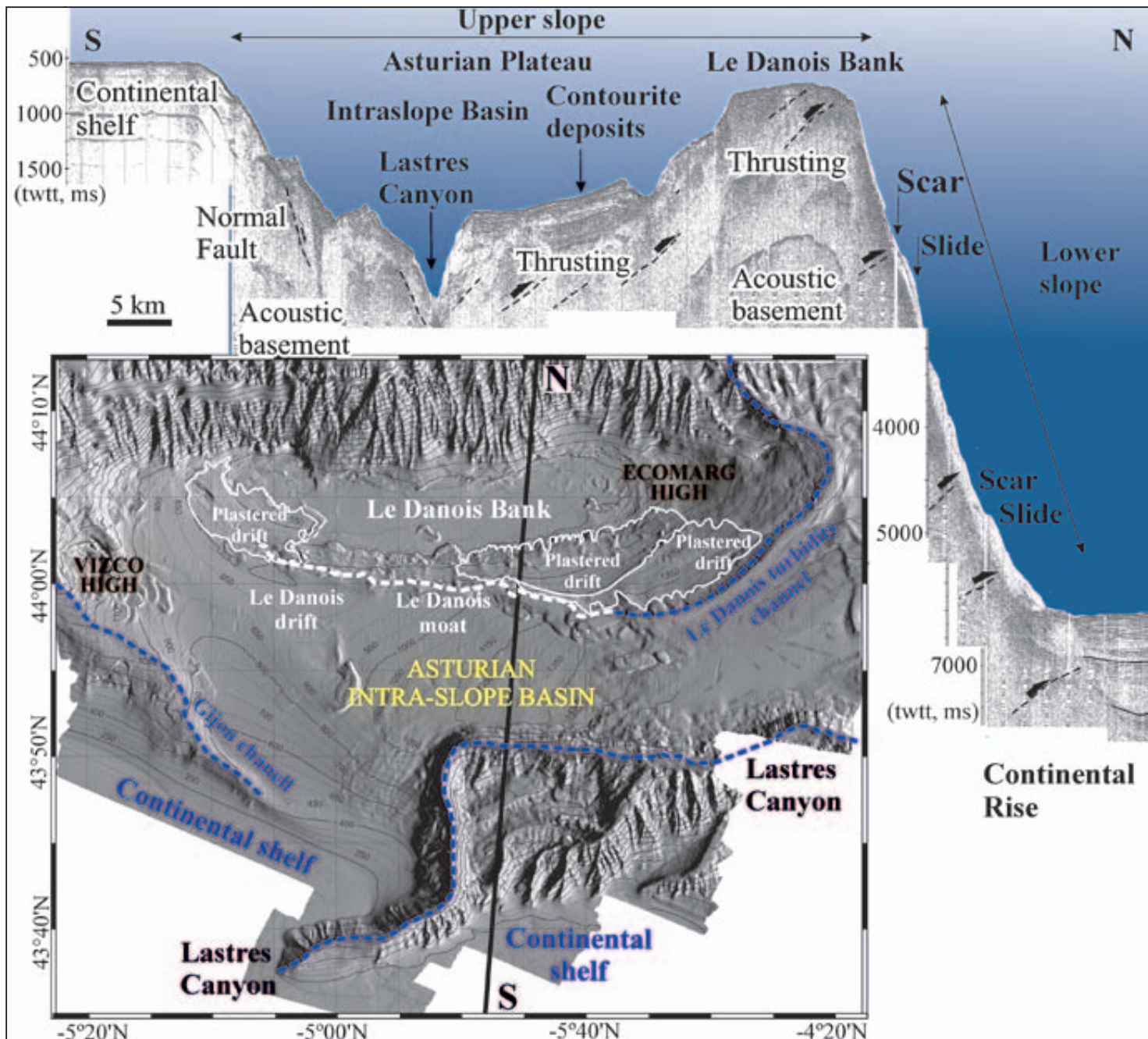


**La investigació sobre els sistemes sedimentaris dels marges continentals: dipòsits de turbidites (ch-d, dipòsits de canal i dic) i dipòsits de transport en massa. Perfil sísmic d'alta resolució que mostra les seqüències estratigràfiques del Pliocè i Quaternari del sistema turbidític d'Almeria i l'arquitectura sedimentària dels dipòsits de canal-dic (ch-d) i dipòsits de transport en massa (MTD). Llegendà: AB, basament acústic. (Autor: B. Alonso, d'Alonso et al., 2012.)**

**La investigación sobre los sistemas sedimentarios de los márgenes continentales: depósitos de turbiditas (ch-d, depósitos de canal y dique) y depósitos de transporte en masa. Perfil sísmico de alta resolución mostrando las secuencias estratigráficas del Plioceno y Cuaternario del sistema turbidítico de Almeria y la arquitectura sedimentaria de los depósitos de canal-dique (ch-d) y depósitos de transporte en masa (MTD). Leyenda: AB, basamento acústico. (Autor: B. Alonso, de Alonso et al., 2012.)**

**Research on sedimentary systems on continental margins: turbidites (ch-d) and mass-transport deposits (MTD). A high-resolution seismic profile displaying the Pliocene and Quaternary stratigraphic divisions of the Almeria turbidite system. In addition, the sedimentary architecture of the channel-levee deposits (ch-d) and mass-transport deposits (MTD) are shown. Legend: AB, acoustic basement. (Author: B. Alonso, from Alonso et al., 2012.)**





**La investigació sobre les muntanyes submarines.**  
 Perfil sísmic que mostra les característiques de l'arquitectura del Banc Le Danois (marge cantàbric) i mapa batimètric que n'il·lustra els principals trets geomorfològics. (Autor: J. Iglesias, de Vázquez et al., 2015).

**La investigación sobre los montes submarinos.**  
 Perfil sísmico mostrando las características arquitecturales del Banco de Le Danois (margen cantábrico) y mapa batimétrico ilustrando los principales rasgos geomorfológicos (Autor: J. Iglesias, de Vázquez et al., 2015).

**Research on seamounts.**  
 Seismic profile displaying the architectural features of the Le Danois Bank (Cantabrian margin). Geomorphological features are illustrated on the bathymetric map (Author: J. Iglesias, from Vázquez et al., 2015).

i E. Vergés) es van contractar per prestar els seus serveis en els laboratoris de sedimentologia i a bord dels vaixells oceanogràfics. Uns anys més tard (1986), J. J. Dañobeitia s'incorpora a la UEI de Geologia Marina en qualitat de col·laborador científic. Aquest equip científic i tècnic era anomenat col·loquialment pels altres components de l'IJA com "els marins".

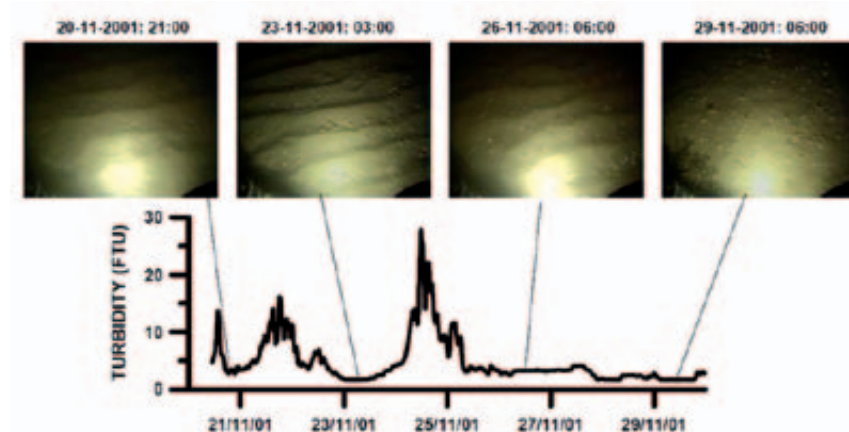
La Geologia Marina a l'IJA va abordar estudis en l'àmbit científic i en el sector empresarial. Es destaquen els primers estudis sistemàtics de cartografia geològica de les plataformes continentals espanyoles (Almeria i Tortosa-Tarragona). Es va aprofundir en diversos temes relacionats amb la definició geofísica d'unitats litosímiques, la caracterització de medis deposicionals, i l'establiment de models sedimentaris del marge continental i conques

en diferentes tópicos de Geología Marina. Asimismo, ayudantes y técnicos (p.o. alfabético: J. Esquiús, J. Jorba, N., Maestro, y E. Vergés,) fueron contratados para prestar sus servicios en los laboratorios de sedimentología y a bordo de los barcos oceanográficos. Unos años más tarde (1986), J.J. Dañobeitia se incorpora a la UEI de Geología Marina en calidad de colaborador científico. Este equipo científico y técnico era llamado coloquialmente por los otros componentes del IJA como "los marinos".

La Geología Marina en el IJA abordó estudios en el ámbito científico y en el sector empresarial. Se destacan los primeros estudios sistemáticos de cartografía geológica de las plataformas continentales españolas (Almería y Tortosa-Tarragona). Se profundizó en diversos temas relacionados con la definición geofísica

and Catalan funding bodies, as well as their continued training via undergraduate dissertations and doctoral theses under the direction of A. Maldonado and I. Zamarreño, who favoured specialization in different marine geology topics. Additionally, assistants and technicians (J. Esquiús, J. Jorba, N. Maestro, and E. Vergés) were hired to provide their services in the sedimentology laboratories and on board the oceanographic research vessels. Some years later, the Marine Geology Unit incorporated J.J. Dañobeitia as a scientific collaborator (1986). The other components of the IJA colloquially referred to this scientific and technical team as "los marinos", or the marines.

The Marine Geology Unit at the IJA took part in both scientific and business-related projects, including the first systematic geological mapping



**La investigació sobre la dinàmica sedimentària del fons marí i les formes de fons.**

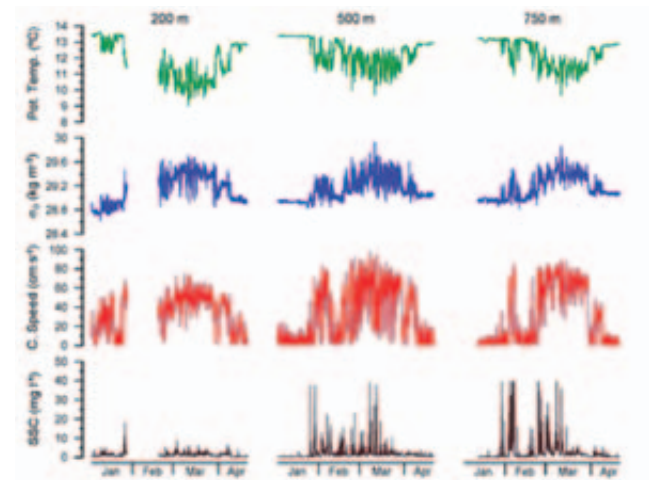
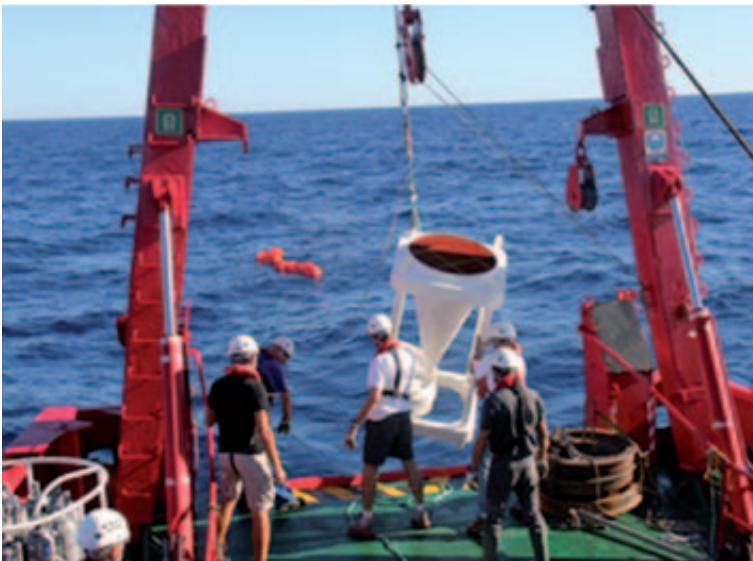
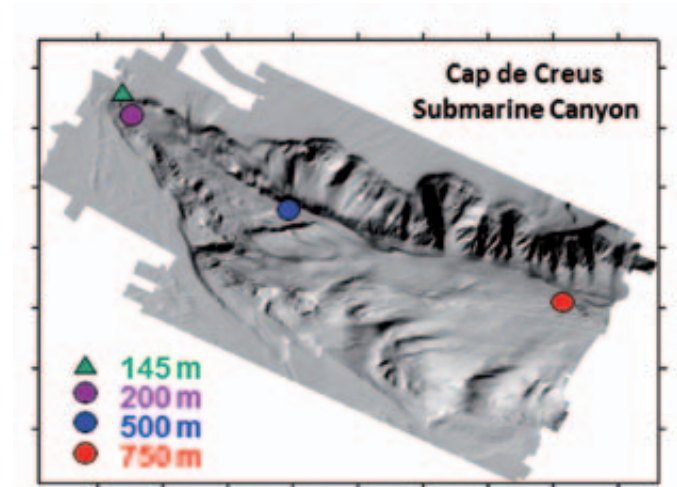
**Imatges fotogràfiques de l'evolució del fons marí del Delta de l'Ebre preses el novembre del 2001. Exemples de la formació d'ondulacions per corrents durant episodis de tempesta que correspon a valors alts de terbolesa de l'aigua, i de la seva destrucció per l'acció de la bioturbació durant condicions de bon temps. (Autor: J. Guillén, modificada de Guillén et al., 2008).**

**La investigación sobre la dinámica sedimentaria del fondo marino y formas de fondo.**

**Imágenes fotográficas de la evolución del fondo marino del Delta del Ebro tomadas en noviembre del 2001. Ejemplos de la formación de ripples por corrientes durante condiciones de tormenta que corresponde con valores altos de turbidez del agua y su destrucción por la acción de la bioturbación durante condiciones de buen tiempo (Autor: J. Guillén, modificada de Guillén et al., 2008).**

*Research on near-bottom sediment dynamics and bedforms.*

*Pictures showing seabed evolution in the Ebro Delta coast in November 2001. Examples of ripple formation by waves and currents during storm conditions (represented by high water turbidity values) and their destruction by bioturbation during fair-weather conditions. (Author: Jorge Guillén, modified from Guillén et al., 2008).*



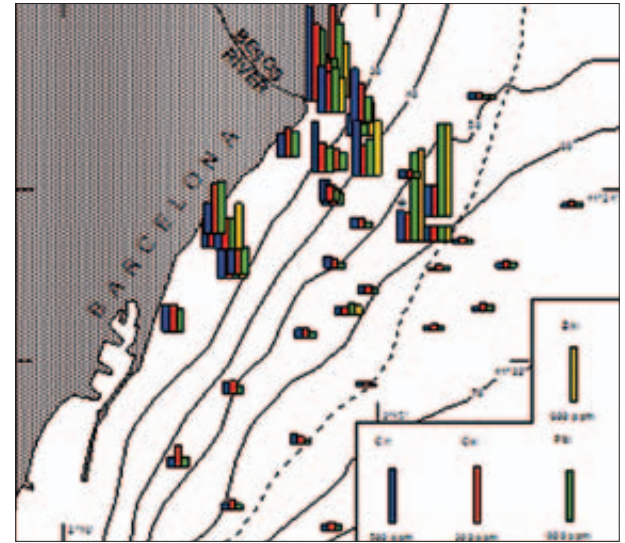
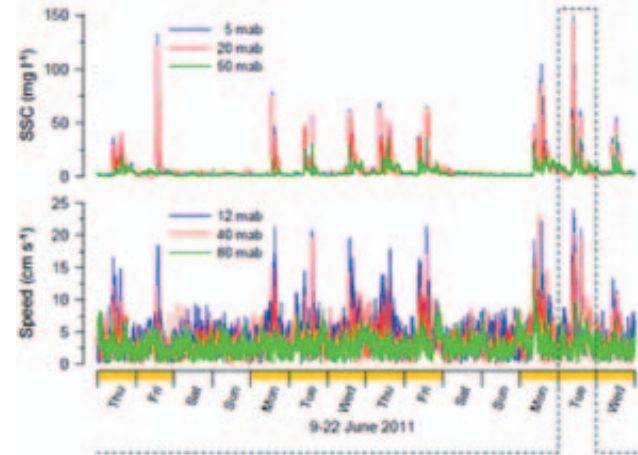
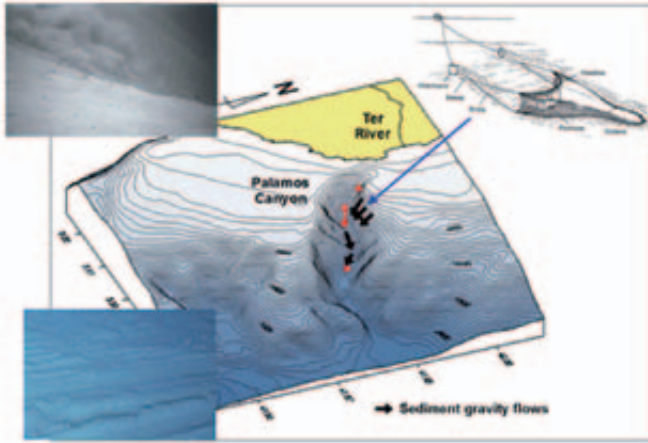
**La investigació sobre els fluxos i processos sedimentaris que controlen l'intercanvi entre la plataforma continental i el talús continental.**

**Observatoris oceanogràfics (trípode bèntic a la imatge superior esquerra i trampa de sediment en la imatge superior dreta) que aporten informació de la temperatura, densitat, velocitat i materials en suspensió de les masses d'aigua. (Autor: Albert Palanques).**

**La investigación sobre los flujos y procesos sedimentarios controlando el intercambio entre plataforma continental y el talud continental.**

**Observatorios oceanográficos (trípode béntico en la imagen superior izquierda y trampa de sedimento en la imagen superior derecha) que aportan información de la temperatura, densidad, velocidad y material en suspensión de las masas de agua (Autor: Albert Palanques).**

*Research on sediment fluxes and processes controlling shelf-slope exchange and sediment dynamics in continental margins. Oceanographic observatories (benthic tripod-left top image; sediment trap-right top image) for source-to-sink studies. These oceanographic instruments give information about water temperature, water density, water velocity and suspended material (Author: Albert Palanques).*



**La investigació sobre l'impacte de les activitats antropogèniques en els processos sedimentaris actuals i en el fons marí.**

La imatge superior mostra la desembocadura del riu Besòs i la distribució dels contaminants més importants de metalls pesants (Cr, Cu, Pb, Zn) en els sediments superficials del prodelta del Besòs. La imatge inferior representa el mapa batimètric del canyó de Palamós on es van instal·lar "amarraments" a diferents profunditats al llarg de l'eix del canyó, i sèries i temporals de la terbolesa de l'aigua (SSC, concentració de sediment en suspensió) i velocitat del corrent (cm s<sup>-1</sup>) registrats pels esmentats amarraments. (Autor: Albert Palanques).

**La investigación sobre el impacto de las actividades antropogénicas en los procesos sedimentarios actuales y en el fondo marino.**

La imagen superior muestra la desembocadura del Río Besòs y la distribución de los más importantes contaminantes de metales pesados (Cr, Cu, Pb, Zn) en los sedimentos superficiales del prodelta del Besòs. La imagen inferior representa el mapa batimétrico del Cañón de Palamós donde se instalaron "moorings" a diferentes profundidades a lo largo del eje de dicho cañón y series temporales de la turbidez del agua (SSC, concentración de sedimento en suspensión) and velocidad de la corriente (cm s<sup>-1</sup>) registrados por los mencionados "moorings". (Autor: Albert Palanques).

**Research on the impacts of anthropogenic activities (pollution-top images, trawling-bottom images) on present-day sedimentary processes and on the sea floor.**

The top pictures show the Besòs River mouth and the surface distribution of the most important heavy metal contaminants (Cr, Cu, Pb and Zn) in the bottom sediment of the Besòs prodelta. The bottom-left image displays a bathymetric map of the Palamós Canyon, where mooring sites were deployed at different depths along the canyon axis. The bottom-right image shows time series of water turbidity (SSC- suspended sediment concentration) and current velocity (in cm s<sup>-1</sup>) registered by those moorings. (Author: Albert Palanques).

profundas. Així mateix, es va incidir en l'anàlisi de riscos geològics i l'avaluació de recursos no renovables als marges de la Península Ibèrica. Un altre tema d'investigació va ser l'establiment de l'evolució morfodinàmica costanera i litoral, i també es van dur a terme treballs sobre contaminació marina. Entre els nombrosos estudis en l'àmbit del sector empresarial, destaca el dedicat al reconeixement del fons i subfons marí a l'Estret de Gibraltar, en el marc del projecte de construcció del túnel de l'Estret de Gibraltar (SECEGSA). Així mateix, es va prestar atenció especial a l'assessorament científicotècnic per a l'adaptació de vaixells oceanogràfics en escenaris de geologia marina (B/O Cornide de Saavedra i el García del Cid).

El 1986, la UEI de Geologia Marina de l'IJA s'integra a l'Institut d'Investigacions Pesqueres, posteriorment Institut de Ciències del Mar (ICM) com a resultat d'un procés de reorganització dels instituts del CSIC, i l'any 1987 té lloc el nomenament d'A. Maldonado com a director del mateix. Aquest trasllat de la UEI de Geologia Marina va comportar la incorporació a l'ICM durant el 1988 de la major part dels membres (B. Alonso, J. Baraza, J. I. Díaz, J. Esquius, G. Ercilla, el Sr. Farran, J. Guillén, N. Mestre i A. Palanques) que componien l'anterior UEI de Geologia Marina de l'IJA.

La trajectòria investigadora duta a terme per la UEI de Geologia Marina en el si de l'ICM es pot sintetitzar fonamentalment en dues etapes: de 1987 a 1991 i de 1991 a l'actualitat. Durant la primera etapa, es va continuar amb els treballs de cartografia sistemàtica d'altres plataformes continentals (Barcelona, Figueres i Golf de Cadis), es va ampliar el coneixement del fons i subfons marí dels marges de l'Ibèria i

de unidades litosísmicas, la caracterización de medios deposicionales, el establecimiento de modelos sedimentarios del margen continental y cuencas profundas. Asimismo, se prestó atención al análisis de riesgos geológicos y evaluación de recursos no renovables en los márgenes de la Península Ibérica. Otro tema de investigación fue el establecimiento de la evolución morfodinámica costera y litoral, así como trabajos de contaminación marina. Entre los numerosos estudios en el ámbito del sector empresarial, se destaca el dedicado al reconocimiento del fondo y subfondo marino en el Estrecho de Gibraltar, en el marco del proyecto de construcción del túnel del Estrecho de Gibraltar (SECEGSA). Asimismo, se prestó especial atención al asesoramiento científico-técnico para la adaptación de buques oceanográficos en escenarios de Geología Marina (B/O Cornide de Saavedra y el García del Cid).

En 1986, la UEI de Geología Marina del IJA se integra en el Instituto de Investigaciones Pesqueras (ICM), posteriormente Instituto de Ciencias del Mar (ICM), como resultado de un proceso de reorganización de los institutos del CSIC y en el año 1987 tiene lugar el nombramiento de A. Maldonado como director del ICM. Este traslado de la Geología Marina llevó aparejado la incorporación al ICM durante el 1988 de la mayor parte de los miembros (B. Alonso, J. Baraza, J.I. Díaz, J. Esquius, G. Ercilla, M. Farrán, J. Guillén, N. Maestro, y A. Palanques) que componían la UEI de Geología Marina creada en el IJA.

La trayectoria investigadora llevada a cabo por la UEI de Geología Marina en el seno del ICM, se puede sintetizar fundamentalmente en dos etapas: de 1987 a 1991 y de 1991 hasta la actualidad. Durante la primera etapa, se continuó

studies of the Spanish continental platforms (Almería, and Tortosa-Tarragona). The group delved into diverse subjects related to geophysically defining lithoseismic units, characterizing sedimentary environments and developing sedimentary models of the continental margins and basins. This unit also focused on the analysis of geological hazards and the evaluation of non-renewable resources on the margins of the Iberian Peninsula. Another part of their research involved establishing the morphodynamic evolution of the coastal region, as well as work on marine contamination. In the business field, one of the most important studies was dedicated to recognizing the seafloor and sub-bottom in the Strait of Gibraltar as part of the SECEGSA project aimed at constructing a tunnel across the strait. Also of note was the scientific and technical advice given on how to adapt oceanographic vessels for marine geology studies (B/O Cornide de Saavedra and García del Cid).

In 1986, because of reorganization at the CSIC, the IJA's marine geology unit became part of the Fisheries Research Institute, later called Institute of Marine Sciences (ICM), with A. Maldonado being appointed director of the institute in 1987. This move to the ICM led to most of the UEI's Marine Geology team joining the ICM, including B. Alonso, J. Baraza, J.I. Díaz, J. Esquius, G. Ercilla, M. Farrán, J. Guillén, N. Maestro, and A. Palanques.

The research trajectory of the UEI's Marine Geology within the ICM can effectively be broken down into two stages: 1987 to 1991 and 1991 to the present day. During the first stage, the group continued working on the systematic mapping of yet more continental shelves (Barcelona, Figueres, and the Gulf of Cadiz), increas-

es van estendre les zones d'estudi més enllà de l'àmbit espanyol. Així mateix, es van promoure i impulsar les ciències geològiques marines en totes les seves disciplines i actuacions de millora d'infraestructures científiques i tècniques. Pel que fa a infraestructures, cal citar l'important canvi qualitatiu en la investigació de Geologia Marina que va tenir lloc amb la construcció del vaixell d'investigació oceanogràfica Hespérides el 1991.

La segona etapa ve marcada pel trasllat d'A. Maldonado a l'Institut Andalús de Ciències de la Terra del CSIC de Granada (1991). Al començament d'aquesta segona etapa alguns d'aquells llicenciats de l'IJA, promocionats llavors a col·laboradors científics (B. Alonso, J. Baraza i A. Palanques), comencen a liderar els propis projectes de recerca en el marc del Pla Nacional d'R+D i de la UE. S'involucren en la formació de personal dirigint tesis doctorals i són responsables de l'adquisició de noves infraestructures per a laboratoris i vaixells. Assumeixen càrrecs de responsabilitat a l'ICM, com la direcció de la UEI de Geologia Marina (J. I. Díaz, B. Alonso i J. Guillén) o la direcció de l'ICM (A. Palanques). Actualment, J. I. Díaz és coordinador de la flota de vaixells oceanogràfics de l'Institut Espanyol d'Oceanografia. Així mateix, a l'ICM s'estan liderant dos grups de recerca: el Grup de Marges Continentals (GMC) i el Grup de Processos Litorals i Oceànics (GPLO).

El GMC (liderat per G. Ercilla) està orientat a la investigació geològica bàsica i aplicada dels marges continentals i ambients marins profunds. Les línies d'investigació comprenen des de l'elaboració de models d'edificació dels marges continentals i conques, al canvi climàtic global durant el Neogen-Quaternari,

con los trabajos de cartografía sistemática de otras plataformas continentales (Barcelona, Figueras y Golfo de Cádiz), se amplió el conocimiento del fondo y subfondo marino de los márgenes de Iberia y se extendieron las zonas de estudio más allá del ámbito español. Asimismo, se promovió e impulsó las ciencias geológicas marinas en todas sus disciplinas y actuaciones de mejora de infraestructuras científicas y técnicas. En cuanto a infraestructuras, cabe citar el importante cambio cualitativo en la investigación de Geología Marina que tuvo lugar con la construcción del buque de investigación oceanográfica Hespérides en 1991.

La segunda etapa viene marcada por el traslado de A. Maldonado al Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra del CSIC de Granada (1991). Al comienzo de esta segunda etapa algunos de aquellos licenciados del IJA, promocionados entonces a Colaboradores Científicos (B. Alonso, J. Baraza y A. Palanques), comienzan a liderar sus propios proyectos de investigación en el marco del Plan Nacional de I+D y de la UE. Se involucran en la formación de personal dirigiendo tesis doctorales y son responsables de la adquisición de nuevas infraestructuras para laboratorios y barcos. Asumen cargos de responsabilidad en el ICM, como la jefatura de la UEI de Geología Marina (J.I. Díaz J., B. Alonso y J. Guillén), o la dirección del ICM (A. Palanques). Actualmente, J.I. Díaz es Coordinador de la flota de buques oceanográficos del Instituto Español de Oceanografía. Asimismo, en el ICM se están liderando dos grupos de investigación: el Grupo de Márgenes Continentales (GMC) y el Grupo de Procesos Litorales y Oceánicos (GPLO).

El GMC (liderado por G. Ercilla) está orientado a la investigación geológica básica y aplicada de los már-

ing their knowledge of the seafloor and sub-bottom of the Iberian margins and extending the areas studied beyond the Spanish territory. The Marine Geology Unit also promoted and encouraged all the disciplines of marine geology as well as improving their scientific and technical infrastructure. Moreover, with regard to this infrastructure, it is important to mention an important qualitative change in the Marine Geology team's research that came about with the construction of the oceanographic research vessel Hespérides in 1991.

The transfer of A. Maldonado to the CSIC's Andalusian Earth Sciences Institute in Granada (1991) marks the second stage. At the beginning of this stage, some of the young scientists from the IJA, by now promoted to scientific collaborators (B. Alonso, J. Baraza, and A. Palanques), began to lead their own research projects as part of EU initiatives and Spain's National R&D Plan. This included training personnel, supervising doctoral theses, and being responsible for acquiring new infrastructure for the laboratories and boats. They took positions of responsibility in the ICM, such as heading up the UEI of Marine Geology (J.I. Díaz, B. Alonso, and J. Guillén), and the management of the ICM (A. Palanques). Today, J.I. Díaz is the coordinator of the institute's fleet of oceanographic vessels at the Spanish Institute of Oceanography. The marine geologists also took charge of the 2 research groups at the ICM: the Continental Margins Group (GMC) and the Coastal and Oceanic Processes Group (GPLO).

Today, GMC (led by G. Ercilla) focuses on basic and applied geological research on continental margins and deep marine environments. The group's research focuses range from developing models of continental margin and basin

així com la determinació dels riscos geològics i mediambientals, amb especial interès per les inestabilitats sedimentàries, estructures tectòniques, acció de corrents de fons, sismoturbidites, i impacte de l'extracció i abocament de sorres per a regeneració de platges en els processos sedimentaris naturals. El GMC també ha participat en la investigació de recursos minerals marins i en el desenvolupament tecnològic, i ha creat una important base de dades de sediments marins i de perfils de sísmica (<http://www.icm.csic.es/geo/gma/SurveyMaps>).

El GPLO (liderat per A. Palanques) està orientat al coneixement de la transferència continent-oceà a través de l'anàlisi dels processos sedimentaris i l'establiment de models de transferència de material particulat i contaminants associats al medi marí. S'aborda també la dinàmica litoral amb especial atenció a la morfologia i dinàmica de platges, processos d'erosió costanera, distribució i valoració de contaminants inorgànics i l'efecte de l'activitat antròpica en el medi marí costaner. Les investigacions d'ambdós grups es duen a terme en diversos mars i oceans del món, com el Mediterrani, Atlàntic, Pacífic, Antàrtic i Àrtic.

La Unitat de Geologia Marina a l'IJA va ser la precursora d'una nova trajectòria en el camp de l'Oceanografia i Geologia Marina a Espanya, i els seus membres inicials van treballar per donar-li la seva identitat pròpia, configurant un camp nou de recerca que ha anat augmentat en rellevància, gràcies al reconeixement de les seves investigacions.

genes continentales y ambientes marinos profundos. Las líneas de investigación comprenden desde la elaboración de modelos de edificación de los márgenes continentales y cuencas, al cambio climático global acontecidas durante el Neógeno-Cuaternario así como la determinación de los riesgos geológicos y medioambientales, prestando especial interés a las inestabilidades sedimentarias, estructuras tectónicas, acción de corrientes de fondo, sismoturbiditas, e impacto de la extracción y vertido de arenas para regeneración de playas en los procesos sedimentarios naturales. El GMC también ha participado en la investigando de recursos minerales marinos y en el desarrollo tecnológico, y ha creado una importante base datos de sedimentos marinos y de perfiles de sísmica (<http://www.icm.csic.es/geo/gma/SurveyMaps>).

El GPLO (liderado por A. Palanques) está orientado al conocimiento de la transferencia continente océano a través del análisis de los procesos sedimentarios y el establecimiento de modelos de transferencia de material particulado y contaminantes asociados al medio marino. Se aborda también la dinámica litoral con especial atención a la morfología y dinámica de playas, procesos de erosión costera, distribución y valoración de contaminantes inorgánicos y el efecto de actividad antrópica en el medio marino costero. Las investigaciones de ambos grupos se llevan a cabo en varios mares y océanos del mundo, como el Mediterráneo, Atlántico, Pacífico, Antártico y Ártico.

La Unidad de Geología Marina en el IJA fue el precursor de una nueva trayectoria en el campo de la Oceanografía y Geología Marina en España, y sus miembros precursores trabajaron para darle su identidad propia configurando un campo nuevo de investigación que ha ido aumentando en relevancia, gracias al reconocimiento de sus investigaciones.

building, to the global climatic change that occurred during Neogene-Quaternary times, as well as determining geological and environmental hazards, with a particular focus on sedimentary instabilities, tectonic structures, bottom current action, sismo-turbidites, and the impact that sand extraction and dumping, for beach regeneration, has on natural sedimentary processes. The GMC has also been looking into marine mineral resources, has participated in technological developments, and has created an important database of marine sediments and seismic profiles (<http://www.icm.csic.es/geo/gma/SurveyMaps>).

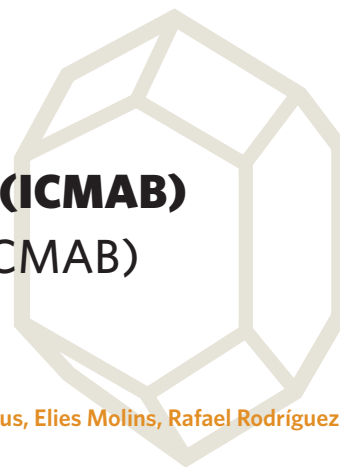
The GPLO (led by A. Palanques) is oriented towards knowledge of continent-ocean transport through an analysis of sedimentary processes and the establishment of transference models for particulate matter and pollutants associated with the marine realm. They also look at coastal dynamics with special focus on beach morphology and dynamics, coastal erosion processes, the distribution and assessment of inorganic pollutants and the effect of anthropogenic activity on the coastal marine environment. Both groups carry out their research across the globe, from the Mediterranean Sea, to the Atlantic, Pacific, Antarctic and Arctic Oceans.

The Marine Geology Unit at the IJA was the precursor of a new direction in the field of oceanography and marine geology in Spain, and its founding members worked to give it its own identity, shaping a new area of research that has continued to grow in relevance, thanks to the recognition of their work.

# LA CIÈNCIA DELS MATERIALS (ICMAB)

## LA CIENCIA DE MATERIALES (ICMAB)

### MATERIALS SCIENCE (ICMAB)



Carles Miravittles\*, Benjamín Martínez, Amparo Fuertes, Jordi Rius, Elies Molins, Rafael Rodríguez Clemente

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*

■ La llavor de l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB) del CSIC va sorgir al voltant de la recerca en Cristal·lografia que es desenvolupava a la Unitat Estructural d'Investigació (UEI) de Difracció de Raigs X i Estructures Cristal·lines de l'Institut Jaume Almera (IJA). Aquesta unitat va sorgir en una reorganització realitzada el 1978 i en van ser membres els Drs. Carles Miravittles, Felicià Plana i Adolf Traveria (cap de la unitat). L'IJA tenia llavors la seu a la Facultat de Geologia, aleshores a l'edifici de la plaça de la Universitat. Les diferents seccions de l'Institut es trobaven distribuïdes entre diferents departaments de la Facultat i els catedràtics n'eren els caps de les seccions. Així, fins al 1978 la Secció de Cristal·lografia formava part del Departament de Cristal·lografia i Mineralogia, que dirigia el Prof. Manuel Font-Altaba. Com a resultat de l'aplicació del reglament del CSIC de 1977, el personal de l'IJA es va instal·lar provisionalment a la Delegació del CSIC a Catalunya, al carrer de les Egipcíaques, mentre no estigués enllestit el nou edifici de l'Institut que estaria ubicat al Campus de Pedralbes.

Des de feia anys, els professors J. L. Amorós i M. Font Altaba ja preveïen que la importància de la Cristal·lografia rauria en l'estudi dels

■ La semilla del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB) del CSIC surgió a partir de la investigació en Cristal·lografia que se desenvolupava en la Unidad Estructural de Investigación (UEI) de Difracción de Rayos X y Estructuras Cristalinas del Instituto Jaume Almera (IJA). Esta unidad se creó en una reorganización realizada en 1978 y fueron miembros los Dres. Carles Miravittles, Feliciano Plana y Adolf Traveria, siendo su jefe este último investigador. El IJA tenía entonces su sede en la Facultad de Geología de la plaza Universidad, las diferentes secciones del Instituto se encontraban distribuidas entre varios departamentos de la Facultad y los catedráticos eran los jefes de sección. Así, hasta 1978 la Sección de Cristalografía formaba parte del Departamento de Cristalografía y Mineralogía, que dirigía el Prof. Manuel Font-Altaba. Ese año, como resultado de la aplicación del reglamento del CSIC de 1977, el personal del IJA, se instaló provisionalmente en la Delegación del CSIC en Cataluña, en la calle Egipcíaques, mientras no estuviera listo el nuevo edificio del Instituto que estaría ubicado en el Campus de Pedralbes.

Desde hacía años, los profesores J. L. Amorós y M. Font Altaba ya preveían que la importancia

■ The starting point of the Materials Science Institute of Barcelona (ICMAB) of CSIC should be sought in the research on Crystallography carried out by the X-ray Diffraction and Crystal Structure Unit (UEI) of the Jaume Almera Institute (IJA). This Unit was created during the important reorganization that took place in 1978 and involved 3 researchers: Carles Miravittles, Felicià Plana and Adolf Traveria (leader). Initially, IJA was located at the Faculty of Geology and was divided in sections, which were spread in the various departments of the Faculty. The directors of the sections were the corresponding Professors. The Crystallography section, for instance, was included until 1978 in the Department of Crystallography and Mineralogy headed by Prof. M. Font-Altaba. In that year, the application of new CSIC regulations of 1977 forced IJA to separate from the University. IJA's staff leaving the university moved temporarily to the facilities of the CSIC Delegation in Barcelona (Egipcíaques street) and remained there until the new IJA facilities being built in the Pedralbes Campus were finished.

Before long, both Professor J. L. Amorós and M. Font-Altaba pointed out the increasing importance of Crystallography in the study of new ma-



nous materials, en les aplicacions al camp de la Biologia Estructural, i també en la relació entre l'estructura cristal·lina i les propietats (físiques, químiques o biològiques) dels sòlids. Com que el nostre grup formava part d'un institut de geologia, era evident que l'estudi de l'estructura cristal·lina tant dels compostos inorgànics (minerals inclosos) com dels organometàl·lics o, fins i tot, dels productes naturals, era una de les prioritats en la recerca cristal·logràfica.

Posteriorment, el 1986, el CSIC i la recent creada Comissió Interdepartamental de Ciència i Tecnologia, van dur a terme un pla mobilitzador de Ciència i Tecnologia de Materials que, entre altres propostes, preveia la creació de quatre instituts de Ciència de Materials (els de Madrid i Barcelona, com a centres propis; els de Sevilla i Saragossa, mixtos amb les respectives facultats de Ciències). Arran d'aquesta proposta es va crear una comissió per estudiar la viabilitat i l'estructura del nou Institut de Barcelona. La comissió estava constituïda per un grup d'investigadors entre els quals hi havia A. Travería i C. Miravittles (secretari). El CSIC va aprovar el document, es va crear el nou Institut el 1986 i se'n va nomenar director en funcions C. Miravittles, fins que no s'acabés el nou edifici situat al Campus de la Universitat Autònoma (UAB). La seu provisional de l'Institut de Materials seria el mateix IJA. Aquesta situació va durar fins a l'any 1991, en què es va inaugurar la nova seu i s'hi va traslladar tot el personal científic i tècnic adscrit. Inicialment l'ICMAB es va fonamentar sobre tres grups de recerca del CSIC (els de Cristal·lografia i de Creixement Cristal·lí de l'IJA, que són els que van aportar més personal científic de plantilla, i un de Química Orgànica provinent del CID),

de la Cristallografia radicaria en el estudio de los nuevos materiales, en las aplicaciones en el campo de la Biología Estructural, y también en la relación entre la estructura cristalina y las propiedades (físicas, químicas o biológicas) de los sólidos. Como nuestro grupo formaba parte de un instituto de geología, era evidente que el estudio de la estructura cristalina tanto los compuestos inorgánicos (minerales incluidos) como los organometálicos o incluso los productos naturales, era una de las prioridades en la investigación cristallográfica.

Posteriormente, en 1986, el CSIC y la recién creada Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología, llevaron a cabo un Plan Movilizador de Ciencia y Tecnología de Materiales que entre otras propuestas preveía la creación de cuatro institutos de Ciencia de Materiales (los de Madrid y de Barcelona, como centros propios, los de Sevilla y Zaragoza, mixtos con las respectivas facultades de Ciencias). A raíz de esta propuesta se creó una comisión que estudiase la viabilidad y la estructura del nuevo Instituto de Barcelona. La comisión estaba constituída por un grupo de investigadores entre los que estaban A. Travería y C. Miravittles (secretario). El documento fue aprobado por el CSIC que creó el nuevo Instituto en 1986 y se nombró Director en funciones C. Miravittles, hasta que no fuera terminado el nuevo edificio situado en el Campus de la Universidad Autónoma (UAB). La sede provisional del Instituto de Materiales sería el mismo Instituto Jaume Almera. Esta situación duró hasta el año 1991, en que se inauguró la nueva sede y se trasladó todo el personal científico y técnico adscrito. Inicialmente el ICMAB se fundamentó sobre tres grupos de Investigación del CSIC (los de

materials, in the field of Structural Biology and also in the relationship between crystal structure and the properties (physical, chemical or biological) of solids. Since our group belonged to a Geology institute, it was clear that the determination of crystal structures of inorganic compounds (including minerals) and of natural products and organometallics should become a priority of our crystallographic research.

Later on, in 1986, the CSIC and the newly created 'Comisión Interdepartamental de Ciencia y Tecnología' promulgated the 'Plan Mobilizador de Ciencia y Tecnología de Materiales'. Among the many proposals contained in this plan, one foresaw the creation of 4 Materials Science institutes. Those in Madrid and Barcelona should be independent buildings (own centers) while those in Seville and Saragossa should be mixed with the respective Faculties of Sciences (mixed centers). Following this proposal, a commission was created that should analyze both the viability and the structure of Barcelona's new institute. A group of researchers including A. Travería and C. Miravittles (secretary) formed the commission.

After approval of the document by the CSIC in 1986, the new institute (ICMAB) was created and C. Miravittles was appointed its provisional director until the building located at the Campus of the Autonomous University of Barcelona (UAB) was finished. During this period, the provisional headquarters of the Materials Science Institute were at the IJA's facilities. This situation lasted until 1991. That year the new headquarters of the Institute being inaugurated; the assigned scientific, technical and support staff moved there. At the beginning, ICMAB relied

dos grups més de la UAB (un de Química Inorgànica i un altre de Propietats Òptiques de Sòlids) i un investigador de la Universitat Politècnica de Barcelona. Posteriorment, s'han anat creant noves places, que han conduït amb el temps als actuals grups de recerca. Hom pot dir, doncs, que l'ICMAB es crea sobretot a proposta d'un grup d'investigadors de l'IJA.

La recerca que el Grup de Materials va desenvolupar a l'IJA i després ha desenvolupat a l'ICMAB consta de diverses línies de recerca i es resumeix a continuació:

1) **Materials Magnètics Nanoestructurats i Òxids Complexos.** Aquesta línia va sorgir a partir de la gran revolució que, en el camp de la Ciència de Materials, va suposar el descobriment de la superconductivitat d'alta temperatura, primer, i dels òxids amb elevada magnetoresistència, posteriorment. En l'actualitat B. Martínez lidera un grup d'investigació que va començar a treballar en espintrònica i òxids complexos multifuncionals i va continuar amb materials magnètics nanoestructurats en el Departament de Materials Magnètics i Òxids Funcionals, focalitzats en l'estudi de la microestructura i les propietats físiques de nanopartícules magnètiques, i capes fines i heteroestructures d'òxids amb aplicacions en biomedicina, l'espintrònica o la catàlisi.

2) **Síntesi, Estructura i Propietats de Nous Sòlids Inorgànics.** Amparo Fuertes va iniciar aquests treballs a l'IJA sobre materials moleculars amb magnetisme de baixa dimensionalitat, i després a l'ICMAB amb la creació del Laboratori de Química de l'Estat Sòlid. Recentment les seves línies d'investigació s'han centrat en l'estudi nous nitrurs i oxinitrurs com

Cristallografía y Crecimiento Cristalino del IJA, que son los que aportaron más personal científico de plantilla, y uno de Química Orgánica proveniente del CID), dos grupos más de la UAB (uno de Química Inorgánica y otro de Propiedades Ópticas de Sólidos) y un investigador de la Universidad Politécnica de Barcelona. Posteriormente se han ido creando nuevas plazas, que han conducido con el tiempo a los actuales grupos de investigación. Se puede decir, pues, que el ICMAB, se crea sobre todo a propuesta de un grupo de Investigadores del IJA.

La investigación que el Grupo de Materiales desarrolló en el IJA y después ha desarrollado en el ICMAB consta de varias líneas de investigación y se puede resumir:

1) **Materiales Magnéticos Nanoestructurados y Óxidos Complejos.** Esta línea surgió a partir de la gran revolución que, en el campo de la Ciencia de Materiales, supuso el descubrimiento de la superconductividad de alta temperatura primero, y de los óxidos con elevada magnetoresistencia. En la actualidad B. Martínez lidera un grupo de investigación que comenzó a trabajar en espintrónica y óxidos complejos multifuncionales y continuó con materiales magnéticos nanoestructurados en el Departamento de Materiales Magnéticos y Óxidos Funcionales, focalizados en el estudio de microestructura y propiedades físicas de nanopartículas magnéticas y capas finas y heteroestructuras de óxidos con aplicaciones en biomedicina, la espintrónica o la catálisis.

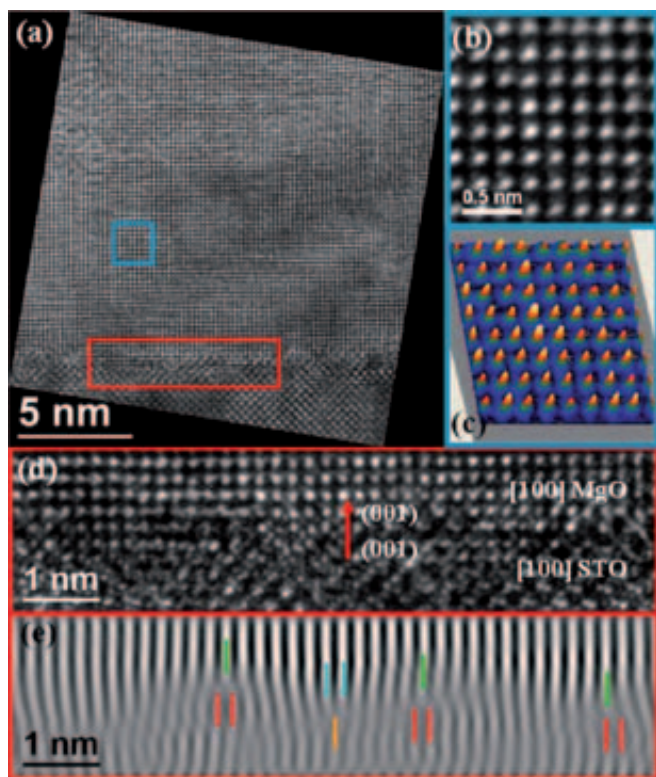
2) **Síntesis, Estructura y Propiedades de Nuevos Sólidos Inorgánicos.** Amparo Fuertes inició estos trabajos en el IJA, sobre materiales moleculares con magnetismo de baja dimensionalidad

on 3 research groups of CSIC (the Crystallography and the Crystal Growth groups of IJA which contributed with the largest number of scientific staff members, and an Organic Chemistry group of CID), 2 more groups of the UAB (one on Inorganic Chemistry and a second one on Optical Properties of Solids) and a single researcher of the Polytechnic University of Barcelona. During the years new scientific positions have been created, which has led to the present research groups. Consequently, it may be concluded that ICMAB largely owes its creation to the initiative of an IJA research group.

The research carried out by the Materials group first at IJA and later at ICMAB can be divided in the following topics:

1) **Nanostructured Magnetic Materials and Complex Oxides.** The revolution promoted in the Materials Research field by the advent of the high T<sub>c</sub> superconducting materials first and the colossal magnetoresistance oxides boosted this research topic later on. Currently B. Martínez leads a research group in the Department of Magnetic Materials and Functional Oxides. The main research focuses of the group are the preparation and study of microstructure and physical properties of thin films and heterostructures of complex oxides and magnetic nanoparticles with potential technological applications in fields as diverse as biomedicine, spintronics or catalysis.

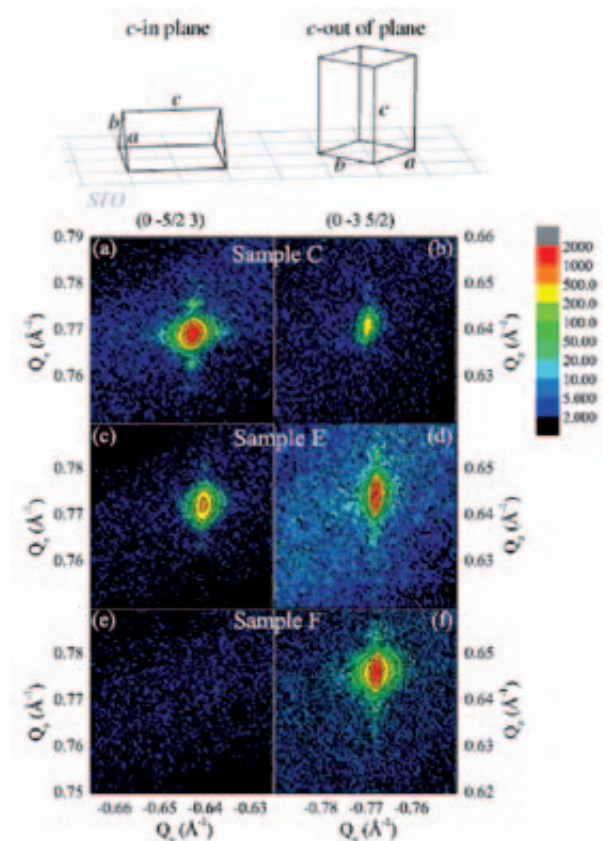
2) **Synthesis, Structure and Properties of New Inorganic Solids.** Amparo Fuertes started this research focus at IJA in 1984 centering first on molecular materials with magnetic properties of low dimensionality and continuing at ICMAB with the creation of the Solid State Chemistry



**A)** Imatge de raigs X d'alta resolució corresponent a una capa de MgO crescuda en un substrat de SrTiO<sub>3</sub> (STO) amb orientació (001). **B)** Detall de la capa de MgO corresponent a l'àrea encerclada en color blau a A. **C)** Mapa en 3D de les intensitats corresponent a l'àrea mostrada a B. **D)** Detall de l'àrea interfacial MgO/STO a A. **E)** Anàlisi de les dislocacions generades pel desajust estructural a la mateixa interfície. (Autor: B. Martínez.)

**A)** Imagen de rayos X de alta resolución correspondiente a una capa de MgO crescida en un sustrato de SrTiO<sub>3</sub> (STO) con orientación (001). **B)** Detalle de la capa de MgO correspondiente al área cercada en color azul en A. **C)** Mapa en 3D de las intensidades correspondiente al área mostrada en B. **D)** Detalle del área interfacial MgO / STO en A. **E)** Análisis de las dislocaciones generadas por el desajuste estructural en la misma interfaz. (Autor: B. Martínez)

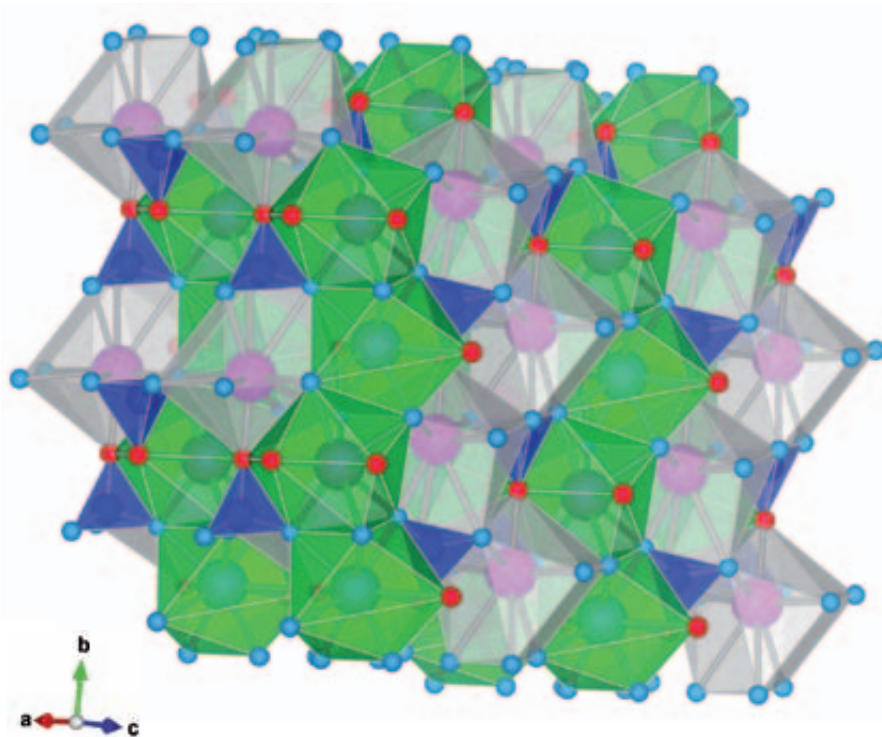
**A)** High-resolution electron micrograph of a MgO layer grown on a (001) oriented SrTiO<sub>3</sub> (STO) substrate. **B)** Detail of the MgO layer corresponding to the blue squared area in A. **C)** 3D mapping of the intensity for the area shown in B. **D)** Detail of the MgO/STO interface (red) area in A. **E)** Mismatch dislocation analysis of the same interface. (Author: B. Martínez).



**Estudi de la relació entre la temperatura de Curie ( $T_C$ ) i la tensió estructural a les capes primes de La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub>. Mapes de l'espai recíproc obtinguts mitjançant difracció de radiació sincrotró de raigs X en mostres amb  $T_C$  mínimes i màximes. A la dreta la reflexió (0 -3 5/2) que apareix únicament en La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> amb c fora del pla. A l'esquerra la reflexió (0 -5/2 3) que apareix únicament en mostres de La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> amb l'eix c dins del pla. El croquis a la part de dalt de la figura mostra les dues possibles orientacions de la capa en els substrats de STO. (Autor: B. Martínez.)**

**Estudio de la relación entre la temperatura de Curie ( $T_C$ ) y la tensión estructural en las capas delgadas de La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub>. Mapas del espacio recíproco obtenidos mediante difracción de radiación sincrotrón de rayos X en muestras con  $T_C$  mínimas y máximas. A la derecha la reflexión (0 -3 5/2) que aparece únicamente en La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> con c fuera del plano. A la izquierda la reflexión (0 -5/2 3) que aparece únicamente en muestras de La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> con el eje c dentro del plano. El croquis en la parte de alta de la figura muestra las dos posibles orientaciones de la capa en los sustratos de STO. (Autor: B. Martínez).**

**Study of the relationship between the Curie temperature ( $T_C$ ) and strain in La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> thin films. Reciprocal space maps measured by synchrotron X-ray diffraction for samples with the lowest and higher  $T_C$ ; (right column) (0 -3 5/2) reflection, only present for La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> with c-out of plane, (left column) (0 -5/2 3) reflection, only present for La<sub>2</sub>CoMnO<sub>6-δ</sub> with c-in plane. The sketch at the top of the figure illustrates the 2 possible orientations of the film on top of STO substrates. (Author: B. Martínez)**



a materials amb magneto-resistència colossal, fosfurs per díodes d'emissió de llum, superconductors i fotocatalitzadors actius al visible.

3) Resolució d'estructures cristal·lines. Jordi Rius, durant l'etapa de l'IJA va ajudar a la implementació de la tècnica de resolució d'estructures cristal·lines pel mètode de monocristall i al disseny de nous mètodes per a la quantificació de fases minerals per difracció de pols que es van aplicar a la quantificació en sediments. En el darrer període la tasca científica es va anar desplaçant cap al desenvolupament de nous mètodes de resolució d'estructures, per exemple, el programari ROTSEARCH. A l'ICMAB l'interès es va centrar en els mètodes de resolució d'estructures cristal·lines per difracció de pols, primer adaptant el programari a compostos moleculars, i creant altres mètodes per resoldre compostos cristal·lins altrament irresolubles.

dad, y después en el ICMAB con la creación de un Laboratorio de Química del Estado Sólido en 1988. Recientemente sus líneas de investigación se han centrado en la síntesis y caracterización de nuevos nitruros y oxinitruros como materiales con diversas aplicaciones que incluyen superconductividad, magnetorresistencia colossal, luminiscencia y catálisis.

3) Resolución de Estructuras Cristalinas. Jordi Rius, durante la etapa del IJA ayudó a la implementación de la técnica de resolución de estructuras cristalinas por el método de monocristal y al diseño de nuevos métodos para la cuantificación de fases minerales por difracción de polvo que se aplicaron a la cuantificación en sedimentos. En el último periodo la labor científica se fue desplazando hacia el desarrollo de nuevos métodos de resolución de estructuras por ejemplo el software ROTSEARCH. En el ICMAB el interés se centró

**Model estructural d'oxinitrid silicat  $\text{LaMSiO}_3\text{N}$  ( $\text{M}=\text{Sr}, \text{Ba}$ ). Amb l'activació amb  $\text{Eu}^{2+}$  aquests compostos són fosforòfors que emeten llum vermella, amb aplicació en LED blancs. Els anions estan representats per esferes vermelles (oxigen) i blau clares (barreja oxigen/nitrogen). (Reproduïda d'A. P. Black, A. Fuertes et al., *Chem. Comm.*, 51 (2015), 2166, amb permís de The Royal Society of Chemistry.)**

Modelo estructural de oxinitruro silicato  $\text{LaMSiO}_3\text{N}$  ( $\text{M}=\text{Sr}, \text{Ba}$ ). Con la activación con  $\text{Eu}^{2+}$  estos compuestos son fósforo emitiendo luz roja para aplicación en LEDs blancas. Los aniones están representados por esferas rojas (oxígeno) y azul claras (mezcla oxígeno/nitrógeno). (Reproducida de A. P. Black, A. Fuertes et al., *Chem. Comm.* 2015, 51, 2166 con permiso de The Royal Society of Chemistry)

Structural model of the oxynitridosilicates  $\text{LaMSiO}_3\text{N}$  ( $\text{M}=\text{Sr}, \text{Ba}$ ). After activation with  $\text{Eu}^{2+}$  these compounds are red light-emitting phosphors for application in white LEDs. Anions are represented by red (oxygen) and light blue (mixed oxygen/nitrogen) spheres. (Reproduced from A. P. Black, A. Fuertes et al, *Chem. Comm.* 2015, 51, 2166 with permission of The Royal Society of Chemistry)

Laboratory in 1988. Her current research interests focus on the synthesis and characterization of oxides and nitride-based materials with diverse applications including superconductivity, colossal magnetoresistance, luminescence and catalysis.

3) Crystal Structure Determination by Diffraction Methods. Jordi Rius, during his IJA period, helped to implement the technique of structure solution by single-crystal methods and to devise new powder diffraction methodologies for quantifying mineral phases that were later applied to the quantification in sediments. Still at IJA, its scientific interest moved to the development of new single-crystal structure solution strategies leading to the ROTSEARCH software. At ICMAB, his interest focused on new powder diffraction structure solution methodologies, first for molecular compounds and later for any type of compound by introducing the so-called

**Els enllaços d'hidrogen són prou forts per unir dos anions fosfat, i mostren que paradoxalment poden superar la repulsió anió-anió fins i tot aixecant una elevada barrera de dissociació. La seva estabilitat es pot explicar en termes d'interaccions electrostàtiques a la zona de l'enllaç d'hidrogen. (ChemPhysChem, 13 (2012), 1421-1424. Autor: Elies Molins.)**

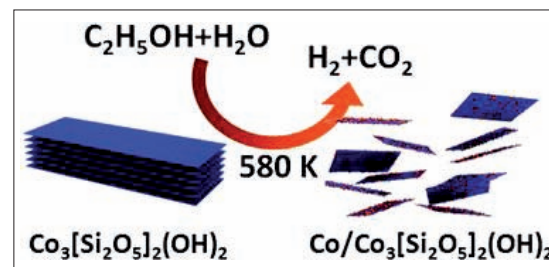
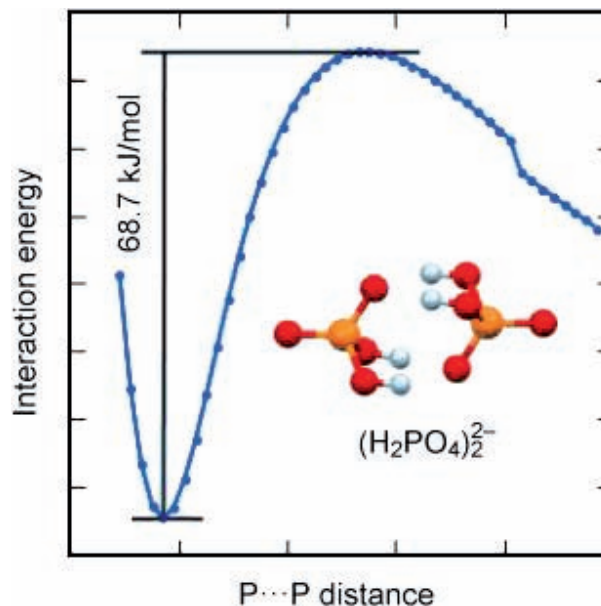
Los enlaces de hidrógeno son lo suficientemente fuertes para unir dos aniones fosfato, mostrando que paradójicamente pueden superar la repulsión anión-anión incluso levantando una elevada barrera de disociación. Su estabilidad se puede explicar en términos de interacciones electrostáticas en la zona del enlace de hidrógeno. (ChemPhysChem, 13, 1421-1424, 2012). (Autor: Elies Molins.)

Hydrogen bonds are strong enough to bind 2 phosphate anions, showing that hydrogen bonding can paradoxously overcome anion-anion repulsion also exhibiting a large energetic barrier of dissociation. Its stability can be explained in terms of electrostatic interactions in the hydrogen-bond region. (ChemPhysChem, 13, 1421-1424, 2012). Author: Elies Molins.

**Les nanolàmines de talc de cobalt disperses en un aerogel de sílice constitueixen un material nanocompost actiu amb excel·lents propietats catalítiques per la generació d'hidrogen per reformat de vapor d'etanol a baixa temperatura. La deslaminació de les partícules de talc en nanolàmines individuals d'uns 1,8 nm de gruix succeeix en condicions de reformació, i produeix un gran augment de l'àrea exposada activa catalíticament. La presència de l'aerogel assegura la immobilització de les nanolàmines de talc mentre mantén una excel·lent transferència de massa de productes i reactius a la superfície de les nanolàmines de talc. Aquest material és un bon candidat per a la generació d'hidrogen per alimentar cel·les de combustible a partir de barreges etanol-aigua en aplicacions mòbils i portàtils. (J. Mater. Chem., 20 (2010), 4875-4883. Autor: Elies Molins.)**

Las nanoláminas de talco de cobalto dispersas en un aerogel de sílice constituyen un material nanocompuesto activo con excelentes propiedades catalíticas para la generación de hidrógeno por reformado de vapor de etanol a baja temperatura. La deslaminación de las partículas de talco en nanoláminas individuales de unos 1.8 nm de espesor sucede en condiciones de reformación, produciendo un gran aumento del área expuesta activa catalíticamente. La presencia del aerogel asegura la inmovilización de las nanoláminas de talco mientras mantiene una excelente transferencia de masa de productos y reactivos en la superficie de las nanoláminas de talco. Este material es un buen candidato para la generación de hidrógeno para alimentar celdas de combustible a partir de mezclas etanol - agua en aplicaciones móviles y portátiles. (J. Mater. Chem., 2010, 20, 4.875-4.883) (Autor: Elies Molins.)

Cobalt talc nanolayers dispersed in silica aerogel constitute an active nanocomposited material with outstanding catalytic properties for the generation of hydrogen by ethanol steam reforming at low temperature. Delamination of talc particles into individual nanolayers of ca. 1.8 nm readily occurs under the reforming conditions, which results in a strong enhancement of the exposed catalytic active area. The presence of aerogel assures the immobilization of the talc nanolayers resulting from the delamination while maintaining an excellent mass transfer of products and reactants to the surface of the talc nanolayers. This material appears as a good candidate for on-board hydrogen generation from ethanol-water mixtures for mobile and portable fuel cell applications. (J. Mater. Chem., 2010, 20, 4875-4883). Author: Elies Molins.



Darrerament, aprofitant la disponibilitat de la radiació sincrotrònica, s'estan desenvolupant mètodes per combinar la microdifracció amb làmines primes polides.

4) Estructura de sòlids. Elies Molins va ser secretari de l'ICMAB fins a l'arribada a la seu de Bellaterra. Allà va instal·lar un espectroscopi Mössbauer amb criòstat d'heli i es va fer càrrec dels difractòmetres de monocristall, un d'ells equipat amb baixa temperatura. Així es van poder fer mesures d'alta resolució que van permetre obtenir les densitats electròniques precises del fosfat d'arginina, del fosfat d'histidina, del BTDMTTF-TCNQ, de fosfats de treonina, etc. Aquesta línia ha anat continuant amb l'estudi d'interaccions intermoleculares. La col·laboració amb empreses farmacèutiques va portar a la preparació i l'estudi de cocristalls on s'analitzaven les relacions estructura-propietat. La col·laboració amb Carbuos Metàlics va portar a la preparació d'aerogels i d'altres materials porosos. Actualment es treballa tant en temes de materials porosos per a diferents aplicacions (catàlisi, aïllament tèrmic, absorció d'energia cinètica) com de materials cristal·lins (cocristalls, polimorfisme), encara que els nostres treballs de més repercussió tracten sobre l'enllaç d'hidrogen i deriven dels nostres estudis sobre densitats electròniques, tema sobre el qual seguim treballant. Aquests dos darrers grups constitueixen el grup consolidat Laboratori de Cristal·lografia.

5) Creixement Cristal·lí. Una mica abans de la creació de l'ICMAB s'introdueixen a l'IJA els estudis de creixement cristal·lí que Rafael Rodríguez i el seu col·laborador Sabino Veintemillas havien estat desenvolupant a l'Institut de Geologia de Madrid abans de 1986, espe-

en los métodos de resolución de estructuras cristalinas por difracción de polvo, primero adaptando el software a compuestos moleculares, y creando otros métodos para resolver compuestos cristalinos contrario irresolubles. Últimamente, aprovechando la disponibilidad de la radiación sincrotrónica, se está desarrollando métodos para combinar la microdifracción con láminas delgadas pulidas.

4) Estructura de Sólidos. Elies Molins fue secretario del ICMAB hasta la llegada a la sede de Bellaterra. Allí instaló un espectroscopio Mössbauer con criostato de helio y se hizo cargo de los difractómetros de monocristal, uno de ellos equipado con baja temperatura. Así se pudieron efectuar mediciones de alta resolución que permitieron obtener las densidades electrónicas precisas del fosfato de arginina, del fosfato de histidina, del BTDMTTF-TCNQ, de fosfatos de treonina, etc. Esta línea ha ido continuando con el estudio de interacciones intermoleculares. La colaboración con empresas farmacéuticas llevó a la preparación y estudio de cocristales donde se analizaban las relaciones estructura-propiedad. La colaboración con Carbuos Metálicos llevó a la preparación de aerogels y otros materiales porosos. Actualmente se trabaja tanto en temas de materiales porosos para diferentes aplicaciones (catálisis, aislamiento térmico, absorción de energía cinética) como de materiales cristalinos (cocristales, polimorfismo), aunque nuestros trabajos de más repercusión tratan sobre el enlace de hidrógeno derivados de nuestros estudios sobre densidades electrónicas. Estos dos últimos grupos constituyen el grupo consolidado Laboratorio de Cristalografía.

5) Crecimiento Cristalino. Un poco antes de la

'cluster-based Patterson-function direct methods' capable of determining crystalline compounds otherwise unsolvable. More recently, by taking advantage of the synchrotron-radiation facility, he is developing new microdiffraction techniques for structural characterization of polished thin sections.

4) Structure of Solids. Elies Molins was secretary of the ICMAB until the occupation of the Bellaterra headquarters. There, a Mössbauer spectrometer with a helium cryostat was installed and he was responsible for the single-crystal diffractometers, one of them containing a low temperature device. Then, high-resolution low-temperature measurements allowed the envisaging of electron density distributions of arginine phosphate, histidine phosphate, BTDMTTF-TCNQ, threonine phosphates, etc. This research area has continued in the study of intermolecular interactions. The collaboration with pharmaceutical companies led to the preparation and study of cocrystals, where structure-property relationships were studied. The collaboration with the company Carbuos Metálicos gave rise to the preparation of aerogels and other porous media. Currently, they are working on porous materials for different applications (such as catalysis for synthesis and energy, thermal insulation, kinetic energy absorption) and crystalline materials as well (cocrystals, polymorphism), although their best recognized work is in the field of hydrogen bonding, derived from their studies on electron densities, research still continuing. These last 2 groups constitute the consolidated group of Laboratori de Cristal·lografia.

5) Crystal Growth. Just before the creation of the ICMAB, in 1986, Rafael Rodríguez and his

**Reactor de creixement cristal·lí a partir de solucions per a la producció de BiOCl (partícules cosmètiques) construït per UHPON (Rubí, Barcelona). (Autor: R. Rodríguez).**

Reactor de crecimiento cristalino a partir de soluciones para la producción de BiOCl (partículas cosméticas) construido por UHPON (Rubí, Barcelona). (Autor: R. Rodríguez).

Crystal growth reactor from the solution for BiOCl production (cosmetic particles) constructed for UHPON (Rubí, Barcelona). (Author: R. Rodríguez).



**cialment l'estudi de la cristal·lització a partir de solucions aquoses del KDP (fosfat diàcid de potassi) i l'ADP (fosfat diàcid d'amoníac), i també amb el contracte amb Codorníu sobre la cristal·lització del bitartrat potàssic en vins. Cal destacar, així mateix, el contracte sobre creixement cristal·lí a partir de solucions diverses de productes cosmètics i l'inici de treballs sobre la cristal·lització del silici de qualitat metal·lúrgica, que es va continuar desenvolupant a l'ICMAB. Gràcies al contracte sobre cristal·lització de bitartrat en vins els membres de l'IJA van fer una visita a les caves Codorníu l'any 1986.**

creación del ICMAB se introducen en el IJA los estudios de crecimiento cristalino que Rafael Rodríguez y su colaborador Sabino Veintemillas habían estado desarrollando en el Instituto de Geología de Madrid antes de 1986, especialmente el estudio de la cristalización a partir de soluciones acuosas del KDP (fosfato diácido de potasio) y el ADP (fosfato diácido de amoníaco), junto con el contrato con Codorniu sobre la cristalización del bitartrato potásico en vinos. Cabe destacar asimismo el contrato sobre crecimiento cristalino a partir de soluciones diversas de productos cosméticos y el inicio de trabajos sobre la cristalización del Si de calidad metalúrgica, que continuó desarrollando el ICMAB. Gracias al contrato sobre cristalización de bitartrato en vinos se hizo una visita de los miembros de la IJA en las cavas Codorniu 1986.

student Sabino Veintemillas moved from the Instituto de Geología de Madrid to the IJA to start a body of research financed by the National Plan of Research on crystal growth from solution for technological materials such as KDP (Potassium dihydrogen phosphate) and ADP (Ammonium dihydrogen phosphate). Three contracts from industrial companies, one on the study of the crystallization in wines of potassium bitartrate (a natural crystal precipitation in wines), another on cosmetic projects and, finally, another on the metallurgical Si production from the reduction of silica, completed the activity of this group. Thanks to the contacts created by the tartrate precipitation contract, a visit of the IJA to Caves Codorniu was successfully organized in 1986.



# LA CONTAMINACIÓ AMBIENTAL (IDAEA)

## LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (IDAEA)

### ENVIRONMENTAL POLLUTION (IDAEA)

Xavier Querol\*, Andrés Alastuey, Carles Ayora, Jesús Carrera, Francesc Gallart

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*

■ L'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA), al llarg de la seva història, ha donat lloc a la gemmació de grups de treball i departaments, que per diferents raons van deixar l'Institut per generar nous centres de recerca o integrar-se en d'altres d'existents. Aprofitant una reorganització d'instituts que involucrava el Centre d'Investigacions i Desenvolupament Pascual Vila (CID), des de la Vicepresidència d'Organització i Relacions Institucionals del CSIC es va suggerir el trasllat d'un nombre important d'investigadors de l'ICTJA al CID per així crear un institut d'investigació sobre aigua i medi ambient. De les diferents possibilitats plantejades pels grups d'investigadors que es traslladaven des de l'ICTJA al CID aviat va cobrar força la creació d'un nou institut, l'IDAEA, Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua. Aquest nou centre estaria integrat pel Departament de Química Ambiental (format per grups de recerca de l'Institut d'Investigacions de Química Ambiental de Barcelona, IIQA, un dels antics instituts del CID) i pel Departament de Geociències, amb investigadors que provenien de diversos grups de l'ICTJA: Geoquímica Ambiental, Hidrologia Superficial i Erosió, Hidrogeoquímica i Hidrologia Subterrània. A més,

■ El Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA), a lo largo de su historia, ha dado lugar a la gemación de grupos de trabajo y departamentos, que por distintas razones dejaron el Instituto para generar nuevos centros de investigación o integrarse en otros existentes. Aprovechando una reorganización de institutos que involucraba al Centre d'Investigacions i Desenvolupament Pascual Vila (CID), desde la Vicepresidencia de Organización y Relaciones Institucionales del CSIC se sugirió el traslado de un número importante de investigadores del ICTJA al CID para así crear un instituto de investigación sobre agua y medio ambiente. De las diferentes posibilidades planteadas para los grupos de investigadores que se trasladaban desde el ICTJA al CID pronto cobró fuerza la creación de un nuevo instituto, el IDAEA, Instituto de Diagnosi Ambiental y Estudios del Agua. Este nuevo centro estaría integrado por el Departamento de Química Ambiental (formado por grupos de investigación del Instituto de Investigaciones de Química Ambiental de Barcelona, IIQA, uno de los antiguos institutos del CID) y por el Departamento de Geociencias, con investigadores que provenían de varios grupos del ICTJA: Geoquímica Ambiental, Hidrología Superficial y Erosión, Hidro-

■ The Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA), throughout its history, has shaped the growth of research groups and departments which, for various reasons, have left the institute to generate new research centers or have been integrated into other existing ones. Taking advantage of a reorganization of institutes involving the Centre d'Investigacions i Desenvolupament Pascual Vila (CID), from the Vice Presidency of Organization and Institutional Relations of the CSIC, the transfer of a large number of researchers from the ICTJA to the CID was suggested, in order to create a research institute focusing on water and the environment. Of the various possibilities that were raised from the research groups who moved from the ICTJA to the CID, soon creating a new institute gained traction, i.e. the IDAEA, Institute of Environmental Diagnosis and Water Research. This new center would consist of the Department of Environmental Chemistry (formed by research groups from the Research Institute of Environmental Chemistry at Barcelona, IIQA, one of the oldest institutes in CID) and the Department of Geosciences, with researchers coming from several ICTJA groups: Environmental Geochemistry, Surface Hydrology and Erosion, Hydro-geochemistry and Groundwater Hydrology. In addition, a

també s'hi va traslladar un petit grup de personal tècnic, responsable de les tècniques d'ICP-MS, ICP-AES i DRX i de preparació de mostres. Des de l'any 2008 fins al 2012, l'IDAEA va ser un institut virtual amb part dels membres en el CID i part en l'ICTJA. L'any 2012 es va culminar el trasllat del personal dels grups esmentats de l'ICTJA a l'IDAEA. Encara avui per a molts dels nostres companys som "els de l'Almera".

**El Grup de Geoquímica Ambiental de l'IDAEA** va iniciar la trajectòria a mitjan de 1980 a l'ICTJA, com un grup de recerca en Mineralogia Aplicada i Geoquímica Ambiental, dirigit pel Professor Àngel López Soler, i integrat pels investigadors Felicià Plana i J. Servando Chinchón, un estudiant postdoctoral (J. Luis Fernández Turiel) i dos estudiants predoctorals

geoquímica e Hidrología Subterránea. Además también se trasladó un pequeño grupo de personal técnico, responsables de las técnicas de ICP-MS, ICP-AES y DRX y de preparación de muestras. Desde el año 2008 hasta el 2012, el IDAEA fue un instituto virtual con parte de sus miembros en el CID y parte en el ICTJA. El año 2012 se culminó el traslado del personal de los grupos citados del ICTJA al IDAEA. Todavía hoy para muchos de nuestros compañeros somos "los del Almera".

**El Grupo de Geoquímica Ambiental** del IDAEA inició su trayectoria a mediados de los 80 en el IJA, como un grupo de investigación en Mineralogía Aplicada y Geoquímica Ambiental, dirigido por el Profesor Ángel López Soler, e integrado por los investigadores Felicià Plana

small group of technical personnel, responsible for ICP-MS techniques, ICP-AES and XRD and sample preparation were also moved. From 2008 through 2012, the IDAEA was a virtual institute, a portion of its members in the CID and part in ICTJA. In 2012, the transfer of the mentioned personnel from the ICTJA to IDAEA was completed. Even today, for many of our companions are known as "those from the Almera".

**The Environmental Geochemistry Group** of the IDAEA began its career in the mid-1980s in the IJA, as a Research Group in Applied Environmental Geochemistry and Mineralogy, led by Professor Ángel López Soler, and composed of researchers Felicià Plana and J. Servando Chinchón, a post-doctoral student (J. Luis Fernández Turiel) and two PhD students (Xavier



**Bosc del Carrascal (Morella) on el 1990 s'atribuïen grans impactes a les elevades emissions de SO<sub>2</sub> de la Central Tèrmica de Terol (en aquella època la Central emetia 11 g/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, actualment <1 g/m<sup>3</sup>). Mai va arribar a produir pluja àcida per l'alta capacitat de neutralització dels sòls calcaris de la zona, però els estudis ecològics descrivien danys clars en la vegetació. En una època determinada aquesta central va arribar a emetre el mateix SO<sub>2</sub> anual que tot Dinamarca. (Autor: Xavier Querol).**

Bosc del Carrascal (Morella) donde en 1990 se atribuían grandes impactos a las elevadas emisiones de SO<sub>2</sub> de la Central Térmica de Teruel (en aquella época la central emitía 11g/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, actualmente <1g/m<sup>3</sup>). Nunca llegó a producirse lluvia ácida por la alta capacidad de neutralización de los suelos calizos de la zona, pero los estudios ecológicos describían daños claros en la vegetación. En una época determinada esta central llegó a emitir el mismo SO<sub>2</sub> anual que toda Dinamarca. (Autor: Xavier Querol).

Bosc del Carrascal (Carrascal forest, Morella) where large impacts from high emissions of SO<sub>2</sub> from the Teruel Power Plant were noted in 1990 (at that time the central emission was 11 g/m<sup>3</sup> SO<sub>2</sub>, currently it is <1 g/m<sup>3</sup>). Acid rain was never produced, because of the high neutralizing capacity of calcareous soils of the area, but clear damage to vegetation was reported by ecological studies. In a certain period, annual emissions of SO<sub>2</sub> were the same as the whole of Denmark. (Author: Xavier Querol).

**Mostreig d'aerosols atmosfèrics en zones afectades per l'accident miner d'Aznalcóllar. El Grup de Geoquímica Ambiental de l'ICTJA (actualment a l'IDAEA) va liderar la redacció dels 5 primers informes del CSIC sobre l'accident miner d'Aznalcóllar. A petició del president del CSIC, César Nombela, ens vam desplaçar a la zona afectada i vam prendre les mostres en 8 punts del riu que després van servir per caracteritzar la magnitud del problema i fer recomanacions sobre la restauració de la zona. Al mateix temps i preveient que la restauració dels sòls produiria un gran impacte en la qualitat de l'aire vam muntar unes estacions de mostreig per a anàlisi dels aerosols atmosfèrics que van funcionar durant tot el període de retirada de la capa de fangs contaminants. (Autor: Xavier Querol).**

Muestreo de aerosoles atmosféricos en zonas afectadas por el accidente minero de Aznalcóllar. El Grupo de Geoquímica Ambiental del ICTJA (actualmente en el IDAEA) lideró la redacción de los 5 primeros informes del CSIC sobre el accidente minero de Aznalcóllar. A petición del Presidente del CSIC, Cesar Nombela nos desplazamos a la zona afectada y tomamos las muestras en 8 puntos del río que luego sirvieron para caracterizar la magnitud del problema y recomendar sobre la restauración de la zona. Al mismo tiempo y previendo que la restauración de los suelos produciría una gran impacto en la calidad del aire montamos unas estaciones de muestro para análisis de los aerosoles atmosféricos que funcionaron durante todo el periodo de retirada de la capa de lodos contaminantes. (Autor: Xavier Querol).

Sampling of atmospheric aerosols in areas affected by the Aznalcóllar mining accident. The Environmental Geochemistry Group of the ICTJA (currently in the IDAEA) led the drafting of the first 5 reports the CSIC on the Aznalcóllar mining accident. At the request of the President of CSIC Cesar Nombela we moved to the affected area and took samples in 8 points of the river that were later used to characterize the extent of the problem and to make recommendations on the restoration of the area. At the same time and anticipating that the restoration of soils would produce a great impact on air quality, several stations for the analysis of atmospheric aerosols that operated throughout the period of removal of the layer of sludge contaminants were implemented. (Author: Xavier Querol).



rals (Xavier Querol i Andrés Alastuey). Durant aquest primer període la investigació de Grup es basava en l'aplicació ambiental d'eines geoquímiques, com l'ICP-MS, ICP AES i la geoquímica isotòpica. Referent a això, els treballs realitzats van ser pioners en l'aplicació de l'ICP-MS en geoquímica del carbó, i en l'aplicació d'aquestes tècniques per a la caracterització de cendres volants i escòries generades en centrals tèrmiques de carbó, amb la finalitat de realitzar estudis de balanços de masses de l'emissió de contaminants traça a l'atmosfera. A partir dels resultats obtinguts, ENDESA va contractar l'equip de recerca per realitzar anàlisis geoquímiques de sòls al voltant de centrals tèrmiques per detectar possibles àrees d'impacte de les seves emissions a l'atmosfera.

Va ser a partir d'aquesta col·laboració amb ENDESA quan es va iniciar la línia de recerca en contaminació atmosfèrica i en reciclatge de residus. Es va començar amb un projecte d'investigació del Pla Nacional del Ministeri d'Educació i Ciència (MEC) per a l'estudi integral del material particulat atmosfèric i dels compostos de sulfat al voltant d'una gran planta de generació d'energia. Per fer-ho es va efectuar una caracterització sistemàtica i completa del material particulat atmosfèric. Un dels principals resultats d'aquest projecte va ser la detecció d'intrusions de pols des de les zones desèrtiques del nord d'Àfrica, amb impacte en els nivells de partícules PM10 en l'aire del NE d'Espanya. A partir d'aquest estudi es va iniciar una fluïda i intensa col·laboració amb el Ministeri de Medi Ambient i amb gairebé totes les comunitats autònomes per assessorar en temes de contaminació atmosfèrica.

y J. Servando Chinchón, un estudiante post doctoral (J. Luis Fernández Turiel) y dos estudiantes predoctorales (Xavier Querol y Andrés Alastuey). Durante este primer periodo la investigación del Grupo se basaba en la aplicación ambiental de herramientas geoquímicas, como el ICP-MS, ICP AES y la geoquímica isotópica. A este respecto los trabajos realizados fueron pioneros en la aplicación del ICP-MS en geoquímica del carbón, y en la aplicación de estas técnicas para la caracterización de cenizas volantes y escorias generadas en centrales térmicas de carbón, con el fin de realizar estudios de balances de masas de la emisión de contaminantes traça a la atmosfera. A partir de los resultados obtenidos, ENDESA contrató al equipo de investigación para realizar análisis geoquímicos de suelos alrededor de centrales térmicas para detectar posibles áreas de impacto de sus emisiones a la atmósfera.

Fue a partir de esta colaboración con ENDESA cuando se inició la línea de investigación en contaminación atmosférica y en reciclaje de residuos. Se empezó con un proyecto de investigación del Plan Nacional del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) para el estudio integral del material particulado atmosférico y de los compuestos de sulfato alrededor de una gran planta de generación de energía. Para llevarlo a cabo se efectuó una caracterización sistemática y completa del material particulado atmosféricos. Uno de los principales resultados de este proyecto fue la detección de intrusiones de polvo desde las zonas desérticas del norte de África, con impacto en los niveles de partículas PM10 en aire en NE de España. A partir de este estudio se inició una fluída e intensa colaboración con el Ministerio

Querol and Andrés Alastuey). During this first period, the Research Group was focused on the environmental application of geochemical tools such as ICP-MS, ICP AES and isotope geochemistry. In this regard, the work done pioneered the application of ICP-MS in the geochemistry of coal, and the application of these techniques for the characterization of fly ash and slag generated in coal power plants, in order to study balances mass trace pollutant emissions into the atmosphere. From the results, ENDESA hired the research team to perform geochemical analysis of soils around power stations and to detect potential areas of impact of their emissions.

It was from this collaboration with ENDESA when the research on air pollution and waste recycling began. It started with a research project of the National Plan of the Ministry for Science and Education (MEC) for the comprehensive study of atmospheric particulate matter and sulfate compounds around a power generation plant. To carry out this research, a systematic and comprehensive characterization of atmospheric particulate matter was carried out. One of the main results of this project was dust intrusion detection from the desert areas of North Africa, with an impact on the levels of PM10 particles in ambient air in NE Spain. From this study, a fluid and fruitful collaboration with the Ministry of Environment and almost all regional governments to advise on issues of air pollution began.

In 1998, the Group was part of the CSIC research team for impact assessment of the Aznalcolar mining accident (near Doñana, SW Spain), performing different tasks on the geochemical

L'any 1998, el Grup va formar part de l'equip d'investigació del CSIC per a la realització de l'avaluació de l'impacte de l'accident miner d'Aznalcóllar (prop de Doñana al sud-oest d'Espanya), realitzant diferents treballs sobre la caracterització geoquímica del fang tòxic i les aigües, l'avaluació de les emissions atmosfèriques de pols d'alta càrrega de metall, i el seguiment dels metalls en l'atmosfera en les ciutats i en els llocs de treball durant la recuperació del sòl.

Actualment, el Grup de Geoquímica Ambiental centra la investigació en dues sublínees principals: combustibles, combustió i reciclatge de residus industrials; i la contaminació atmosfèrica. Els principals objectius de la primera sublínea d'investigació són l'estudi de l'impacte ambiental de la utilització del carbó i la valorització dels subproductes de la combustió/gasificació d'aquest combustible fòssil i d'altres. A la sublínea sobre contaminació atmosfèrica, particularment la causada per aerosols atmosfèrics, l'objectiu principal és la recerca en processos atmosfèrics, de tipus químic i físic, i emissions que regulen la formació, la composició i els nivells de contaminants atmosfèrics amb implicacions ambientals (inclouent-hi impacte en la salut) i climàtics (balance radiatiu terrestre).

Actualment, el Grup lidera diversos projectes de la UE sobre qualitat de l'aire urbà i participa en un projecte sobre l'impacte de la contaminació atmosfèrica en el desenvolupament cognitiu dels nens. A més, el Grup manté col·laboracions o participacions en grups de treball de la Comissió Europea, UNECE-EMEP i OMS.

de Medio Ambiente y con casi todas las comunidades autónomas para asesorarlas en temas de contaminación atmosférica.

En el año 1998, el Grupo formó parte del equipo de investigación del CSIC para la realización de la evaluación del impacto del accidente minero de Aznalcóllar (cerca de Doñana en el suroeste de España), realizando diferentes trabajos sobre la caracterización geoquímica del lodo tóxico y las aguas, la evaluación de las emisiones atmosféricas de polvo de alta carga de metal, y el seguimiento de los metales en la atmósfera en las ciudades y en los lugares de trabajo durante la recuperación del suelo.

Actualmente, el Grupo de Geoquímica Ambiental centra su investigación en dos sublíneas principales: combustibles, combustión y el reciclaje de residuos industriales; y la contaminación atmosférica. Los principales objetivos de la primera sublínea de investigación son el estudio del impacto ambiental de la utilización del carbón y la valorización de los subproductos de la combustión/gasificación de este y otros combustibles fósiles. En la sublínea sobre contaminación atmosférica, particularmente la debida a aerosoles atmosféricos, el objetivo principal es la investigación en procesos atmosféricos, de tipo químico y físico, y emisiones que regulan la formación, la composición y los niveles de contaminantes atmosféricos con implicaciones ambientales (incluyendo impacto en la salud) y climáticos (balance radiativo terrestre).

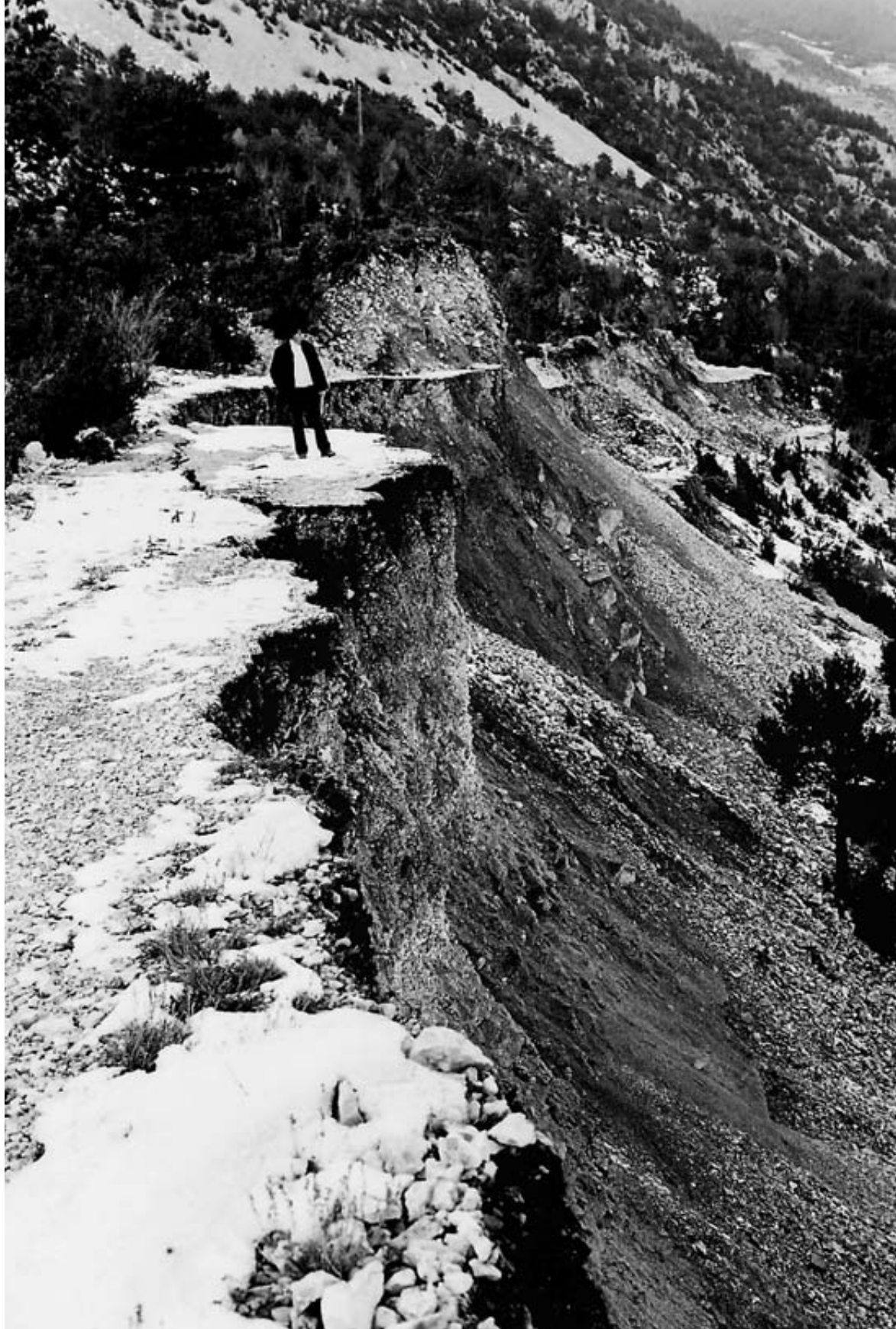
Actualmente, el Grupo lidera diversos proyectos de la UE sobre calidad del aire urbano y participa en un proyecto sobre el impacto de la contaminación atmosférica en el desarrollo cognitivo de

characterization of toxic sludge and water, the evaluation of atmospheric emissions of dust high metal loading, and monitoring of metals in the atmosphere in cities and in the workplace during soil reclamation.

Currently, the Environmental Geochemistry Research Group focuses on two main areas: fuel combustion and industrial waste recycling, and air pollution. The main objectives of the first area of research are the study of the environmental impact of coal utilization and recovery of by-products of combustion / gasification of this and other fossil fuels. In the air pollution research area, particularly that caused by atmospheric aerosols, the primary objective is research in atmospheric processes, chemical and physical, and in emissions that regulate the formation, composition and levels of air pollutants with environmental implications (including health impacts) and climate (terrestrial radiation balance).

The Group currently leads various EU projects on urban air quality and participates in a project on the impact of air pollution on the cognitive development of children. The group also collaborates and works in partnership with groups of the European Commission, UNECE-EMEP and WHO.

The **Surface Hydrology and Erosion Group** started in 1982 when Francesc Gallart joined the ICTJA as a postdoctoral fellow to collaborate with Lluís Solé Sugañes' studies on the final sedimentation phases in the depressions of the Catalan Coastal System, with the ultimate aim to give continuity to the works on Geomorphology. This research took an important turn when in November of that year there was exceptional



**Núria Clotet a la cicatriu principal de l'esllavissament de la Coma (Solsonès) de novembre de 1982. (Autor: F. Gallart).**

Núria Clotet en la cicatriz principal del deslizamiento de la Coma (Solsonès) de noviembre de 1982. (Autor: F. Gallart).

Núria Clotet in the main scar Glide Coma (Solsonès), November 1982. (Author: F. Gallart).

**El Grup d'Hidrologia Superficial i Erosió va tenir els inicis l'any 1982 quan Francesc Gallart es va incorporar com a becari postdoctoral a l'ICTJA, per col·laborar amb Lluís Solé Sugañes en estudis sobre el final del reblliment de les fosses del Sistema Litoral Català, i amb la intenció final de donar continuïtat a la línia de treball en Geomorfologia. Aquesta línia de recerca va donar un tomb important quan el mes de novembre d'aquell any es van produir unes pluges excepcionals als Pirineus. L'establiment de convenis amb el recentment creat Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya per tal d'estudiar els esllavissaments i canvis en els llits fluvials provocats al Berguedà per**

los niños. El Grupo mantiene además colaboraciones o participaciones en grupos de trabajo de la Comisión Europea, UNECE-EMEP y OMS.

**El Grupo de Hidrología Superficial y Erosión** tuvo sus inicios en 1982 cuando Francesc Gallart se incorporó como becario postdoctoral en el ICTJA, para colaborar con Lluís Solé Sugañes en estudios sobre el final del relleno de las fosas del Sistema Litoral Catalán, y con la intención final de dar continuidad a la línea de trabajo en Geomorfología. Esta línea de investigación dio un giro importante cuando el mes de noviembre de ese año se produjeron lluvias excepcionales en los Pirineos. El establecimiento de convenios con el recientemente

rainfall in the Pyrenees. The establishment of agreements with the newly created Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya to study landslides and river channels changes caused in the Berguedà in that event, and the incorporation of Núria Clotet in the working group, allowed a new area of research on Surface Hydrology and Geomorphology to be formed. The assignment of these two people as permanent researchers, in 1987, allowed an agreement with the former ICONA within the LUCDEME project (Combating Desertification in the Mediterranean) and to obtain grants for two research projects of the National Plan, which allowed the implementation of the Vallcebre watershed research facility

**Crecuda del 23 de juny de 2013 a la conca de Can Vila (Vallcebre). El color terrós de l'aigua es deu al transport de sediments en suspensió i l'escuma al rentat del carboni orgànic dels sòls. (Autor: Pablo García-Estringana).**

Crecida del 23 de junio de 2013 en la cuenca de Can Vila (Vallcebre). El color pardo del agua se debe al transporte de sedimentos en suspensión y a la espuma del lavado del carbono orgánico de los suelos. (Autor: Pablo García-Estringana).

Flood of June 23, 2013 in the Can Vila Basin (Vallcebre). The brown color of the water is caused by transported suspended sediment and foam from washing soil organic carbon. (Author: Pablo Garcia - Estringana).



aquell esdeveniment, i la incorporació de Núria Clotet al grup de treball van permetre iniciar una línia de recerca sobre Processos en Hidrologia Superficial i Geomorfologia. La incorporació d'aquestes dues persones com a personal investigador, el 1987, va permetre aconseguir un conveni amb l'antic ICONA dins del projecte LUCDEME (Lluita contra la Desertització del Mediterrani) i dos projectes de recerca del Pla Nacional que van possibilitar la instrumentació de les conques de recerca de Vallcebre i iniciar-hi diverses tesis doctorals. Malauradament, Núria Clotet va sofrir un accident de circulació mortal en tornar d'una jornada de camp el setembre de 1990, fet que va suposar un daltabaix per al Grup de Recerca. No va ser fins al 2001 quan la incorporació de Pilar Llorens com a personal investigador va permetre reforçar el Grup. L'activitat del Grup aquests anys ha estat en gran part centrada en l'estudi continuat dels processos hidrològics i erosius a les conques de recerca de Vallcebre, les quals són actualment un referent internacional en l'estudi de la hidrologia mediterrània.

**El Grup d'Hidrogeoquímica** de l'ICTJA va néixer el 1991, amb la incorporació de Carles Ayora, amb l'objectiu general de comprendre els sistemes geoquímics en ambients naturals i avaluar el possible impacte humà de la interacció aigua-roca. Posteriorment s'hi van incorporar Josep Soler i Jordi Cama. Des del punt de vista empíric, hem estudiat la interacció aigua-roca en totes les escales, des de l'atòmica fins al camp. En l'avenç d'aquests estudis, ha estat fonamental el coneixement guanyat en el terreny de la cinètica de les reaccions de dissolució i precipitació, tant dels minerals que formen les roques com d'altres sòlids involu-

te creado Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya para estudiar los deslizamientos y cambios en los cauces fluviales provocados en el Berguedà para aquel evento, y la incorporación de Núria Clotet al grupo de trabajo permitió iniciar una línea de investigación sobre Procesos en Hidrología Superficial y Geomorfología. La adscripción de estas dos personas como personal investigador, en 1987, permitió alcanzar un convenio con el antiguo ICONA dentro del proyecto LUCDEME (Lucha Contra la Desertificación del Mediterráneo) y dos proyectos de investigación del Plan Nacional que posibilitaron la instrumentación de las cuencas de investigación de Vallcebre e iniciarse varias tesis doctorales. Desgraciadamente, Núria Clotet sufrió un mortal accidente de circulación volviendo de una jornada de campo en septiembre de 1990, suponiendo un descalabro para el Grupo. No fue hasta 2001 cuando la incorporación de Pilar Llorens como personal Investigador permitió reforzar el Grupo. La actividad del Grupo en estos años ha sido en gran parte centrada en el estudio continuado de los procesos hidrológicos y erosivos en las cuencas de investigación de Vallcebre, las cuales son actualmente un referente internacional en el estudio de la hidrología mediterránea.

**El Grupo de Hidrogeoquímica del ICTJA** nació en 1991, con la incorporación de Carlos Ayora, con el objetivo general de comprender los sistemas geoquímicos en ambientes naturales y evaluar el posible impacto humano de la interacción agua-roca. Posteriormente se incorporaron Josep Soler y Jordi Cama. Desde el punto de vista empírico hemos estudiado la interacción agua-roca en todas las escalas, desde la atómica hasta el campo. En el avance de estos estudios, ha sido

and starting several doctoral theses. Unfortunately, Núria Clotet suffered a fatal traffic accident returning from fieldwork in September 1990, representing a setback for the research group. It was not until 2001 that the incorporation of Pilar Llorens as staff researcher strengthened the Group. The Group's activity in recent years has been largely focused on the ongoing study of the hydrological and erosion processes in the Vallcebre research basins, which are currently an international reference in the study of the Mediterranean hydrology.

**Hydrogeochemistry Group** of ICTJA was born in 1991, with the arrival of Carlos Ayora, with the overall aim of understanding geochemical systems in natural environments and assessing the potential human impact on the water-rock interaction. Josep Soler and Jordi Cama subsequently joined. From an empirical point of view, we have studied the water-rock interaction at all scales, from the atomic to the field. In the progress of these studies, the knowledge gained in the field of reaction kinetics of dissolution and precipitation has been fundamental, both of minerals that form rocks, like other solids involved in geochemical processes. Progress on the kinetics of dissolution and the precipitation of minerals has led to the quantification of the dissolution rates of most participatory minerals associated with geochemical processes linked to weathering of rocks and pollution sources.

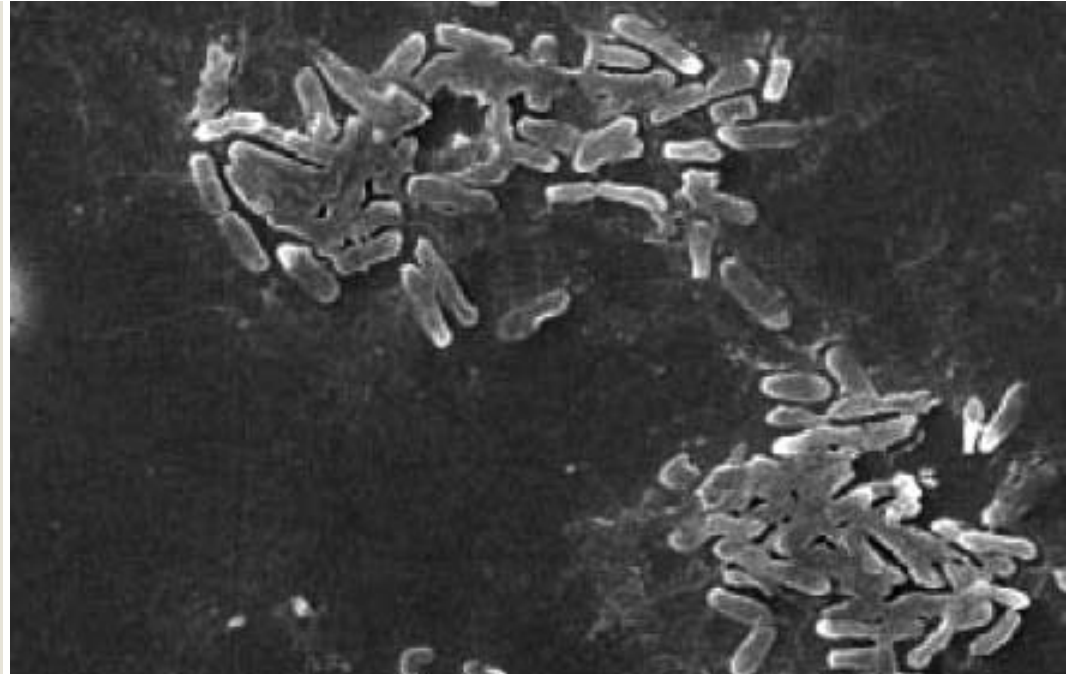
From the point of view of modeling, our most important contribution has been to link the water-rock interaction to the flow of water in an underground environment. Chemical reactions are not closed systems, and no water flows through an inert substrate. The management of environ-



**Imatge amb microscopi electrònic de rastreig (SEM) de colònies de cel·lules que intervien en la dissolució anòxica de la pirita. Imatge de SEM de colònies de bacteris anaeròbics *Thiobacillus denitrificans* adherits a la superfície de la pirita ( $\text{FeS}_2$ ), capaços de reduir el nitrat de l'aigua subterrània mitjançant l'oxidació de la pirita. (Autora: Clara Torrentó).**

Imagen con microscopio electrónico de barrido (SEM) de colonias de células que intervienen en la disolución anóxica de la pirita. Imagen de SEM de colonias de bacterias anaeróbicas *Thiobacillus denitrificans* adheridos a la superficie de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), capaces de reducir el nitrato del agua subterránea mediante la oxidación de la pirita. (Autora: Clara Torrentó).

Scanning electron microscope (SEM) image of cell colony intervening in the anoxic dissolution of pyrite. SEM image of anaerobic bacteria colonies *Thiobacillus denitrificans* attached to the pyrite surface ( $\text{FeS}_2$ ), which are able to reduce nitrate groundwater by oxidation of pyrite. (Author: Clara Torrentó).



10  $\mu\text{m}$

**Precipitació d'hidroxisulfats d'alumini (blanc) i ferro (roig) per mescla d'un drenatge àcid (esquerra de la foto) amb el riu Odiel. El drenatge àcid té pH 2,7 i molt d'alumini i ferro dissolts. Quan es mescla amb el riu Odiel, amb una certa alcalinitat i pH 6,6, es produeix la neutralització de l'aigua àcida i la precipitació de minerals, primer de ferro (a pH 3,5) i després d'alumini (a pH 5, aproximadament). (Autor: Carles Ayora).**

Precipitación de hidroxisulfato de aluminio (blanco) y hierro (rojo) por mezcla de un drenaje ácido (izquierda de la foto) con el río Odiel. El drenaje ácido tiene pH 2.7 y muy de aluminio y hierro disueltos. Cuando se mezcla con el río Odiel, con cierta alcalinidad y pH 6.6, se produce la neutralización del agua ácida y la precipitación de minerales, primero de hierro (a pH 3.5) y después de aluminio (a pH 5, aproximadamente). (Autor: Carles Ayora).

Precipitation of aluminum (white) and iron (red) hydroxysulphates by mixing of an acid drainage (left of the photo) with Odiel river water. Drainage is very acidic (pH 2.7) with abundant dissolved aluminum and iron. When mixed with the Odiel river, with some alkalinity and pH of 6.6, neutralization of the acidic water and precipitation of minerals, iron first (to pH 3.5) and then aluminum (to pH 5, approximately), occurs. (Author: Carles Ayora).



crats en els processos geoquímics. Progressar en la cinètica de dissolució i de precipitació dels minerals ha comportat la quantificació de les velocitats de dissolució de la majoria de minerals participatius en processos geoquímics vinculats amb la meteorització de les roques i a les fonts de contaminació.

Des del punt de vista de la modelització, la nostra aportació més important ha estat de relacionar la interacció aigua-roca amb el flux de l'aigua en el medi subterrani. Les reaccions químiques no són un sistema tancat, ni l'aigua flueix per un substrat inert. La gestió dels problemes mediambientals necessita d'aquest enfocament múltiple per obtenir resultats més realistes. Una de les eines més importants per a aquesta gestió són els codis de transport reactiu la utilitat dels quals rau en les prediccions en l'espai i en el temps de la variació dels processos geoquímics. Per això,

fundamental el conocimiento ganado en el terreno de la cinética de las reacciones de disolución y precipitación, tanto de los minerales que forman las rocas, como otros sólidos involucrados en los procesos geoquímicos. Prosperar en la cinética de disolución y de precipitación de los minerales ha comportado la cuantificación de las velocidades de disolución de la mayoría de minerales participativos en procesos geoquímicos vinculados con la meteorización de las rocas y en las fuentes de contaminación.

Desde el punto de vista de modelización, nuestra aportación más importante ha sido relacionar la interacción agua-roca con el flujo del agua en el medio subterráneo. Las reacciones químicas no son un sistema cerrado, ni el agua fluye por un sustrato inerte. La gestión de los problemas medioambientales necesita de este enfoque múltiple para obtener resultados más realistas. Una de las herramientas más im-

portant problems requires this multifaceted approach for more realistic results. One of the most important tools for this management are the reactive transport codes whose usefulness lies in predictions in space and time of the variation of geochemical processes. Therefore, the Hydrochemistry Group has appreciated the collaboration of Hydrogeology Group of the UPC, later joined in part to ICTJA from 2003.

The main environmental problems we have studied are designing the storage of radioactive waste, mitigate sulfide oxidation and generation of acid mine drainage, passively neutralizing the acidity of these waters, or the effects of CO<sub>2</sub> injection on the mineralogy and hydraulic properties of the subsurface. In all cases, our fundamental research has also tried to have a dimension of direct application with engineering measures.



**Cristina Valhondo i Jesús Carrera a la bassa de recàrrega de Sant Vicenç dels Horts mostrejant l'aigua infiltrada per tal de veure com millora la qualitat de l'aigua al seu pas per la barrera reactiva. (Autor: J. M. Carrera).**

Cristina Valhondo y Jesús Carrera en la balsa de recarga de Sant Vicenç dels Horts muestreando el agua infiltrada para ver cómo mejora la calidad del agua a su paso por la barrera reactiva. (Autor: J. M. Carrera).

Cristina Valhondo and Jesus Carrera in the recharge pond of Sant Vicenç dels Horts sampling infiltrated water to observe how water quality improves as it passes through the reactive barrier. (Author: J. M. Carrera).

en el Grup d'Hidroquímica hi ha col·laborat estretament el Grup d'Hidrologia Subterrània de la UPC, posteriorment integrat en part a l'ICTJA a partir de 2003.

Els principals problemes mediambientals que hem estudiat són dissenyar l'emmagatzematge de residus radioactius, pal·liar l'oxidació de sulfurs i la generació de drenatges àcids de mina, neutralitzar de forma passiva l'acidesa d'aquestes aigües o els efectes de la injecció del CO<sub>2</sub> en la mineralogia i les propietats hidràuliques del subsòl. En tots els casos la nostra recerca fonamental ha tractat també de tenir una dimensió d'aplicació concreta amb mesures d'enginyeria.

**El Grup d'Hidrologia Subterrània (GHS) va començar el recorregut el 2006, amb la incorporació de Jesús Carrera, seguida poc després de les d'Enric Vázquez i Marco Dentz. Tot i el curt temps que el Grup va viure a l'ICTJA, es van encetar línies de recerca i projectes que, amb el temps, han resultat molt exitosos. Cal**

portantes para tal gestión son los códigos de transporte reactivo cuya utilidad radica en las predicciones en el espacio y en el tiempo de la variación de los procesos geoquímicos. Por ello, el Grupo de Hidroquímica ha contado con la colaboración estrecha de Grupo de Hidrología Subterránea de la UPC, posteriormente integrado en parte al ICTJA a partir de 2003.

El principal problemas medioambientales que hemos estudiado son diseñar el almacenamiento de residuos radiactivos, paliar la oxidación de sulfuros y la generación de drenajes ácidos de mina, neutralizar de forma pasiva la acidez de estas aguas o los efectos de la inyección del CO<sub>2</sub> en la mineralogía y las propiedades hidráulicas del subsuelo. En todos los casos nuestra investigación fundamental ha tratado también de tener una dimensión de aplicación concreta con medidas de ingeniería.

**El Grupo de Hidrología Subterránea (GHS) comenzó su recorrido en 2006, con la incorporación de Jesús Carrera, seguida poco después de**

**The Groundwater Hydrology Group (GHS)** began its journey in 2006 with the incorporation of Jesús Carrera, followed shortly thereafter by Enric Vázquez and Marco Dentz. Despite the short time that the Group was in the ICTJA, lines of research and projects, which over time have been very successful, were started; notably projects for the study of the interaction between public works and aquifers. Ironically, it was the crash of Bellvitge, which was announced by the GHS but had been ignored, which promoted us as a reference group in this area and facilitated the success of works such as the more complex AVE Barcelona and many other works.

During this period, several projects on the geological storage of CO<sub>2</sub> were implemented in close collaboration with ICTJA staff and under the direction of Andres Perez Estaún. Of these works, the Induced Seismicity research area emerged, relevant to issues such as geothermal, gas storage (Castor case) or hydraulic fracturing. Also during this period, he focused on Urban

**Mirant d'entendre la geologia d'Hontomin amb Andrés Pérez Estaún, que aprofitava qualsevol ocasió per despertar l'interès en la Geologia, tot transmetent el seu entusiasme. Aquí ens explicava la geologia de la planta pilot d'emmagatzematge de CO<sub>2</sub> durant una sortida de camp. Autor: desconegut. Font: J. M. Carrera).**

Intentando entender la geología de Hontomin con Andrés Pérez Estaún. Andrés aprovechaba cualquier ocasión para despertar el interés en la Geología, todo transmitiendo su entusiasmo. Aquí nos explicaba la geología de la planta piloto de almacenamiento de CO<sub>2</sub> durante una salida de campo. (Autor: desconocido; Fuente: J. M. Carrera).

Seeking to understand the geology of Hontomin with Andres Perez Estaún. Andres took every opportunity to arouse interest in geology, transferring all of his enthusiasm. Here he is explaining the geology of the CO<sub>2</sub> storage pilot plant during a field trip. (Author: unknown; Source: J. M. Carrera).



destacar els projectes per a l'estudi de la interacció entre obres públiques i aqüífers. Irònicament, va ser l'accident de Bellvitge, que el GHS havia anunciat però havia estat ignorat, el que ens va promoure com a grup de referència en aquest àmbit i va facilitar l'èxit d'obres com ara el molt més complex pas de l'AVE per Barcelona, i moltes altres obres.

En aquest període es van posar en marxa diversos projectes sobre emmagatzematge geològic de CO<sub>2</sub>, en estreta col·laboració amb personal de l'ICTJA i sota la direcció d'Andrés Pérez Estaún. D'aquests treballs va sorgir la línia de Sismicitat Induïda, rellevant per problemes com ara la geotèrmia, l'emmagatzematge de gas (cas Castor) o la fracturació hidràulica. També en aquest període es va desenvolupar amb força la línia de treball sobre Hidrologia Urbana, tot contribuint a reconèixer l'aigua subterrània urbana com un recurs hidràulic més a l'abast de la societat. Una troballa anecdòtica, però il·lustrativa, va ser descobrir que l'aigua subterrània de Barcelona conté drogues encara que les concentracions són molt més baixes del que caldria esperar, fet que posa de manifest que es degraden.

Un treball especialment interessant va ser aplicar els conceptes de barreres reactives, desenvolupats en col·laboració amb el Grup d'Hidrogeoquímica, a la recàrrega artificial d'aqüífers, tot posant una capa reactiva sobre el fons de les basses de recàrrega. Aquesta capa es va dissenyar per afavorir la retenció i degradació de contaminants orgànics, cosa que es va aconseguir.

las de Enric Vázquez y Marco Dentz. A pesar del corto tiempo que el Grupo estuvo en el ICTJA, se iniciaron líneas de investigación y proyectos que, con el tiempo, han resultado muy exitosos. Cabe destacar los proyectos para el estudio de la interacción entre obras públicas y acuíferos. Irónicamente, fue el accidente de Bellvitge, que el GHS había anunciado pero había sido ignorado, lo que nos promovió como grupo de referencia en este ámbito y facilitó el éxito de obras como el mucho más complejo paso del AVE por Barcelona, y muchas otras obras.

En este periodo se pusieron en marcha varios proyectos sobre almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>, en estrecha colaboración con personal del ICTJA y bajo la dirección de en Andrés Pérez Estaún. De estos trabajos surgió la línea de Sismicidad Inducida, relevante para problemas tales como la geotermia, el almacenamiento de gas (caso Castor) o la fracturación hidràulica. También en este periodo se desarrolló con fuerza la línea de trabajo sobre Hidrología Urbana, contribuyendo a reconocer el agua subterrànea urbana como un recurso hidràulico mes al alcance de la sociedad. Un hallazgo anecdòtica, pero ilustrativa fue descubrir que el agua subterrànea de Barcelona contiene drogas aunque las concentraciones son mucho más bajas de lo que cabría esperar, poniendo de manifiesto que se degradan.

Un trabajo especialmente interesante fue aplicar los conceptos de barreras reactivas, desarrollados en colaboración con el Grupo de Hidrogeoquímica, la recarga artificial de acuíferos, poniendo una capa reactiva sobre el fondo de las balsas de recarga. Esta capa fue diseñada para favorecer la retención y degradación de contaminantes orgánicos, lo que se consiguió.

Hydrology line was developed, contributing to recognizing the urban groundwater month as a water resource available to society. An illustrative but anecdotal finding was the discovery that Barcelona groundwater contains drugs, although the concentrations are much lower than expected, showing that drugs degrade.

A particularly interesting study developed in collaboration with the Hydrogeochemistry Group applied the concepts of reactive barriers to artificial recharge, putting a reactive layer on the bottom of refill ponds. This layer is planned to promote retention and degradation of organic pollutants, which was achieved.



**APORTACIONS CIENTÍFIQUES I TECNOLÒGIQUES**  
APORTACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL CONTRIBUTIONS

3

# ESTRUCTURA I DINÀMICA DE LA TERRA

## ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA TIERRA

### STRUCTURE AND DYNAMICS OF THE EARTH

Ramon Carbonell\*, Antonio Villaseñor, Josep Gallart, Manuel Fernández, Dennis Brown, Jaume Vergés, Joaquina Álvarez-Marrón, Jordi Diaz, Montserrat Torné, Concepción Ayala, Daniel García-Castellanos, Ivone Jiménez-Munt, Martin Schimmel, Ignacio Marzán

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*

#### ■ Introducció/Presentació

El Grup de Recerca sobre l'Estructura i Dinàmica de la Terra es va iniciar el 1987 amb el nom de Departament de Geofísica i, des de llavors, ha desenvolupat recerca en la caracterització multidisciplinària de l'estructura i els processos dinàmics de la Terra. Al llarg dels anys, la mida del Grup ha augmentat, els temes de recerca s'han ampliat i s'hi ha integrat una àmplia gamma de diferents metodologies i conjunts de dades. En l'actualitat, l'equip d'investigació està format per 13 investigadors de plantilla, més personal pre- i postdoctoral i tècnics. Són tots especialistes en Sismologia/Sismicitat, Tectònica / Geologia Estructural, i Modelització Numèrica de Processos Geodinàmics. Les eines d'exploració geofísica són un actiu per a la investigació del Grup, ja que són capaces de determinar l'estructura del subsòl d'una regió, la distribució de les diferents formacions rocoses i detectar estructures com ara falles, plecs i roques intrusives. Aquestes metodologies són per a l'especialista en Ciències de la Terra el mateix que els raigs X o les imatges per ultrasò (ecografies) són per a les ciències mèdiques.

#### ■ Introducción/Presentación

El Grupo de Investigación sobre la Estructura y Dinámica de la Tierra se inició en 1987 bajo el nombre de Departamento de Geofísica y desde entonces ha desarrollado investigación en la caracterización multidisciplinar de la estructura y procesos dinámicos de la Tierra. A lo largo de los años, el tamaño del Grupo aumentó y los temas de investigación se ampliaron, integrando una amplia gama de diferentes metodologías y conjuntos de datos. En la actualidad, el equipo de investigación está formado por 13 investigadores de plantilla, más personal pre- y post-doctoral, y personal técnico. Son todos especialistas en Sismología/Sismicidad, Tectónica/Geología Estructural y Modelización numérica de procesos geodinámicos. Las herramientas de exploración geofísica son un activo para la investigación del Grupo. Estas técnicas son capaces de determinar la estructura del subsuelo de una región, la distribución espacial de las distintas formaciones rocosas, y detectar estructuras tales como fallas, pliegues y rocas intrusivas. Estas metodologías son para el especialista en Ciencias de la Tierra lo que los rayos X o imágenes por ultrasonido (ecografías) son a las ciencias médicas.

#### ■ Introduction/Presentation

The Research Group of the Structure and Dynamics of the Earth was initiated in 1987 as the Department of Geophysics and, since then, it has undertaken a multidisciplinary characterization of the structure and dynamic processes of the Earth, from its interior to its surface. Over the years, the size of the Group increased and the research topics have broadened, integrating a relatively large range of different methodologies and datasets. Currently, the research team consists of 13 staff researchers plus post-doctoral, doctoral and technical personnel focusing on Seismology/Seismicity, Tectonics/Structural Geology, and Geodynamics/Numerical Modeling. Geophysical exploration tools are an asset to the group's research. These techniques map the subsurface structure of a region, elucidating the underlying structures, spatial distribution of rock units, and detect structures such as faults, folds and intrusive rocks. These methods are to the Earth scientist what X-rays or ultrasound imaging are to medical sciences.

Seismic methods are extensively used to characterize the subsurface at different scales of resolution by the hydrocarbon exploration in-



**Estructura i dinàmica de la Terra. A la recerca de l'estructura interna de la Terra i els processos que en modelen l'aspecte i la forma de la superfície actual (topografia).**  
(Autor: M. Montero).

Estructura y Dinámica de la Tierra. En busca de la estructura interna de la Tierra y los procesos que modelan el aspecto, forma de la superficie actual (topografía).  
(Autor: M. Montero).

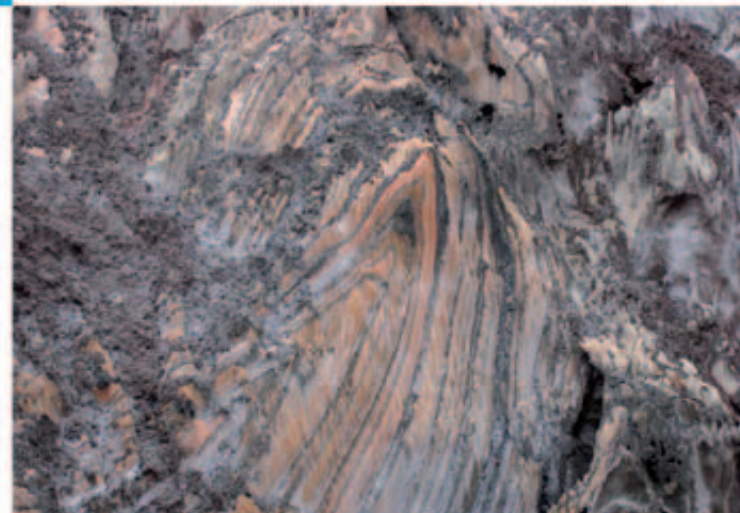
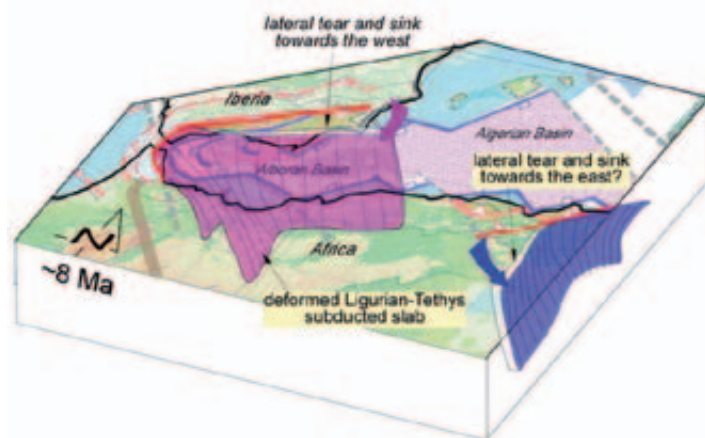
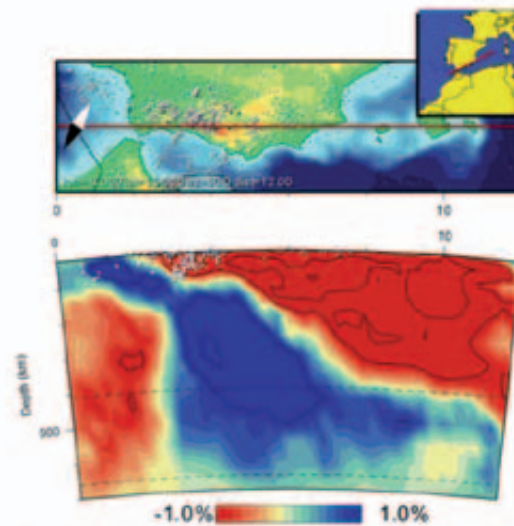
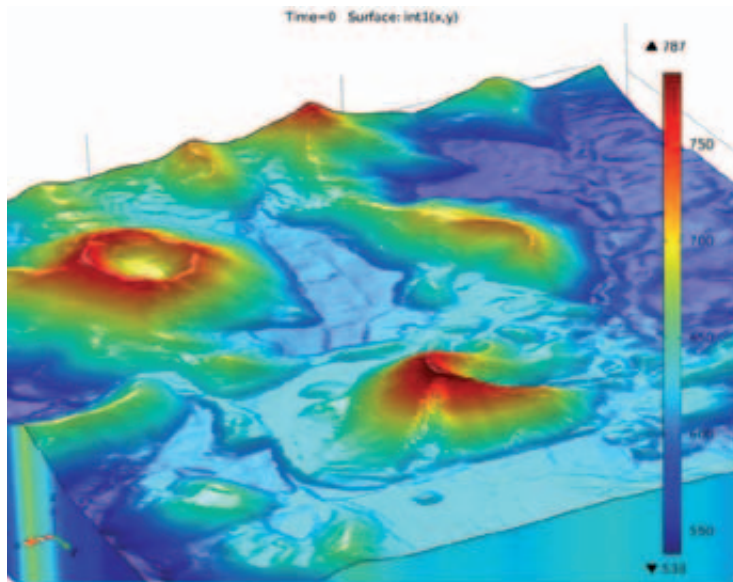
The Structure and Dynamics of the Earth. Looking deep into the structure of the Earth and what causes the current the surface appearance (i.e. topography).  
(Author: M. Montero).



La indústria d'exploració d'hidrocarburs utilitza àmpliament i de forma rutinària els mètodes sísmics per caracteritzar el subsòl a diferents escales de resolució. Aquests mètodes indirectes usen l'energia acústica emesa per una font controlada (per exemple, explosió, vibroseis, canó d'aire, etc.) i/o una font natural (terratrèmols) per determinar l'estructura i la distribució de les velocitats de propagació de l'energia sísmica en el subsòl. L'energia sísmica generada a la font es propaga a través del mitjà (el subsòl). L'estructura i les propietats físiques del medi pel qual es propaga modifiquen aquesta energia, el camp d'ones (es generen retards en la propagació, es dispersen els fronts, s'atenuen les amplituds, etc.). L'exploració sísmica utilitza el camp d'ones modificat observat en la superfície per inferir les propietats i/o l'estructura del mitjà pel qual s'ha propagat. Les característiques del subsòl també es poden determinar utilitzant altres tècniques d'exploració geofísica com els mètodes basats en la mesura dels camps potencials (gravetat, conductivitat/resistivitat, camp magnètic, etc.) i les seves anomalies. Els mètodes numèrics, la modelització i inversió de les observacions i les mesures obtingudes en la superfície permeten determinar l'estructura i les propietats físiques del subsòl. D'altra banda, la geologia estructural i la tectònica tenen per objecte proporcionar una comprensió de la dinàmica del camp d'esforços i connectar-lo a esdeveniments importants que han succeït en el passat geològic regional, correlacionant l'evolució estructural d'una àrea específica amb els patrons de deformació de les roques de la regió. Aquestes disciplines fan observacions de la geometria actual de la distribució de les roques i realitzen mesures de detall de la

La industria de exploración de hidrocarburos utiliza ampliamente y de forma rutinaria los métodos sísmicos para caracterizar el subsuelo a distintas escalas de resolución. Estos métodos indirectos utilizan la energía acústica emitida por una fuente emisora controlada (por ejemplo, una explosión, camiones vibroseis, cañones de aire, etc.) y/o una fuente natural (terremotos) para determinar la estructura y la distribución de las velocidades de propagación de la energía sísmica en el subsuelo. La energía sísmica generada en la fuente se propaga a través del medio (el subsuelo). La estructura y las propiedades físicas del medio por el que se propaga modifican dicha energía o campo de ondas (generan retrasos en la propagación, dispersan los frentes, atenúan la amplitud, etc...). La exploración sísmica utiliza el campo de ondas modificado y observado en la superficie para inferir las propiedades y/o la estructura del medio por el que se ha propagado. Las características del subsuelo también se pueden determinar utilizando otras técnicas de exploración geofísica como los métodos basados en la medición de campos potenciales (gravedad, la conductividad/resistividad, campo magnético, etc.) y sus anomalías. Los métodos numéricos, modelización e inversión de las observaciones, medidas obtenidas en la superficie, permiten determinar la estructura y propiedades físicas del subsuelo. Por otra parte, la geología estructural y la tectónica tienen por objeto proporcionar una comprensión de la dinámica del campo de esfuerzos y conectarlo a eventos importantes que han sucedido en el pasado geológico regional; correlacionando la evolución estructural de un área específica con los patrones de deformación de las rocas de la región. Estas disciplinas reali-

zadas. These indirect methods use the energy emitted by a controlled (e.g. explosion, vibroseis, air gun, etc.) and/or natural (e.g. earthquake) emission of acoustic energy to image and/or determine the seismic velocity structure of the underground. The seismic energy generated at the source propagates through the medium (i.e. the subsurface of the Earth) and is modified by its physical properties. Exploration seismology uses the modified wave field observed at the surface to infer the properties and/or structure of the media. The characteristics of the subsurface can also be inferred using other exploration geophysical techniques, such as those based on the measurement of potential fields (e.g. gravity, conductivity/resistivity, magnetic field, etc.) and their anomalies. The underground structures are constrained with the help of mathematics by forward modeling and/or inversion of the observed measurements of the specific physical property. Furthermore, structural geology and tectonics aim to provide an understanding of the dynamics of the stress field, connecting it to important events in the regional geologic past; cross-correlating the structural evolution of a particular area with the regionally widespread patterns of rock deformation. These disciplines carry out observations of the geometry of the present-day distribution of the rocks and measure in detail their fabrics in order to uncover the deformation and unravel the distribution of the stress field that resulted in the observed strain and geometries. Geodynamics and numerical modeling make use of physics, chemistry and mathematics to understand the movement of material throughout the Earth. These also involve the deformation of geologic materials (brittle and ductile), and the resulting patterns and structures as well as



Des de l'anàlisi de dades a la generació de models i processos dinàmics. A la part superior esquerra, un exemple del camp potencial superposat a la topografia. A la part superior dreta, imatge tomogràfica de les ones sísmiques P. Tall transversal de l'anomalia de velocitat  $V_p$  en tota la zona de l'Arc de Gibraltar i de la Serralada Bètica. S'observa una anomalia de velocitat relativament alta (en tons blaus), que s'ha associat a la placa, llosa oceànica que retrocedeix. A la part inferior esquerra, model tridimensional de la llosa sota la conca del mar d'Alborán al sud de la Península Ibèrica. L'estructura de color rosa representa la llosa, placa sota de la conca d'Alborán. A la part inferior dreta hi ha una imatge d'un plec. (Autors: composició M. Torné, amb la contribució d'A. Geyer, A. Villaseñor i D. García-Castellanos, J. Vergés i M. Fernández).

Desde el análisis de datos a la generación de modelos y procesos dinámicos. En la parte superior izquierda: un ejemplo del campo potencial superpuesto a la topografía. En la parte superior derecha: imagen tomográfica de las ondas sísmicas P. Corte transversal de la anomalía de velocidad  $V_p$  en toda la zona del Arco de Gibraltar y de la cordillera Bética. Se observa una anomalía de velocidad relativamente alta (en tonos azules). Esta anomalía se ha asociado a la placa, llosa oceànica que retrocede. En la parte inferior izquierda. Modelo tridimensional de la llosa bajo la cuenca de Alborán en el sur de la Península Ibérica. La estructura de color rosa representa la llosa, placa debajo de la cuenca de Alborán. En la parte inferior derecha es una imagen de un pliegue. (Autores: composición M. Torné, con la contribución de A. Geyer, A. Villaseñor y D. García-Castellanos, J. Vergés y M. Fernández).

From data analysis to models and their dynamics. Top left: An example of the potential field data values overlaid on the topography. Top right: P-wave tomographic image. Cross section of the  $V_p$  velocity anomaly across the area of the Gibraltar arc and the Betic Orogen. It reveals the relatively high velocity anomaly (in blue). This velocity anomaly is associated to the retreating slab. Bottom left: Three-dimensional model of the slab beneath the Alboran Basin in Southern Iberia. The pink structure represents the slab beneath the Alboran Basin. Bottom right is a field picture of a fold. (Authors: composition M. Torne, with the contributions of A. Geyer, A. Villaseñor and D. García-Castellanos, J. Vergés and M. Fernández).

seva fàbrica per tal de descobrir la deformació i desentranyar la distribució del camp d'esforços que va donar lloc a la geometria i deformació actual. La geodinàmica i la modelització numèrica utilitzen la física, la química i les matemàtiques per comprendre el moviment de material en tota la Terra. Aquests estudis també inclouen la deformació de materials geològics (fràgils i dúctils) i els patrons i estructures resultants, així com hipòtesis sobre els mecanismes d'accionament.

L'objectiu principal del Grup és l'estudi de l'estructura i els processos dinàmics de l'interior de la Terra a diferents escales mitjançant la combinació d'una àmplia gamma de conjunts de dades i metodologies, que inclouen la geofísica i la geologia, la modelització numèrica, la geodèsia i la geoquímica. A gran escala, les qüestions abordades estan relacionades amb la caracterització de l'escorça i la litosfera, la formació i l'evolució dels sistemes orogènics i dels marges continentals, i la interacció entre els processos profunds i superficials que donen forma a la topografia de la Terra. A escala local, combinem dades de sísmica d'alta resolució, dades de camp potencials i geologia amb models numèrics per aconseguir enfocaments integrats de recerca aplicada que responguin a necessitats de la indústria i a demandes socials.

Enric Banda Tarradellas, exdirector del Departament de Geofísica del Servei Geològic de Catalunya, el 1987 va dirigir el Departament de Geofísica de l'Institut Jaume Almera. Durant els anys 1980 el Govern espanyol va donar un important impuls a la investigació científica, i a les Ciències de la Terra, en particular. Durant els tres anys següents, el Departament va

zan observaciones de la geometría actual de la distribución de las rocas y realizan medidas de detalle de su fábrica con el fin de descubrir la deformación y, desentrañar la distribución del campo de esfuerzos que dio lugar a la geometría y deformación actual. La geodinámica y la modelización numérica utilizan la física, la química y las matemáticas para comprender el movimiento de material en toda la Tierra. Estos también incluyen la deformación de materiales geológicos (frágiles y dúctiles), y los patrones y estructuras resultantes, así como hipótesis sobre los mecanismos de accionamiento.

El objetivo principal del Grupo es el estudio de la estructura y los procesos dinámicos del interior de la Tierra a diferentes escalas mediante la combinación de una amplia gama de conjuntos de datos y metodologías, que incluyen: la geofísica, la geología, la modelización numérica, la geodesia y la geoquímica. A gran escala, las cuestiones abordadas están relacionadas con la caracterización de la corteza y la litosfera, la formación y evolución de los sistemas orogénicos y de los márgenes continentales, y la interacción entre los procesos profundos y superficiales que dan forma a la topografía de la Tierra. A nivel local, combinamos datos de sísmica de alta resolución, datos de campo potenciales y geología con modelos numéricos para lograr enfoques integrados de investigación aplicada que respondan a necesidades de la industria y a demandas sociales.

Enric Banda Tarradellas ex-director del Departamento de Geofísica del Servicio Geológico de Catalunya, en 1987, nucleó el Departamento de Geofísica del Institut Jaume Almera. Durante los años 80 el Gobierno español dio un importante impulso a la investigación científica, y a

hypotheses of the driving mechanisms.

The main aim of the Group is to study the structure and dynamic processes of the Earth's interior at different scales by combining a wide range of datasets and methodologies, including geophysics and geology, numerical modeling, geodesy and geochemistry. At a large scale, the questions addressed are related to the characterization of the crust and lithosphere, the formation and evolution of orogenic systems and continental margins, and the interaction between deep-seated and shallow processes that shape the Earth's surface. At a local scale, we combine high-resolution seismic surveys, potential field data, and surface geology with numerical modeling to achieve integrated approaches to applied research responding to industry and societal demands.

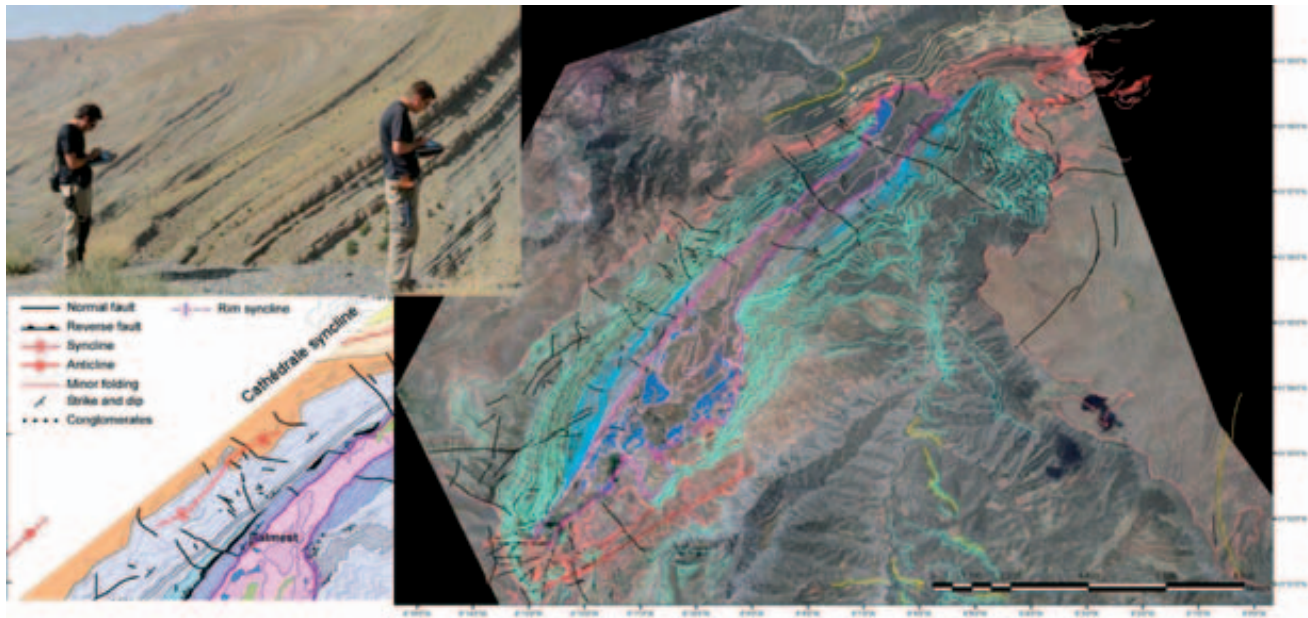
Enric Banda Tarradellas, the former director of the Department of Geophysics of the Catalan Geological Survey, in 1987, formed Jaume Almera's Department of Geophysics. During the 1980s the Spanish Government gave an important boost to scientific research, and to Earth Sciences in particular. Within the following 3 years, the department incorporated young scientists specializing in different disciplines of geophysics: Seismology (Josep Gallart), Marine Geophysics (Juan José Dañoibeitia), Paleomagnetism (Josep Maria Parés), Geodynamics/Numerical Modelling (Manel Fernandez) and Geology/Logging (Maria José Jurado). Later on three research lines were boosted, namely Potential fields (Montserrat Torné), Seismology (Jordi Diaz and Ramon Carbonell), Tectonics and Structural Geology (Andrés Pérez-Estaún, Dennis Brown, Joaquina Alvarez-Marrón and Jaume Vergés: unfortunately, Andrés Pérez-

incorporar joves científics especialitzats en diferents disciplines de la Geofísica: Sismologia (Josep Gallart), Geofísica Marina (Juan José Dañoibeitia), Paleomagnetisme (Josep Maria Parés), Geodinàmica i Modelització Numèrica (Manel Fernández) i Geologia-Diagrafies-Sondejos (María José Jurado). Més tard es van impulsar tres línies d'investigació: Camps

las Ciencias de la Tierra, en particular. Dentro de los tres años siguientes, el Departamento incorporó jóvenes científicos especializados en diferentes disciplinas de la geofísica: Sismología (Josep Gallart), Geofísica Marina (Juan José Dañoibeitia), Paleomagnetismo (Josep María Parés), Geodinàmica/Modelización Numèrica (Manel Fernández) y Geología/

Estaún passed away suddenly in August 2014), and Earthquakes and Seismicity (Mariano Garcia). In 1994, Enric Banda left the Institute moving to the Ministry of Education and Science in Madrid, and in 1998, Josep Maria Pares moved to the University of Michigan.

During the first decade of the present century, several changes occurred in the Department



Des de les observacions en el camp a les noves tecnologies, integració de dades de camp utilitzant les capacitats del laboratori en visualització en 3D. Obtenció d'informació de geologia estructural del sinclinal de Cathédrale, prop de Talmest al Marroc. Les observacions obtingudes en el camp s'introdueixen en un ordinador palm-top (tauleta), amb localització GPS, tot incorporat en temps real sobre un mapa topogràfic. (Autor: J. Vergés).

Desde las observaciones en el campo a las nuevas tecnologías, integración de datos de campo utilizando las capacidades del laboratorio en visualización 3D. Obtención de información de geología estructural del Sinclinal de Cathédrale, cerca de Talmest en Marruecos. Las observaciones obtenidas en el campo se introducen en un ordenador palm-top (tableta), con localización GPS todo incorporado en tiempo real sobre un mapa topográfico. (Autor: J. Vergés).

From the field to the new technologies, integration of field data in 3D laboratory utilities. Field geological mapping of the Cathédrale Syncline, close to Talmest in Morocco. Surface information is introduced in the field into a palm-top computer, tablet which is GPS located and incorporated in real time onto a surface topography map. (Author: J. Vergés).

Potencials (Montserrat Torné), Sismologia (Jordi Díaz i Ramon Carbonell), Tectònica i Geologia Estructural (Andrés Pérez-Estaún, Dennis Brown, Joaquina Álvarez-Marrón i Jaume Vergés. Per desgràcia, Andrés Pérez-Estaún va morir sobtadament l'agost de 2014) i Terratrèmols i Sismicitat (Mariano García). El 1994, Enric Banda va deixar l'Institut per traslladar-se al Ministeri d'Educació i Ciència a Madrid, i el 1998, Josep Maria Parés es va traslladar a la Universitat de Michigan.

Durant la primera dècada d'aquest segle, diversos canvis van ocórrer en el Departament relacionats amb reorganitzacions internes de l'Institut i en l'Àrea de Ciències de la Terra del CSIC. El 2001 el Grup de Geofísica Marina es va traslladar al recentment creat CMIMA (Centre Mediterrani d'Investigacions Marines i Ambientals) a Barcelona, i el 2007 el Grup de Terratrèmols i Sismicitat es va traslladar al MNCN (Museu Nacional de Ciències Naturals) a Madrid. El 2009, el Grup de Geologia-Diagrafies-Sondejos es va adscriure al nou Departament de Geologia Ambiental i Riscos Geològics. Durant aquesta dècada, diversos científics van reforçar les línies de recerca establertes: Sismologia/Sismicitat (Martin Schimmel i Antonio Villaseñor), Geodinàmica i Modelització Numèrica (Daniel Garcia-Castellanos i Ivonne Jiménez-Munt) i Camps Potencials (Concepció Ayala, que és científica visitant de llarga durada i pertany a l'Institut Geològic i Miner d'Espanya, Madrid).

La investigació s'ha portat a terme dins el marc de projectes científics amb fons procedents de diferents fonts: governs autonòmics i/o regionals, organismes internacionals, agències de finançament espanyoles, europees i d'altres

Diagrafias (María José Jurado). Más tarde se impulsaron tres líneas de investigación: Campos Potenciales (Montserrat Torné), Sismología (Jordi Díaz y Ramon Carbonell), Tectónica y Geología Estructural (Andrés Pérez-Estaún, Dennis Brown, Joaquina Álvarez-Marrón y Jaume Vergés, por desgracia, Andrés Pérez-Estaún falleció repentinamente en agosto de 2014), y Terremotos y Sismicidad (Mariano García). En 1994, Enric Banda dejó el Instituto para trasladarse al Ministerio de Educación y Ciencia en Madrid, y en 1998, Josep Maria Parés se trasladó a la Universidad de Michigan.

Durante la primera década del presente siglo, varios cambios ocurrieron en el Departamento relacionados con reorganizaciones internas del Instituto y en del área de Ciencias de la Tierra del CSIC. En 2001 el grupo de Geofísica Marina se trasladó al recién creado CMIMA (Centro Mediterráneo d'Investigaciones Marines i Ambientals) en Barcelona, y en 2007 el grupo de Terremotos y Sismicidad se trasladó a la MNCN (Museo Nacional de Ciencias Naturales) en Madrid. En 2009, el grupo de Geología/Diagrafias se adscribe al nuevo Departamento de Geología Ambiental y Riesgos Geológicos. Durante esta década, varios científicos reforzaron las líneas de investigación establecidas: Sismología/sismicidad (Martin Schimmel y Antonio Villaseñor) y Geodinámica y Modelización Numérica (Daniel García-Castellanos y Ivonne Jiménez-Munt) y Campos Potenciales (Concepción Ayala; que es científica visitante de larga duración perteneciente al Instituto Geológico y Minero de España, Madrid).

La investigación se lleva a cabo dentro del marco de proyectos científicos con fondos

related to internal reorganizations of the Institute and within the Earth Sciences area of the CSIC. In 2001 the group of Marine Geophysics moved to the recently created CMIMA (Centre Mediterrani d'Investigacions Marines i Ambientals) in Barcelona, and in 2007 the group of Earthquakes and Seismicity moved to the MNCN (Museo Nacional de Ciencias Naturales) in Madrid. In 2009, the group of Geology/Logging is ascribed to the new Department of Environmental Geology and Geohazards. During this decade, several scientists strengthened the established research groupings of Seismology/Seismicity (Martin Schimmel and Antonio Villaseñor) and Geodynamics/Numerical Modeling (Daniel Garcia-Castellanos and Ivonne Jiménez-Munt) and Potential Fields (Concepción Ayala; who is a long-term visiting scientist from the Instituto Geológico y Minero de España, Madrid).

Research has been carried out within the framework of scientific projects with funding from different sources, including regional-autonomic, national Spanish, European and/or other international agencies (European Framework Programs, European Science Foundation, UNESCO, etc.). Industry has also sponsored a relatively large number of applied collaborative research programs addressed to assess the demands for industrial and societal applications. The research activity developed by the group involves an important part of experimental science, therefore, it has been instrumental the creation of a laboratory facility devoted to seismic data acquisition, processing and interpretation, numerical geodynamic modeling, and remote sensing mapping. The research activities developed by the research group can be assem-

(programes marc europeus, la Fundació Europea de la Ciència, UNESCO, etc.). La indústria també ha patrocinat un nombre relativament gran dels programes de recerca aplicada. Aquesta investigació està dirigida vers les necessitats industrials i desafiaments socials. L'activitat investigadora desenvolupada pel Grup és en gran manera ciència experimental; per tant, ha estat fonamental la creació d'una infraestructura, un laboratori dedicat a l'adquisició de dades sísmiques, a l'anàlisi i processament numèric, a la interpretació, el modelat numèric geodinàmic, i a la cartografia i teledetecció. Les activitats de recerca desenvolupades pel Grup es poden agrupar en investigació per a la generació de coneixement (recerca bàsica), recerca aplicada, desenvolupament de metodologies i instrumentació, formació, educació de pre- i postgrau i personal tècnic i, mobilitat i difusió. Aquests temes se superposen, de manera que no hi ha una frontera clara entre aquestes activitats ni en els projectes ni en les fonts de finançament. Des de 1996, el Govern autonòmic de la Generalitat de Catalunya ha reconegut el Grup com a Grup de Recerca d'Excel·lència (SGR - Suport a Grups de Recerca, en Català).

#### **La investigació per a la generació de coneixement, recerca bàsica**

Des de la creació, el Grup s'ha centrat en l'estructura i les propietats físiques de l'escorça i el mantell superior i els processos geodinàmics que hi tenen lloc. També ha desenvolupat, provat i validat metodologies i tècniques per abordar millor aquests objectius. Els científics del Grup col·laboren amb investigadors de renom d'arreu del món en projectes internacionals, relativament grans que aborden

procedentes de diferentes fuentes, incluyendo: gobiernos autonómicos y/o regionales, organismos internacionales, agencias de financiación españolas, europeas y otros (Programas Marco Europeo, la Fundación Europea de la Ciencia, UNESCO, etc.). La industria también ha patrocinado un número relativamente grande de los programas de investigación aplicada. Esta investigación está dirigida por las demandas de las necesidades industriales y desafíos sociales. La actividad investigadora desarrollada por el Grupo es en gran medida ciencia experimental, por lo tanto, ha sido fundamental la creación de una infraestructura, laboratorio dedicado a la adquisición de datos sísmicos, al análisis y procesado de datos, a la interpretación, al modelado numérico geodinámico, a la cartografía, y a tele-detección. Las actividades de investigación desarrolladas se pueden agrupar en investigación para la generación de conocimiento, investigación aplicada, desarrollo de metodologías e instrumentación, formación/educación de Post-Grado y personal técnico y, Movilidad y Difusión. Estos temas se superponen, de manera que no existe una frontera clara entre estas actividades ni en los proyectos ni en las fuentes de financiación. Desde 1996, el Grupo ha sido reconocido por el Gobierno autonómico de la Generalitat de Catalunya como Grupo de Investigación de Excelencia (SGR - Suport a Grups de Recerca, en Catalán).

#### **La investigación para la generación de conocimiento, ciencia básica**

Desde su creación, el Grupo se ha centrado en la estructura y propiedades físicas de la corteza y el manto superior y los procesos geodinámicos que tienen lugar. También ha desarrolla-

bled into Knowledge-Driven Research, Applied Oriented Research, Methodological Development and Instrumentation, and Post-Graduate Education, Training, Mobility and Outreach. These themes overlap; that is, there is no clear boundary between these activities in projects and funding sources. Since 1996, the Group has been recognized by the Generalitat de Catalunya Regional Government as a Research Group of Excellence (SGR - Suport a Grups de Recerca, in Catalan).

#### **Knowledge-Driven Research**

Since its creation, the Group has targeted the structure and physical properties of the crust and upper mantle as well as the ongoing geodynamic processes. It has also developed, tested and validated methodologies/techniques to address these objectives better. The scientists within the Group worked hand-in-hand with well-known researchers within Europe, USA, and worldwide in relatively large international projects addressing targets at different locations, in the Iberia peninsula, within Europe, Africa, Asia, Central and South America, Antarctica, etc.

During the 1980s, the internal architecture of the crust and upper mantle, particularly in orogenic belts and continental margins, was the focus of deep seismic profiling projects, which were being developed by different research groups all over the world. The target to be addressed was to understand the structure and geodynamic evolution of those geological settings and to generate new knowledge on the nature of the continental crust with the aid of indirect experimental geophysical methods. In Spain, key projects supported by the national

els objectius en diferents llocs: a la Península Ibèrica, dins d'Europa, Àfrica, Àsia, Amèrica Central i del Sud, l'Antàrtida, etc.

Durant la dècada de 1980, l'arquitectura interna de l'escorça i el mantell superior, en particular en els cinturons orogènics i en els marges continentals, va ser l'objectiu principal d'un gran nombre de projectes que estaven desenvolupant diferents grups de recerca en tot el món. Aquests projectes involucraven l'adquisició de perfils sísmics profunds. L'objectiu era entendre l'estructura i evolució geodinàmica d'aquests ambients geològics i generar coneixement sobre la naturalesa de l'escorça continental, amb l'ajuda de mètodes geofísics experimentals. A Espanya, els principals projectes amb finançament nacional, en els quals el Departament de Geofísica va participar activament, inclouen l'adquisició del perfil de sísmica profunda multicanal que va creuar els Pirineus (ECORS-Pirineus), en col·laboració amb institucions franceses i la Universitat de Barcelona. A la fi dels anys 1980, el va seguir l'adquisició de perfils sísmics profunds en mar al "València Trough" (conca Balear), en col·laboració amb institucions franceses i dels Estats Units i la Universitat de Barcelona. Tots dos projectes suposen un actiu clau en el coneixement de l'estructura interna dels Pirineus i la conca Balear mitjançant l'adquisició i el processament de dades de sísmica multicanal i la modelització integrada amb altres observables geològics i geofísics. Dins el mateix període, es va abordar la determinació de l'anisotropia i les heterogeneïtats en el mantell sota la Península Ibèrica, un esforç europeu a gran escala finançat per la Unió Europea (UE) i en el qual van participar equips de

do, probado y validado metodologías/técnicas para abordar mejor estos objetivos. Los científicos del Grupo colaboran con investigadores de renombre en Europa, EE.UU. y en todo el mundo en proyectos internacionales, relativamente grandes que abordan los objetivos en diferentes lugares, en la Península Ibérica, dentro de Europa, África, Asia, América Central y del Sur, en la Antártida, etc.

Durante la década de los 80, la arquitectura interna de la corteza y el manto superior, en particular en los cinturones orogénicos y en los márgenes continentales, fue el objetivo principal de un gran número de proyectos que se desarrollaron por distintos grupos de investigación en todo el mundo. Estos proyectos involucraban la adquisición de perfiles sísmicos profundos. El objetivo era entender la estructura y evolución geodinámica de esos ambientes geológicos y generar conocimiento sobre la naturaleza de la corteza continental, con la ayuda de métodos geofísicos. En España, los principales proyectos apoyados por el plan nacional de investigación, en los cuales, el Departamento de Geofísica participó activamente incluyen: la adquisición del perfil de sísmica profunda multicanal a través de los Pirineos (ECORS-Pyrénées), en colaboración con instituciones francesas y la Universidad de Barcelona. A éste le siguió a finales de los años 80 la adquisición de perfiles sísmicos profundos en mar en el "Valencia Trough" (cuenca Balear), en colaboración con instituciones francesas y de Estados Unidos y la Universidad de Barcelona. Ambos proyectos suponen un activo clave en el conocimiento de la estructura interna de los Pirineos y la cuenca Balear mediante la adquisición y procesado de datos de sísmica

research agency, in which the Department actively participated, include: the acquisition of the multichannel deep seismic profile across the Pyrenees (ECORS-Pyrenees), in collaboration with French institutions and the University of Barcelona. This was followed in the late 1980s by the acquisition of marine deep seismic profiles in the Valencia Trough, in collaboration with French and USA institutions and the University of Barcelona. Both projects supposed a key asset in the knowledge of the internal structure of the Pyrenees and the Valencia Trough via the acquisition and processing of multichannel seismic data and the integrated modeling with other geological and geophysical observables. Within the same period, a large-scale European effort funded by the European Union (EU) aimed to discriminate between mantle heterogeneity and anisotropy in the Iberian Peninsula; this effort involved teams from 9 countries and was coordinated by our group.

During the 1990s the Estudios Sísmicos de la Corteza Ibérica (ESCI) programme supported by the Spanish funding agency was a milestone, fostering research in Geosciences. ESCI (1990-1993) consisted of the acquisition of 1325 km of multichannel seismic profiles (MCS) offshore and 450 km onshore. This program included different projects targeting the crustal structure in key tectonic areas: the Catalan Coastal Ranges, the Valencia Trough (coordinated by the Group), the Betic Mountains and the Alboran Basin, and, the Cantabrian Mountains and North Iberian margin. All these projects were carried out in joint collaboration with several Spanish universities and research institutions. Again, the interpretation of the acquired data required a multidisciplinary approach with the

## 9 països coordinats pel nostre grup.

Durant els anys 1990, l'Agència de Finançament Espanyola va donar suport al programa d'Estudis Sísmics de l'Escorça Ibèrica (ESCI), que va fomentar la recerca en Ciències de la Terra. L'ESCI (1990-1993) va consistir en l'adquisició de 1.325 km de perfils sísmics multicanal (MCS) en alta mar i de 450 km a terra. Aquest programa va incloure diferents projectes dirigits a la caracterització de l'estructura de l'escorça terrestre en zones tectòniques clau: els Catalànids, la conca Balear (coordinat pel Grup), la serralada Bètica i la conca d'Alborán, i el marge Nord Ibèric i la Serralada Cantàbrica. Es van dur a terme tots aquests projectes en col·laboració amb diverses universitats i institucions de recerca espanyoles. Un cop més, la interpretació de les dades adquirides requereix un enfocament multidisciplinari amb la participació de la majoria dels especialistes del Grup.

També dins d'aquesta dècada, el Grup va coordinar el projecte internacional Iberian Atlantic Margins, finançat per la UE al llarg de la costa occidental de la Península Ibèrica. Aquest projecte es va dedicar a determinar l'estructura de la litosfera, la naturalesa de la plataforma continental, la ubicació de la transició continent-oceà, la imatge sísmica dels reflectors inclinats cap al mar típics de marges rift i la identificació de les crestes de peridotites al basament oceànic. El Grup també va ser responsable del projecte multiinstitucional per estudiar l'estructura en 3D i l'evolució tectono-sedimentària de la conca d'avantpaís del Guadalquivir. Aquest projecte va combinar la interpretació de MCS, diagrames de sondejors, geologia de superfície, geofísica i la modelit-

multicanal y el modelado integrado con otros observables geológicos y geofísicos. Dentro del mismo periodo, se abordó la determinación de heterogeneidades en el manto y anisotropía bajo la Península Ibérica. Un esfuerzo europeo a gran escala financiado por la Unión Europea (UE) y en el que participaron equipos de 9 países y fue coordinado por nuestro grupo.

Durante los años 90 la agencia de financiación Española apoyó el programa de Estudios Sísmicos de la Corteza Ibérica (ESCI). Este programa fue un hito fomentando la investigación en Ciencias de la Tierra. ESCI (1990-1993) consistió en la adquisición de 1325 km de perfiles sísmicos multicanal (MCS) en alta mar y de 450 km en tierra. Este programa incluyó distintos proyectos dirigidos a la caracterización de la estructura de la corteza terrestre en zonas tectónicas clave: los Catalanides, la cuenca Balear (coordinado por el Grupo), la cordillera Bética y la cuenca de Alborán, y, el margen Nor-Ibérico y la Cordillera Cantábrica. Se llevaron a cabo todos estos proyectos en colaboración con varias universidades e instituciones de investigación españolas. Una vez más, la interpretación de los datos adquiridos requirió un enfoque multidisciplinar con la participación de la mayoría de los miembros del Grupo.

También dentro de esta década, el Grupo coordinó el proyecto internacional "Iberian Atlantic Margins", financiado por la UE a lo largo de la costa occidental de la Península Ibérica. Este proyecto se dedicó a determinar la estructura de la litosfera, la naturaleza de la plataforma continental, la ubicación de la transición continente-oceano, la imagen sísmica de los reflectores inclinados hacia el mar típicos de márgenes rift, la identificación de las crestas

participation of most of the members of the Group.

Also in this decade, the Group led the international Iberian Atlantic Margins EU project offshore western Iberia. This project was devoted to constraining the lithospheric structure, the nature of the continental shelf, the location of the continental-oceanic transition, imaging the typical sea dipping reflectors of rifted margins, and identifying the peridotitic ridges in the oceanic basement. The Group was also responsible for the multi-institutional project to study the 3D structure and tectono-sedimentary evolution of the Guadalquivir foreland basin, combining MCS interpretation, well-logging, surface geology, geophysics and geodynamic numerical modeling. This project was part of the Integrated Basin Studies – an EU project that targeted the geological and geophysical modeling of sedimentary basins in Europe.

After German reunification (in 1990) and the subsequent political upheavals in Eastern Europe, the European Science Foundation launched the Pan-European collaborative research program EUROPROBE (1992–2001) involving more than 500 scientists from 24 countries. This was an interdisciplinary program, consisting of 10 study regions or megaprojects, combining surface observations with deep geophysical and geochemical probing to obtain an integrated image of the whole lithosphere in selected tectonically intriguing regions of Europe. The Research Group in close collaboration with other teams of scientists (national and international) contributed to the knowledge developed within these targets using a variety of techniques, that included: multi-seismic experiments (normal incidence and wide-angle seis-



zació numèrica geodinàmica. Aquest projecte va formar part del projecte europeu Integrated Basin Studies, que tenia com a objectiu la modelització geològica i geofísica de les conques sedimentàries europees.

Després de la reunificació alemanya (1990) i els subsegüents canvis polítics a Europa de l'Est, la Fundació Europea de la Ciència va posar en marxa el programa de col·laboració en recerca científica Paneuropea EUROPROBE (1992-2001) en què van participar més de 500 científics de 24 països. Aquest va ser un programa interdisciplinari, compost per 10 regions d'estudi o megaprojectes, que combinaven observacions de superfície amb dades procedents de prospeccions profundes que inclouen: geofísica, geoquímica o diagrames de sondejos, tots amb la finalitat d'obtenir una imatge integrada de tota la litosfera en regions seleccionades, tectònicament desconegudes dins d'Europa. El Grup de Recerca en estreta col·laboració amb altres equips de científics (nacionals i internacionals) va contribuir al coneixement desenvolupant estudis que utilitzaven una varietat de tècniques, que inclouen: múltiples experiments sísmics (perfils de sísmica de reflexió profunda d'incidència normal i de gran angle), dades de camps potencials (anomalies gravimètriques i magnètiques), geologia superficial, etc. Aquest enfocament integral i multidisciplinari és capaç de resoldre l'arquitectura interna de l'escorça i la litosfera i restringir-ne les propietats físiques. El nostre grup ha coordinat diverses activitats de recerca, als Urals i SW-d'Ibèria. En aquest últim projecte, el Grup va ser el responsable de l'adquisició de perfils sísmics al Varisc de la Península Ibèrica. Tots dos projectes van signi-

peridotíticas en el basamento oceánico. El Grupo también fue responsable del proyecto multi-institucional para estudiar la estructura en tres-dimensiones y la evolución tectono-sedimentaria de la cuenca de ante-país del Guadalquivir. Este proyecto combinó la interpretación MCS, digrafías de sondeos, geología de superficie, geofísica y la modelización numérica geodinámica. Este proyecto formó parte del proyecto Europeo "Integrated Basin Studies" tenía como objetivo la modelización geológica y geofísica de las cuencas sedimentarias europeas.

Después de la reunificación alemana (1990) y los subsiguientes cambios políticos en Europa del Este, la Fundación Europea de la Ciencia puso en marcha el programa colaboración en investigación científica Pan-Europea EUROPROBE (1992-2001) en el que participaron más de 500 científicos de 24 países. Éste fue un programa interdisciplinar, compuesto por 10 regiones de estudio o megaproyectos, que combinaban observaciones de superficie con datos procedentes de prospecciones profundas que incluían: geofísica, geoquímica de sondeos; todos con el fin de obtener una imagen integrada de toda la litosfera en regiones seleccionadas, tectónicamente desconocidas dentro de Europa. El Grupo de Investigación en estrecha colaboración con otros equipos de científicos (nacionales e internacionales) contribuyó al conocimiento desarrollado dentro de estos objetivos usando una variedad de técnicas, que incluyen: múltiples experimentos sísmicos (perfiles de sísmica de reflexión profunda de incidencia normal y de gran ángulo), datos de campos potenciales (anomalías gravimétricas y magnéticas) geología superficial,

mic reflection transects), potential field data, surface geology mapping, etc. This multidisciplinary integral approach was able to resolve the internal architecture of the crust and lithosphere and to constrain their physical properties. Our group coordinated several research activities, in the Urals and SW Iberia. In the latter project the Group was responsible for the acquisition of seismic transects across the Variscan Iberian region. Both projects meant a breakthrough in the knowledge of the European Paleozoic orogens; they resulted in unique cross-sections and tectonic models of Orogenic Belts of this age. The scientific results of the Urals characterize a uniquely preserved example of a Paleozoic arc-continent collision and, the SW Iberia an unequal example of a transpressive orogen. The results of both of these studies have since been used as models for other similar fossil and active orogens worldwide. Singular findings in SW Iberia were: the identification of a major dike like mafic intrusion located in the mid-crustal depth in the Ossa Morena Zone, the thickness of the crust all along the transect from the coast (Gulf of Cadiz) to the contact with the Central Iberian Zone, and now up to the Madrid Basin.

In 2006, in order to boost scientific research in Spain, a major funding effort was launched by the Spanish research agency, the Consolider-Ingenio program. Within this program, the Group generated the TOPOIBERIA project, which was a multi-institutional effort coordinated by our research group at the Institute. This has been a singular project within Earth Sciences in Spain involving 10 different research groups within the country, and it fostered the Spanish scientific community to establish an integrated framework to develop multidisciplinary geoscien-



**Perfil de sísmica de reflexió profunda de la litosfera continental: IBERSEIS. Imatge interpretada del perfil de sísmica de reflexió profunda adquirit sota el paraigua EUROPROBE amb l'objectiu de caracteritzar el domini geològic del Varisc del SW d'Ibèria. La imatge superior mostra la interpretació que resumeix les principals estructures geològiques, amb falles i plecs que caracteritzen la part sud del perfil localitzat a la zona geològica sud-portuguesa, després de la zona de sutura a la qual afloren les roques ofiolítiques de Beja Acebuches (BAA). Una troballa important és la zona d'alta amplitud reflectida coneguda com el cos de reflexió IBERSEIS (IBERSEIS Reflection body-IRB), en verd clar localitzat a mitja profunditat en l'escorça. L'experiment d'adquisició de les dades utilitzant les fonts controlades en camions Vibroseis es mostra a la part inferior. (Autor: I. Marzán).**

Perfil de sísmica de reflexión profunda de la litosfera continental: IBERSEIS  
 Imagen interpretada del perfil de sísmica de reflexión profunda adquirido bajo el paraguas EUROPROBE con el objetivo de caracterizar el Varisco del SW-Iberia. La imagen superior muestra la interpretación que resume las principales estructuras geológicas, con fallas y plegamientos que caracterizan el la parte sur del perfil localizado en la zona geológica Surportuguesa, después de la zona de sutura en la que afloran las rocas ofiolíticas de Beja Acebuches (BAA). Un hallazgo importante es la zona de alta amplitud reflejada conocida como el cuerpo de reflexión IBERSEIS (IBERSEIS Reflexión body-IRB), en verde claro localizado a media profundidad en la corteza. El experimento de adquisición de los datos utilizando las fuentes controladas denominadas camiones Vibroseis se muestra en la parte inferior. (Autor: I. Marzán).

Deep seismic probing of the continental lithosphere: IBERSEIS deep seismic reflection profile. Composite sketch of the high-resolution deep seismic reflection transect acquired under the EUROPROBE umbrella for the characterization of the Variscides of SW-Iberia. The top image illustrates the interpretation summarizing the major findings, with the fold and thrust structures to the south as part of the South Portuguese zone, following the suture zone that samples the Beja Acebucho ophiolites (BAA). A major finding is the IBERSEIS reflection body, in light green in the middle of the crust. The field acquisition with the vibroseis sources used is shown at the bottom. (Author: I. Marzan).

ficar un gran avenç en el coneixement dels orògens d'edat paleozoica europea, que van donar lloc a talls geològics i models tectònics d'orògens únics d'aquesta edat sense precedents. Els resultats científics dels Urals caracteritzen un exemple únic d'una col·lisió arc-continent d'edat paleozoica i al SW d'Ibèria un exemple incomparable d'un orogen transpressiu de la mateixa edat. Els resultats d'aquests dos estudis s'han utilitzat com a models per a altres orògens fòssils o actius a tot el món. Troballes singulars a SW d'Ibèria van ser: la identificació d'un dic intrusiu possiblement de composició màfica situat al mig de l'escorça terrestre a la Zona d'Ossa Morena i, el gruix de l'escorça al llarg del perfil des de la costa (Golf de Cadis) fins al contacte amb la Zona Centre Ibèrica, i ara fins a la conca de Madrid.

El 2006, per tal d'impulsar la recerca científica a Espanya, el Ministeri de torn va realitzar un esforç important llançant el programa Consolider-Ingenio. Dins d'aquest programa, el Grup va dissenyar el projecte TOPOIBERIA, de caire multiinstitucional coordinat pel nostre grup de recerca a l'Institut. Aquest ha estat un projecte singular en Ciències de la Terra a Espanya en què van participar 10 grups d'investigació espanyols. El projecte va fomentar dins de la comunitat científica espanyola l'establiment d'un marc integrat per desenvolupar estudis geocientífics de caràcter multidisciplinari dins de la Península Ibèrica. El projecte se centra en el microcontinent format per la Península i els seus marges ja que aquesta unitat constitueix un laboratori natural adequat i ben identificat per la comunitat científica internacional. En el projecte, es va dur a terme recerca de primera línia en la topografia i evolució en 4D

etc. Este enfoque integral y multidisciplinar es capaz de resolver la arquitectura interna de la corteza y la litosfera y restringir sus propiedades físicas. Nuestro grupo ha coordinado varias actividades de investigación, en los Urales y SW-Iberia. En este último proyecto, el Grupo fue el responsable de la adquisición de transectas sísmicas en el Varisco de la Península Ibérica. Ambos proyectos significaron un gran avance en el conocimiento de los orógenos de edad Paleozoica en Europea, que dieron lugar a cortes geológicos y modelos tectónicos de orógenos de esta edad sin precedentes. Los resultados científicos de los Urales caracterizan un ejemplo único de una colisión arco-continente de edad Paleozoica y, el SW-Iberia un ejemplo sin igual de un orógeno transpresivo de la misma edad. Los resultados de estos dos estudios han sido utilizados como modelos para otros orógenos fósiles o activos en todo el mundo. Hallazgos singulares en SW-Iberia fueron: la identificación de un dique intrusivo posiblemente de composición máfica ubicado en mitad de la corteza terrestre en la Zona de Ossa Morena y el espesor de la corteza a lo largo del perfil desde la costa (Golfo de Cádiz) al contacto con la Zona Centro Ibérica, y ahora hasta la cuenca de Madrid.

En 2006, con el fin de impulsar la investigación científica en España, la agencia de financiación realizó un esfuerzo importante lanzando el programa Consolider-Ingenio. Dentro de este programa, el Grupo diseñó el proyecto TOPOIBERIA, que fue un proyecto multi-institucional coordinado por nuestro grupo de investigación en el Instituto. Éste ha sido un proyecto singular en Ciencias de la Tierra en España en el que participaron 10 grupos de

tific studies within the Iberian Peninsula. The project demonstrated that the 'microcontinent' formed by the Iberian Peninsula and its margins constitutes a most suitable natural laboratory, well identified by the international scientific community. In the project, frontier research on its topography and 4-D evolution was carried out. The objective of TOPOIBERIA was to understand the interaction between deep, superficial and atmospheric processes, integrating research on geology, geophysics, geodesy and geotechnology. Knowledge of the relief changes and their causes is of great social impact concerning climate change and the evaluation of natural resources and hazards. Three major domains of research were identified: the southern and northern borders of the Iberian Plate (the Betic-Rif system and the Pyrenean-Cantabrian system) and the central core (i.e. the Meseta and Central-Iberian systems). The project was able to build up a comprehensive, multidisciplinary base of data and results to tackle the key existing questions by developing novel interpretation strategies.

The TOPOIBERIA project focused previous and ongoing projects, and catalyzed new research initiatives. Several of them turned into projects led by researchers in our group, which included: the acquisition of new controlled source seismic data across the Central-Iberian Zone in the Iberian Peninsula, across the Atlas Mountains and across the Rif, both in Morocco, and geodynamic modeling. The shared aim of these projects was to establish the 3D structure, geodynamics and neotectonics of S Iberia and N Africa, a highly complex area where very different evolutionary models have been proposed. While TOPOIBERIA was carried out, a major interdisciplinary

de la Península. L'objectiu de TOPOIBERIA era comprendre la interacció entre els processos profunds, superficials i atmosfèrics, integrant la investigació en geologia, geofísica, geodèsia i geotècnia. El coneixement sobre el subsòl i les variacions en la topografia i les seves causes són de gran impacte social en relació amb el canvi climàtic, l'avaluació dels recursos i riscos naturals. Es van identificar tres dominis principals de recerca: les parts sud i nord de la Placa Ibèrica (la Serralada Bètica - Serralada Rif i el Pirineu - Serralada Cantàbrica) i el nucli central (Meseta i sistemes Central i Ibèric). El projecte va ser capaç de construir una base integral, multidisciplinària de dades i resultats per fer front als interrogants més importants desenvolupant estratègies d'interpretació noves.

El programa TOPOIBERIA va focalitzar projectes anteriors i projectes en curs, i va catalitzar noves iniciatives de recerca. Algunes es van convertir en projectes liderats per investigadors del nostre grup, com ara estudis de modelat geodinàmic i l'adquisició de noves dades sísmiques utilitzant una font emissora controlada creuant la Zona Centreibèrica, aquesta dins la Península Ibèrica i, creuant les serralades de l'Atlas i el Rif, ambdues al Marroc. L'objectiu comú d'aquests projectes va ser establir l'estructura en 3D, la geodinàmica i la neotectònica del sud d'Ibèria i el nord d'Àfrica. Aquesta és una zona de gran complexitat, on s'han proposat diferents models evolutius. Mentre TOPOIBERIA es duia a terme, es va desenvolupar una intensa col·laboració interdisciplinària amb altres grups de recerca nacionals i internacionals, que van presentar conjuntament la iniciativa "Program to Inves-

investigación españoles. El proyecto fomentó dentro de la comunidad científica española el establecimiento de un marco integrado para desarrollar estudios geocientíficos de carácter multidisciplinar dentro de la Península Ibérica. El proyecto se centra en el 'microcontinente' formado por la Península Ibérica y sus márgenes ya que esta unidad constituye un laboratorio natural adecuado y, bien identificado por la comunidad científica internacional. En el proyecto, se llevó a cabo investigación de primera línea en la topografía y evolución 4-D de la Península. El objetivo de TOPOIBERIA era comprender la interacción entre los procesos profundos, superficiales y atmosféricos, integrando la investigación en geología, geofísica, geodesia y geotecnía. El conocimiento sobre el subsuelo y las variaciones en la topografía y sus causas son de gran impacto social en relación con el cambio climático y la evaluación de los recursos y riesgos naturales. Se identificaron tres dominios principales de investigación: las partes sur y norte de la Placa Ibérica (el sistema Bético-Rif y el Pirineo - Sistema Cantábrico) y el núcleo central (Meseta y sistemas Central e Ibérico). El proyecto fue capaz de construir una base integral, multidisciplinar de datos y resultados para hacer frente a los interrogantes más importantes desarrollando estrategias de interpretación novedosas.

El proyecto TOPOIBERIA focalizó proyectos anteriores y proyectos en curso, y catalizó nuevas iniciativas de investigación. Varios de ellos se convirtieron en proyectos liderados por investigadores de nuestro grupo. Estos incluyen: estudios de modelado geodinámico y la adquisición de nuevos datos sísmicos utilizando una fuente emisora controlada a través de

collaboration with other national and international research groups was jointly put forward: the "Program to Investigate Convective Alboran Sea System Overturn - PICASSO" research initiative. This was a multidisciplinary, international investigation of the Betics, Alboran Sea, Gibraltar Arc, Atlas Mountains and surrounding areas in the western Mediterranean using passive and controlled source seismology, magnetotellurics, geochemistry/petrology/structural geology, and geodynamic modeling.

Also in this decade, our group participated in 2 European Collaborative Research initiatives. EUROMARGINS (2004-2007), focused on the imaging, monitoring and modeling of the physical, chemical, and biological processes that are occurring in the passive continental margins with 10 participating countries aiming to study the interaction between deep-seated and surface processes at different spatial and temporal scales. In the framework of this program, the Group led the WESTMED-EUROMARGINS aiming to study sediment dynamics and rifting processes in the Western Mediterranean by combining geology, geophysics, and numerical and analogue modeling.

In the TOPOEUROPE program, we participated in the TOPOMED-TOPOEUROPE project, coordinating the 9 participating Spanish institutions. The study region included the Gibraltar Arc System, the Maghrebides and the Atlas Mountains aiming to: a) link recent (post-Tortonian) tectonics and vertical movements with deep crustal and lithospheric structure; b) characterize the deep crustal and mantle structure from a petrophysical viewpoint; and c) unravel the role of the Atlas Mountains on the evolution of the

tigate Convective Alboran Sea System Overturn - PICASSO". La iniciativa va consistir a fer una investigació multidisciplinària a la zona que engloba les serralades Bètica i Rift, el mar d'Alborán, l'Arc de Gibraltar, les muntanyes de l'Atlas i els seus voltants, la zona de la Mediterrània occidental usant sismologia passiva i de font controlada, magnetotèl·lúrica, geoquímica, petrologia, geologia estructural i modelat geodinàmic.

També en aquesta dècada, el nostre grup va participar en dues iniciatives d'investigació dins de col·laboracions europees. D'una banda, EUROMARGINS (2004-2007) es va centrar en la visualització, monitorització i modelització de processos físics, químics i biològics que ocorren en els marges continentals passius. Hi van participar 10 països amb l'objectiu d'estudiar la interacció entre els processos que ocorren en la superfície i els que tenen lloc a profunditats dins de la litosfera a diferents escales espacials i temporals. En el marc d'aquest programa, el Grup va liderar el WESTMED-EUROMARGINS amb l'objectiu d'estudiar la dinàmica dels sediments i processos de rifting a la Mediterrània occidental combinant geologia, geofísica i modelització numèrica i analògica.

De l'altra, dins el projecte TOPOMED-TOPO-EUROPE, vam participar en el programa TOPO-EUROPE coordinant la participació de les 9 institucions espanyoles. La regió d'estudi va incloure l'Arc de Gibraltar, els Maghrebides i les muntanyes de l'Atlas amb els objectius de: a) vincular la tectònica recent d'edat del post-Tortoniana i els moviments verticals amb l'estructura profunda de l'escorça i la litosfera; b) caracteritzar l'estructura d'escorça i el mantell

la Zona Centro-Ibèrica, en la Península Ibèrica y, a través de las montañas del Atlas y en el Rif, ambas en Marruecos. El objetivo común de estos proyectos fue establecer la estructura 3D, la geodinámica y la neotectónica de S-Iberia y N-África, ésta una zona de gran complejidad, donde se han propuesto diferentes modelos evolutivos. Mientras TOPOIBERIA se llevaba a cabo, se desarrolló una intensa colaboración con otros grupos nacionales e internacionales de investigación, presentando conjuntamente, la iniciativa "Program to Investigate Convective Alboran Sea System Overturn - PICASSO". Esta consistió en realizar una investigación multidisciplinar en la zona que englobaba: el sistema Béticas-Rift, Mar de Alborán, Arco de Gibraltar, Montañas del Atlas y sus alrededores, la zona del Mediterráneo occidental usando sismología pasiva y, de fuente controlada, magnetotélúrica, geoquímica, petrología, geología estructural y modelado geodinámico.

También en esta dècada, nuestro grupo participó en dos iniciativas de investigación dentro de colaboraciones europeas. EUROMARGINS (2004-2007), se centró en la visualización, monitorización y modelado de procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en los márgenes continentales pasivos. Participaron 10 países con el objetivo de estudiar la interacción entre los procesos que ocurren en la superficie y los que ocurren a profundidades dentro de la litosfera a diferentes escalas espaciales y temporales. En el marco de este programa, el Grupo lideró el WESTMED-EUROMARGINS con el objetivo de estudiar la dinámica de los sedimentos y procesos de rifting en el Mediterráneo occidental combinando geología, geofísica y modelización numérica y analógica.

Western Mediterranean. Within these initiatives this team dedicated extensive amount of time developing new geological and geophysical studies, acquiring new MCS and wide-angle profiles with simultaneous onshore/offshore recording on land and beneath the sea, structural geology, and integrated numerical modeling.

Since 2010, ongoing research (2010-2015) focuses on the study of Alpine orogenic systems, the Tibet and Atlas Mountains. In Tibet, research is focused on constraining the structural transitions towards the NE and NW Tibetan margins (Gobi platform and Tarim Basin). This research has been carried out in close collaboration with Chinese and French colleagues. Ongoing research in the Atlas included a key and fundamental question: How or which mechanisms are responsible for its support, noting that it features a relatively high topographic relief (up to 4000 m). Surface geology revealed that little shortening had taken place across the orogen. Controlled source seismic data provided solid evidence that anomalously hot mantle played a significant role. This confirmed the geodynamic models previously put forward by the numerical modeling specialists of the Research Group using potential field methods. The research in Morocco has been carried out jointly with Moroccan, German and American colleagues and it has also focused on understanding the Rif Mountains. According to the surface geology, this orogenic belt corresponds to the southern (African) extension of the Gibraltar Arc System (Betics-Alboran-Rif). In the central part, it lies on top of a significant gravity anomaly. A major result of the analysis of multiple seismic data sets acquired in the area is the determination of a significant increase in crustal thickness that

terrestres des del punt de vista petrofísic, i c) desentranyar el paper de la Serralada de l'Atlès en l'evolució de la Mediterrània occidental. Dins d'aquestes iniciatives l'equip va dedicar gran quantitat de temps i esforç al desenvolupament de nous estudis geològics i geofísics, i va adquirir noves dades sísmiques de MCS i de gran angle, gravant dades en terra dels perfils adquirits en alta mar (onshore/offshore) i realitzant nous estudis de geologia estructural i modelat numèric integrat.

Des de 2010, la investigació en curs (2010-2015) estudia els sistemes orogènics alpins, les muntanyes del Tibet i de l'Atlès. Al Tibet, la investigació se centra a limitar les transicions estructurals cap als marges tibetans del NE i NW (plataforma Gobi i la conca del Tarim). Aquesta investigació s'ha dut a terme en estreta col·laboració amb col·legues xinesos i francesos. La investigació en curs a l'Atlès inclou una pregunta clau: com o quins mecanismes són els responsables del suport de la serralada, tenint en compte que el relleu topogràfic és relativament elevat (fins 4.000 m)? La geologia de superfície va revelar que l'escurçament que ha tingut lloc en l'orogen és molt limitat. Les dades sísmiques proporcionen proves sòlides que el mantell està anòmalament calent i té un paper important en el manteniment de l'elevació actual. Això confirma els models geodinàmics prèviament formulats pels especialistes de modelització numèrica del Grup d'Investigació utilitzant mètodes de camps potencials. La investigació al Marroc s'ha dut a terme de forma conjunta amb col·legues marroquins, alemanys i nord-americans i també s'ha centrat en la comprensió de la Serralada del Rif. D'acord amb la geo-

En el programa TOPOEUROPE, participamos dentro del proyecto TOPOMED-TOPOEUROPE, coordinando la participación de las nueve instituciones españolas. La región de estudio incluyó el Arco de Gibraltar, los Maghrebides y las montañas del Atlas con el objetivo de: a) vincular la tectónica reciente de edad post-Tortonense y los movimientos verticales con la estructura profunda de la corteza y la litosfera; b) caracterizar la estructura de corteza y el manto terrestres desde el punto de vista petrofísico; y c) desentrañar el papel de la cordillera del Atlas en la evolución del Mediterráneo Occidental. Dentro de estas iniciativas el equipo dedico gran cantidad de tiempo y esfuerzo en el desarrollo de nuevos estudios geológicos y geofísicos, adquiriendo nuevos datos sísmicos de MCS y de gran ángulo, grabando datos en tierra de los perfiles adquiridos en alta mar (onshore/offshore) y, realizando nuevos estudios de geología estructural y modelado numérico integrado.

Desde 2010, la investigación en curso (2010-2015) se centra en el estudio de los sistemas orogénicos alpinos, las montañas del Tibet y del Atlas. En el Tibet, la investigación se centra en limitar las transiciones estructurales hacia los márgenes tibetanos del NE y NW (plataforma Gobi y la cuenca del Tarim). Esta investigación se ha llevado a cabo en estrecha colaboración con colegas chinos y franceses. La investigación en curso en el Atlas incluye una pregunta clave y fundamental: ¿Cómo o qué mecanismos son los responsables del soporte de la cordillera, teniendo en cuenta que el relieve topográfico es relativamente elevado (hasta 4.000 m)? La geología de superficie reveló que el acortamiento que ha tenido lugar a

reaches depths over 50 km under the central parts of this arc shaped cordillera. The improved imaging of the deep structures in this region has allowed our group to make significant steps forward in the understanding of the tectonic and geodynamic processes that shaped western Mediterranean topography and basin evolution. This step-change generated new ideas on the controls that these processes exerted on the evolution of the Messinian Salinity Crisis. This has been an outstanding environmental event that nearly desiccated the Mediterranean about 5.5 million years ago.

Orogenesis and the processes involved in the evolution of Mountain chains and surrounding areas are major and common topics of interest for scientists within the group. They pursue its characterization from the seismic, geologic and petrologic points of view, as well as modeling its dynamics and evolution. Overall, the team contributes to the understanding of the structure, dynamics and the surface processes that are involved in its evolution. Numerical simulations are used to quantitatively balance orogenic erosion and basin sediment accumulation in regions such as the Ebro Basin or the Zagros-Mesopotamian Basin. These techniques benefit also from present-day studies of the seismic, geologic and petrologic characterization of orogen-basin systems. Following the expertise acquired in the different scenarios, such as the Urals (arc-continent collision), the Zagros and the Gibraltar Arc region, amongst other examples, the focus of the research includes the characterization of active arc-continent collision scenarios such as Taiwan, Tectonics-Climate interactions in arid regions and characterization and modeling of Iberian topographic evolution.

logia de superfície aquest cinturó orogènic és l'extensió cap al sud (a l'Àfrica) del sistema de l'Arc de Gibraltar (Bètica-Alborán-Rif). En la part central es troba una anomalia de gravetat numèricament molt significativa. Un resultat important de l'anàlisi del gran conjunt de dades sísmiques adquirides a la zona és la determinació d'un augment significatiu del gruix de l'escorça que aconsegueix profunditats de més de 50 km a la part central d'aquesta serralada en forma d'arc, consistent en l'anomalia de gravetat. La millora de la imatge de les es-

través del orógeno es muy limitado. Los datos sísmicos proporcionan pruebas sólidas de que el manto esta anómalamente caliente y juega un papel importante en el mantenimiento de la elevación actual. Esto confirma los modelos geodinámicos previamente formulados por los especialistas de modelización numérica del Grupo de Investigación utilizando métodos de campos potenciales. La investigación en Marruecos se ha llevado a cabo de forma conjunta con colegas marroquíes, alemanes y estadounidenses. Esta investigación también se ha

As part of the regular research, there have been a few adventures into interesting novelties, which in some cases have even developed into PhD theses, involving funding by the EU. Perhaps one of the most relevant is the use of conventional seismic reflection data to image the structure of the seawater column. The research carried out in this topic was possible through 2 projects: an internal (intramural) CSIC project and an international consortium funded through EU Framework program, the Geophysical Oceanography experiment (GO project, 2005-2009). The idea



**Jordi Díaz mostra a un noi local el funcionament del controlador REFTEK durant un experiment d'adquisició de dades de refracció a la Xina. (Autor: J. Díaz).**

Jordi Díaz mostrando a un chico local el funcionamiento del controlador REFTEK durante un experimento de adquisición de datos de refracción en China. (Autor: J. Díaz).

Jordi Díaz showing a local child the operation of the REFTEK controller during a refraction data acquisition experiment in China. (Author: J. Díaz).



**Operacions de camp al Tibet. L'experiment busca l'arrel de l'orogen. Imatge captada durant la col·laboració del Grup en l'experiment d'adquisició de dades de sísmica de refracció al Tibet. J. Díaz i I. Jiménez amb col·legues i funcionaris xinesos. (Autor: J. Díaz).**

Operación de campo en el Tibet. El experimento busca la raíz del orógeno. Imagen captada durante la colaboración del Grupo en el experimento de adquisición de datos de sísmica de refracción en el Tibet. Aquí J. Díaz y I. Jiménez con colegas y funcionarios chinos. (Autor: J. Díaz).

Field operation in Tibet, searching for the root of the mountain orogen. The Group's collaboration within a seismic refraction acquisition in Tibet. Here J. Díaz and I. Jiménez are shown with Chinese colleagues and officials. (Author: J. Díaz).

structures profundes de la regió ha permès al nostre grup liderar avenços significatius en la comprensió dels processos tectònics i geodinàmics que van donar forma a la Mediterrània occidental, la topografia i l'evolució de la conca. Això va generar noves idees sobre els controls que aquests processos exerceixen sobre l'evolució de la crisi de salinitat del Messinià, que va ser un esdeveniment mediambiental excepcional que gairebé va dessecar la Mediterrània fa uns 5,5 milions d'anys.

L'orogènesi i els processos involucrats en l'evolució de les cadenes muntanyoses i les zones circumdants són els temes més importants i d'interès comú per als científics del Grup, que en persegueixen la caracterització des del punt de vista sísmic, geològic i petroològic, així com modelar-ne la dinàmica i evolució. En general, l'equip contribueix a la comprensió de l'estructura, la geodinàmica i els processos superficials que estan involucrats en la seva evolució. Les simulacions numèriques s'utilitzen per equilibrar quantitativament l'erosió orogènica i l'acumulació de sediments en conques en regions com la conca de l'Ebre o la conca del Zagros-Mesopotàmica. Aquestes tècniques es beneficien també dels estudis actuals de la caracterització sísmica, geològica i petroològica dels sistemes orogen-conques. Arran de l'experiència adquirida en els diferents escenaris, com els Urals, Zagros i la regió de l'Arc de Gibraltar, entre altres exemples, el focus de la recerca inclou la caracterització d'escenaris de col·lisió arc-continent actius com Taiwan; interaccions de la tectònica i el clima en regions àrides, i la caracterització i modelització de l'evolució de la topografia a la Península Ibèrica.

centrado en la comprensión de las montañas del Rif. De acuerdo con la geología de superficie este cinturón orogénico es la extensión hacia el sur (en África) del Sistema del Arco de Gibraltar (Béticas-Alborán-Rif). Su parte central se centra una anomalía gravedad numéricamente muy significativa. Un resultado importante del análisis del gran conjunto de datos sísmicos adquiridos en la zona es la determinación de un aumento significativo del espesor de la corteza que alcanza profundidades de más de 50 km en la parte central de esta cordillera en forma de arco. La mejora de la imagen de las estructuras profundas de la región ha permitido a nuestro grupo liderar avances significativos en la comprensión de los procesos tectónicos y geodinámicos que dieron forma al Mediterráneo occidental topografía y la evolución de la cuenca. Esto generó nuevas ideas sobre los controles que estos procesos ejercen sobre la evolución de la crisis de salinidad del Messiniense. Éste ha sido un evento medioambiental excepcional que casi desecó el Mediterráneo hace unos 5,5 millones de años.

La orogénesis y los procesos involucrados en la evolución de las cadenas montañosas y las zonas circundantes son los temas más importantes y de interés común para los científicos del Grupo. Éstos persiguen su caracterización desde el punto de vista sísmico, geológico y petroológico, así como modelar su dinámica y evolución. En general, el equipo contribuye a la comprensión de la estructura, la geodinámica y los procesos superficiales que están involucrados en su evolución. Las simulaciones numéricas se utilizan para equilibrar cuantitativamente la erosión orogénica y la acumulación de sedimentos en cuencas en regiones como la

developed in early 2000, when a research team in USA realized the existence of seismic reflection events in shot seismic records acquired at sea as part of conventional exploration projects. This favored the use of legacy data that had been acquired pursuing other objectives and it was reprocessed to image the "Meddies" 3D ellipsoidal structures developed within the water column. Meddy is a term that denotes an eddy of Mediterranean origin and was coined to describe a large, clockwise-spinning, pancake-shaped lens of water that was found in the fall of 1976 off the Bahamas at 1000 m below the surface. The Research Group jointly with other national and/or international collaborators used conventional seismic reflection data to study this features, its internal structure. It also used the properties of the images to estimate physical parameters of the water as temperature, salinity, density etc. The publications have revealed that marine seismic reflection datasets can image the internal structure of the water column delineating internal wave fronts, as well as the interactions with the seafloor. These structures are due to differences in the composition and physical parameters of the water, in particular to the salt content. The images of this thermohaline structure have direct implications on physical oceanography and climate change studies.

The Group also participates in research initiatives dealing with deep-seated underground geophysical laboratories such as the Laboratorio Subterráneo de Canfranc. The Group has installed a very hypersensitive broadband (240 s) instrument. Unexpected observations have been detected in the records from this very sensitive instrument, which has been used to monitor climatic interactions and/or variations in the flow of an alpine river.



Com a part de la investigació regular i amb finançament de la UE, hi ha hagut algunes aventures noves, que en alguns casos fins i tot han involucrat el desenvolupament de tesis doctorals. Potser un dels més rellevants és l'ús de dades de sísmica de reflexió marines convencionals per a la visualització de l'estructura de la columna d'aigua de mar. La investigació duta a terme en aquest tema va ser possible a través de dos projectes, un d'intern del CSIC (intramural) i un consorci internacional finançat a través del programa marc de la UE, el projecte Geophysic Oceanography (GO, 2005-2009). La idea es va desenvolupar a principi de 2000, quan un equip d'investigació als EUA va publicar l'existència de reflectors sísmics en els registres sísmics adquirits a mar dins dels projectes d'exploració convencionals. Això va afavorir l'ús de dades antigues que s'havien adquirit amb altres objectius, les quals es van processar amb paràmetres òptims per generar una imatge de les estructures el·lipsoïdals (Meddies) que es desenvolupen a la columna d'aigua. Meddy és un terme que denota un remolí d'origen mediterrani, encunyat per descriure un ampli el·lipsoide, una forma lenticular d'aigua que gira en sentit horari que es va descobrir a la tardor de 1976 prop de les Bahames a 1.000 m sota la superfície. El Grup de Recerca, de manera conjunta amb altres col·laboradors nacionals i internacionals, utilitza dades de sísmica de reflexió convencionals per estudiar aquesta forma lenticular, determinar-ne les característiques i l'estructura interna. També usa les propietats de les imatges per estimar els paràmetres físics de l'aigua com temperatura, salinitat, densitat, etc. Les publicacions han revelat que els conjunts de dades de reflexió sísmica marina poden visualitzar

la cuenca del Ebro o la cuenca del Zagros-Mesopotàmia. Estas técnicas se benefician también de los estudios actuales de la caracterización sísmica, geológica y petrológica de los sistemas orógeno-cuencas. A raíz de la experiencia adquirida en los diferentes escenarios: como los Urales, Zagros y la región del Arco de Gibraltar, entre otros ejemplos, el foco de la investigación incluye la caracterización de escenarios de colisión arco-continente activos como Taiwan; interacciones entre la tectónica y el clima en regiones áridas y la caracterización y modelado de la evolución de la topografía en la Península Ibérica.

Como parte de la investigación regular y con financiación de la EU, ha habido algunas aventuras novedosas, que en algunos casos han dado lugar al desarrollo de tesis doctorales. Quizás uno de los más relevantes es el uso de datos de sísmica de reflexión marinos convencionales para la visualización de la estructura de la columna de agua de mar. La investigación llevada a cabo en este tema fue posible a través de dos proyectos un proyecto interno del CSIC (intramural) y un consorcio internacional financiado a través del programa marco de la UE, el proyecto: "Geophysic Oceanography" (GO, 2005-2009). La idea se desarrolló a principios del 2000, cuando un equipo de investigación en EEUU publicó la existencia de eventos sísmicos, reflectores en los registros sísmicos adquiridos en el mar como parte de los proyectos de exploración convencionales. Esto favoreció el uso de datos antiguos que habían sido adquiridos con otros objetivos. Estos se procesaron con parámetros óptimos para generar una imagen de las estructuras elipsoidales "Meddies" que se desarrollan en la columna de agua. "Meddy" es

### Applied Oriented Research

#### *Research fostered by public funding sources*

Jointly with basic research, the mission of the Group includes obtaining high-resolution knowledge of the subsurface to diminish risk in seismogenic and volcanic areas as well as characterizing the shallow subsurface so that society can make a safe utilization of it. With regard to risk and with EU funding support, in the early 1990s and later in the 2000s, the Group began to illuminate seismic risk by geophysical technologies in different seismogenic and volcanic zones primarily around the Mediterranean. For example, STREAMERS (1990-1994) and THALES WAS RIGHT (2006-2009) were projects that targeted the crustal structure in the Hellenic arc, while the relationship between crustal structure and seismotectonics in the volcanic edifices of the Etna in Sicily and Piton de la Fournaise in La Reunion Island were the focus of ETNASEIS (1992-1995) and FOURNASEIS (1992-1995).

The shallow subsurface is used for transport infrastructures and as a storage facility (for hazardous waste, greenhouse gases, CO<sub>2</sub>, and natural gas). The subsurface also provides most of natural resources (including: water, minerals, oil and gas) and it can also be used as an energy source, like in the generation of geothermal electricity. The first projects that can be considered as part of applied research are the ones generated in the late 1980s and early 1990s and were related to geothermal energy. Within these projects are: the Geothermal study of the southern margin of the South Pyrenean Foreland Basin and the Geothermal Atlas of Europe, funded by the EU and the Heat flow map of the Iberian Peninsula with the support of the Instituto Geológico y Minero de España.

l'estructura interna de la columna d'aigua i delinear fronts d'ona interns, així com les interaccions amb el fons marí. Aquestes estructures es deuen a diferències en la composició i diferències en els paràmetres físics de l'aigua, com el contingut en sal. Les imatges d'aquesta estructura termohalina tenen implicacions directes en els estudis d'Oceanografia Física i Canvi Climàtic.

El Grup de Recerca també participa en iniciatives d'investigació que involucren laboratoris geofísics subterranis profunds com el Laboratori Subterrani de Canfranc. El Grup hi ha instal·lat un equip instrumental únic amb un sensor de banda ampla hipersensible (240 s). S'han detectat observacions inesperades en els registres d'aquest instrument tan sensible, i s'han utilitzat per monitoritzar les interaccions climàtiques i/o variacions en el flux d'un riu alpí.

#### **Investigació orientada, recerca aplicada**

*La investigació aplicada impulsada per fonts de finançament públiques.*

Conjuntament amb la investigació bàsica, la missió del Grup inclou l'obtenció de coneixement d'alta precisió del subsòl per disminuir el risc en zones amb activitat sísmica i/o volcànica, així com la caracterització del subsòl poc profund perquè la societat pugui fer-ne una utilització segura. Respecte al risc, amb el suport econòmic de la UE a principi de 1990 i més tard el 2000, el Departament va aconseguir involucrar-se en projectes que tenien per objectiu il·luminar el risc sísmic mitjançant l'ús de tecnologies geofísiques a diferents zones amb activitat sísmica i volcànica principalment entorn a la Mediterrània. Per exemple, STREAMERS (1990-1994) i THALES

un término que denota un remolino de origen mediterráneo y fue acuñado para describir un amplio elipsoide, una forma lenticular de agua girando en sentido horario que se descubrió en el otoño de 1976 cerca de las Bahamas a 1000 m bajo la superficie. El Grupo de Investigación de manera conjunta con otros colaboradores nacionales e internacionales utiliza datos de sísmica de reflexión convencionales para estudiar esta forma lenticular, determinar sus características y su estructura interna. También utiliza las propiedades de las imágenes para estimar los parámetros físicos del agua como temperatura, salinidad, densidad etc. Las publicaciones han revelado que los conjuntos de datos de reflexión sísmica marina puede visualizar la estructura interna de la columna de agua delinear frentes de onda internos, así como las interacciones con el fondo marino. Estas estructuras se deben a diferencias en la composición y diferencias en los parámetros físicos del agua, como el contenido de sal. Las imágenes de esta estructura "termohalina" tienen implicaciones directas en los estudios de Oceanografía Física y Cambio Climático.

El Grupo de Investigación también participa en iniciativas que involucran laboratorios geofísicos subterráneos profundos como el Laboratorio Subterráneo de Canfranc. El Grupo ha instalado un equipo instrumental con un sensor de banda ancha hipersensible (240 s). Observaciones inesperadas han sido detectadas en los registros de este instrumento tan sensible, y se han utilizado para monitorizar las interacciones climáticas y/o variaciones en el flujo de un río alpino.

#### **Investigación orientada, Ciencia aplicada**

*La investigación aplicada impulsada por fuentes de financiación públicas.*

In the case of the subsurface acting as the host of hazardous waste, high-resolution characterization is mandatory in order to locate and determine the network of fractures to prevent possible leakages in the case of natural underground repositories for: natural gas; CO<sub>2</sub> trapping; and/or deposits for urban and hazardous waste. The sensible and safe use of the underground, shallow subsurface, for example, as the potential host of society's hazardous waste has been a boost for research in Earth Sciences. In this sense, the Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) has been a loyal supporter of the high-resolution subsurface studies developed by scientists within our department. This is the case of the initial projects Integrated geophysical studies on saline formations (1990-1994); Structural geology and geophysics studies in "Mina Ratones, Extremadura" (1998-2001); and Predictive models of erosion and exhumation (2003-2004).

The collaboration with ENRESA opened new opportunities within calls of the EU an example was the project "Understanding and numerical modeling of the key processes for radionuclide migration through the geological environment for different repository host rocks". This meant teaming up with other groups within CSIC, Polytechnic University of Catalunya, and research collaboration with other leading edge national and international research groups in other disciplines. The latest research projects supported by ENRESA include the delineation and characterization of active faults in relatively young sedimentary basins (2013-2014) within the framework of the Centralized Temporal High Radioactive Waste Storage Facility to be developed in Villar de Cañas, Cuenca, (Spain). A new

**WAS RIGHT (2006-2009)** van ser projectes dirigits a la caracterització de l'estructura de l'escorça terrestre en l'arc hel·lènic. La relació entre l'estructura de l'escorça terrestre i la sismotectònica en els edificis volcànics de l'Etna a Sicília i del Piton de la Fournaise a l'illa de la Reunió van ser els focus dels projectes **ETNASEIS (1992-1995)** i **FOURNASEIS (1992-1995)**.

El subsòl poc profund té una gran utilitat social ja que s'utilitza en les infraestructures de transport i com a instal·lacions d'emmagatzematge (per exemple, per a residus perillosos, gasos d'efecte hivernacle, el CO<sub>2</sub>, el gas natural, etc.). El subsòl també proporciona la major part dels recursos naturals (inclosos: aigua, minerals, petroli, gas, etc.) i també es pot utilitzar com a font d'energia, per exemple, en la generació d'electricitat geotèrmica. Els primers projectes que poden considerar-se com a part de la investigació aplicada són els generats a final dels anys 1980 i principi dels 1990 que estaven centrats en recerca en geotèrmia. S'hi troben: l'estudi geotèrmic del marge sud de la conca d'avantpaís sud pirinenc i l'Atlas Geotèrmic d'Europa, finançat per la UE, i el mapa de flux de calor de la Península Ibèrica amb el suport de l'Institut Geològic i Miner d'Espanya.

En el cas del subsòl que actua com a magatzem geològic de residus perillosos, la caracterització d'alta resolució del subsòl és obligatòria. Són objectius comuns la determinació i localització de la xarxa de fracturació per prevenir possibles fuites, especialment en el cas dels dipòsits subterranis per: gas natural, captura de CO<sub>2</sub> i/o dipòsits de residus urbans perillosos. L'ús racional i segur del subsòl poc profund, per exemple, com a magatzem de residus

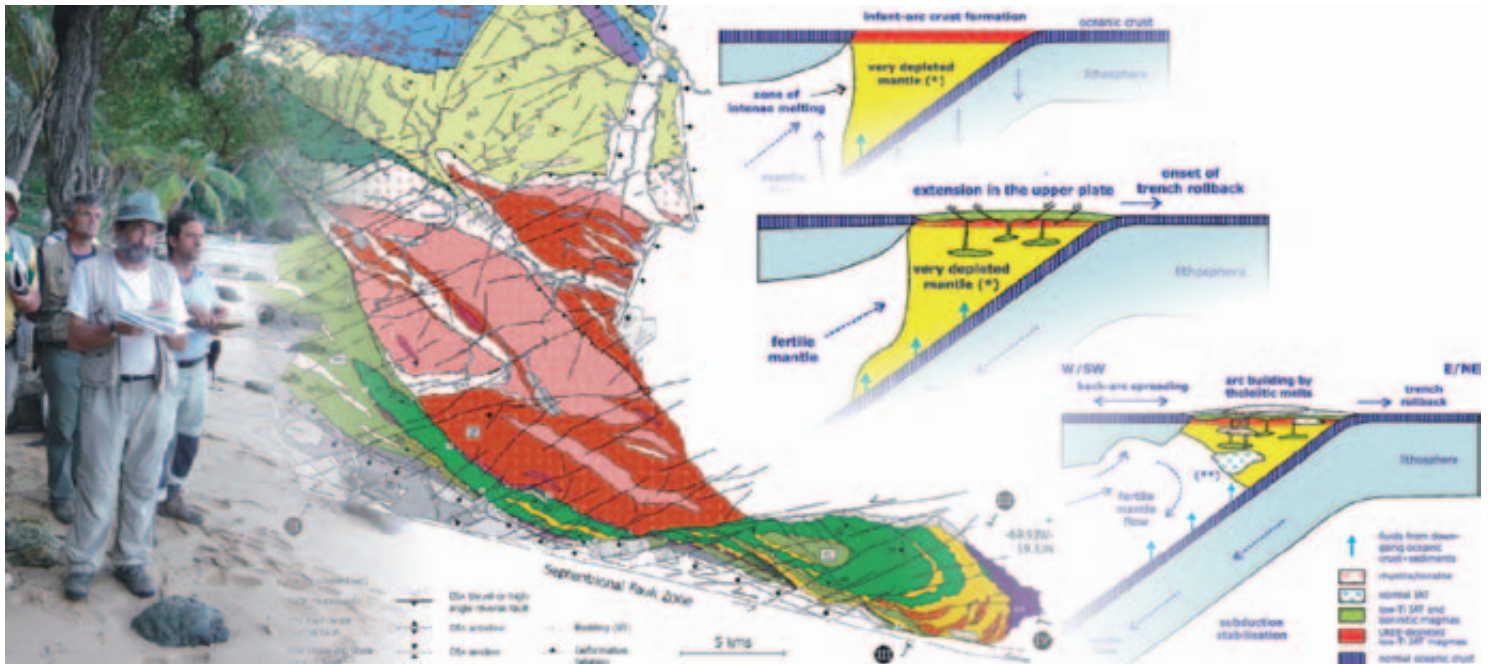
Conjuntamente con la investigación básica, la misión del Grupo incluye la obtención de conocimiento de alta precisión del subsuelo para disminuir el riesgo en zonas con actividad sísmica y/o volcánica, así como la caracterización del subsuelo poco profundo para que la sociedad pueda hacer una utilización segura del mismo. Respecto al riesgo y con el apoyo económico de la UE a principios de 1990 y más tarde en el 2000 el Departamento consiguió involucrarse en proyectos que tenían por objetivo iluminar el riesgo sísmico mediante el uso de tecnologías geofísicas en distintas zonas sismogénicas y volcánicas principalmente en torno al Mediterráneo. Por ejemplo, **STREAMERS (1990-1994)** y **THALES WAS RIGHT (2006-2009)** fueron proyectos dirigidos a la caracterización de la estructura de la corteza terrestre en el arco Helénico. La relación entre la estructura de la corteza terrestre y la sismo-tectónica en los edificios volcánicos del Etna en Sicilia y del Piton de la Fournaise en la isla de la Reunión fueron el foco de los proyectos **ETNASEIS (1992-1995)** y **FOURNASEIS (1992-1995)**.

El subsuelo poco profundo tiene una gran utilidad social ya que se utiliza en las infraestructuras de transporte y como instalaciones de almacenamiento (por ejemplo, para residuos peligrosos, gases de efecto invernadero, el CO<sub>2</sub>, el gas natural, ...). El subsuelo también proporciona la mayor parte de los recursos naturales (incluidos: agua, minerales, petróleo, gas, ...) y también puede ser utilizado como fuente de energía, por ejemplo en la generación de electricidad geotérmica. Los primeros proyectos que pueden ser considerados como parte de la investigación aplicada son los generados a finales de los años 80 y principios de los 90 es-

initiative, the development of new full-wavefield subsurface characterization technologies is being currently considered within ENRESA's I+D research program for 2014-2018. These projects are oriented to the detailed characterization of the subsurface; and all of them have a component of methodological development.

#### *Applied Research with Industry Support*

Applied Geology and Geophysics research implies a tight collaborative research environment, mainly with industry within the energy, geotechnical, and environmental sectors. These activities are not only directed to industry, but also to the scientific community since it has become an important part of our academic research. The main objectives are, in the energy sector, the geological structures and thermal conditions favorable to the formation and trapping of hydrocarbons. In the mineral resources sector, performing regional and local studies as well as high-resolution characterization of ore bodies for exploration and exploitation purposes, as well as addressing processes and models that favor the generation of this ore bodies. Research directly related to hydrocarbon resources includes research proposals mostly funded through contracts and/or cooperation with service companies even through industry consortia. These mostly consist of the application of geological and geophysical methods to hydrocarbon research, exploration, exploitation and modeling. This research includes structural geology, stratigraphy, integrated modeling of present-day crustal and lithospheric structure and thermal evolution, and the development of innovative approaches to deep exploration. The goal is to evaluate possible favorable structures for oil traps and placements, as well as thermal



**El Dr. Andrés Pérez-Estaún juntament amb geòlegs visitants i locals realitzant treball de camp de geologia estructural a la República Dominicana. La geologia de superfície, les relacions estructurals de les formacions rocoses identificades, són indicatives dels processos de subducció que s'indiquen en els gràfics de la part dreta de la figura. (Autor: I. Marzán).**

Prof. Andrés Pérez-Estaún realizando tareas de geología estructural en el campo. El Dr. Andrés Pérez-Estaún junto con geólogos visitantes y locales realizando trabajo de campo de geología estructural en la República Dominicana. La geología de superficie, las relaciones estructurales de las formaciones rocosas identificadas son indicativas de los procesos de subducción que se indican en los gráficos de la parte derecha de la figura. (Autor: I. Marzan).

Field mapping with Dr. Andres Perez-Estaún in the Dominican Republic jointly with local and visiting geologists. The surface geology mapped is indicative of the subduction processes indicated in the right side of the figure. (Author: I. Marzan).

perillosos ha estat un impuls per a la investigació en Ciències de la Terra. En aquest sentit, l'Empresa Nacional de Residus Radioactius (ENRESA) ha estat un col·laborador lleial que ha promogut estudis del subsòl d'alta resolució desenvolupats per científics del nostre grup. Aquest és el cas dels projectes inicials: Estudis geofísics integrats en formacions salines (1990-1994); Estudis estructurals de geologia i geofísica a Mina Ratonés, Extremadura (1998-2001), i Models de predicció d'erosió i exhumació (2003-2004).

La col·laboració amb ENRESA va obrir noves oportunitats dins de les convocatòries de la UE. Un exemple va ser el projecte sobre la comprensió i la modelització numèrica dels processos clau per a la migració de radionúclids a través del medi ambient geològic per a diferents roques (FUNMIG). Això significava associar-se amb altres grups dins el CSIC i la Universitat Politècnica de Catalunya, i col·laborar amb altres grups de recerca d'avantguarda nacional i internacional en altres disciplines. Els últims projectes d'investigació amb el suport d'ENRESA inclouen La delimitació i caracterització de falles actives a les conques sedimentàries relativament joves (2013-2014), projecte centrat dins del marc del programa d'estudis Caracterització del magatzem temporal centralitzat de residus radioactius d'alta activitat que s'ha desenvolupat a Villar de Cañas, Conca (Espanya), i una nova iniciativa que s'està dissenyant: el desenvolupament de noves tecnologies de caracterització del subsòl mitjançant mètodes sísmics que considerin el camp d'ones complet, temàtica inclosa dins del programa de recerca d'R+D d'ENRESA per al període 2014-2018. Aquests projectes

taban centrados en geotermia. Dentro de ellos se encuentran: el estudio geotérmico del margen sur de la cuenca de antepaís sur pirenaica, el Atlas Geotérmico de Europa, financiado por la UE y el mapa de flujo de calor de la Península Ibérica con el apoyo del Instituto Geológico y Minero de España.

En el caso del subsuelo actuando como almacén geológico de residuos peligrosos, la caracterización de alta resolución del subsuelo es obligatoria, son objetivos comunes la determinación y localización de la red de fracturación para prevenir posibles fugas, especialmente en el caso de los depósitos subterráneos para: gas natural, captura de CO<sub>2</sub> y depósitos de residuos urbanos peligrosos. El uso racional y seguro del subsuelo poco profundo, por ejemplo, como almacén de residuos peligrosos ha sido un impulso para la investigación en Ciencias de la Tierra. En este sentido, la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA) ha sido un colaborador leal promoviendo estudios del subsuelo de alta resolución desarrollados por científicos de nuestro grupo. Éste es el caso de los proyectos iniciales: Estudios geofísicos integrados en formaciones salinas (1990-1994); Estudios estructurales de geología y geofísica en "Mina Ratonés, Extremadura" (1998-2001); Modelos de predicción de erosión y exhumación, (2003-2004).

La colaboración con ENRESA abrió nuevas oportunidades dentro de las convocatorias de la UE un ejemplo fue el proyecto "La comprensión y la modelización numérica de los procesos clave para la migración de radionucleidos a través del medio ambiente geológico para diferentes tipos de roca receptora (FUNMIG)". Esto significaba asociarse con otros grupos

conditions for oil maturation. These investigations are being developed in several settings such as the North Caribbean margin and the Norwegian margin, Atlas, Zagros, onshore and offshore Canary Archipelago, among others. In the Zagros, research focuses on the study of the present-day structure and Cenozoic evolution, which resulted from the consumption of the Thetyan oceanic lithosphere and the subsequent continental collision between Arabia and Eurasia. This research is part of the close and fruitful collaboration with industry partners, Statoil Norwegian Oil Industry.

One of the topics that has recently come up, within Europe, is the sustainability of the mineral supplies. Europe is starting to favor the generation of European technological platforms on sustainable mineral resources. Thus, the team is aiming to stimulate interest in the characterization and generation of 4D Models of ore bodies and lithospheric models for their generation, mostly projects funded by the EU through different calls. These activities include research within the Iberian Pyrite Belt and Archean Greenstone belts in South Africa.

Since 2011, Spain started a research program on the localization and characterization of possible subsurface geological storage sites for greenhouse gases. As part of efforts to diminish the implications of climate change, the EU developed specific funding opportunities for what was labeled Carbon Capture and Storage (CCS). The Spanish government took this challenge seriously at the beginning creating a foundation dedicated to develop research into this topic "Fundación Ciudad de la Energía" (CIUDEN), within this initiative the private sector also contributed (e.g. ENDESA, ENUSA, etc). CIUDEN



**Caracterització del subsòl poc profund. L'adquisició de dades per a la caracterització del subsòl. La imatge mostra Mario Ruiz realitzant mesures precises de GPS, que obté les coordenades de la ubicació de la font després d'un tret. La font d'energia sísmica (també es mostra al fons de la figura) és un pes de 250 kg accelerat. Aquesta foto es va fer a Villar de Cañas, Conca (Espanya). (Autor: D. Martí).**

Caracterización del subsuelo poco profundo. La adquisición de datos para la caracterización del subsuelo. La imagen muestra a Mario Ruiz realizar mediciones precisas de GPS, las coordenadas de la ubicación de la fuente después de un tiro. La fuente de energía sísmica, también se muestra en el fondo, es un peso de 250 kg acelerado. Esta foto fue tomada en Villar de Cañas, Cuenca, (España). (Autor: D. Martí).

Field operation looking at the shallow subsurface. Data acquisition for the characterization of the shallow subsurface. The picture shows Mario Ruiz performing detailed GPS measurements of the location of the source after a shot. The source, also shown in the background, is a 250 kg accelerated weight drop. This picture was taken in Villar de Cañas, Cuenca, (Spain). (Author: D. Martí).

están orientados a la caracterización detallada del subsuelo y todos ellos tienen un componente de desarrollo metodológico.

*Recerca aplicada amb suport econòmic de la indústria*

La investigación en Geología y Geofísica Aplicada involucra una estrecha colaboración con la industria, principalmente de los sectores: energético, geotécnico y del medio ambiente. Estas actividades no sólo se dirigen a la industria, sino también a la comunidad científica ya que se ha convertido en una parte importante de nuestra investigación académica. Los principales objetivos son, en el sector energético, las estructuras geológicas y condiciones térmicas favorables a la formación y la captura de hidrocarburos. En el sector de los recursos minerales, la realización de estudios regionales y locales de alta resolución para la caracterización de yacimientos con fines de exploración y explotación, así como locales de alta resolución para la caracterización de yacimientos. La investigación académica. Los principales objetivos son, en el sector energético, las estructuras geológicas y condiciones térmicas favorables a la formación y la captura de hidrocarburos. En el sector de los recursos minerales, la realización de estudios regionales y locales de alta resolución para la

dentro del CSIC, la Universidad Politécnica de Catalunya, y la colaboración con otros grupos de investigación de vanguardia nacional e internacional en otras disciplinas. Los últimos proyectos de investigación apoyados por ENRESA incluyen la delimitación y caracterización de fallas activas en las cuencas sedimentarias relativamente jóvenes (2013-2014) en el marco del programa de estudios Caracterización del almacén temporal centralizado de residuos radiactivos de alta actividad que se ha desarrollado en Villar de Cañas, Cuenca, (España). Una nueva iniciativa que se está diseñando es, el desarrollo de nuevas tecnologías de caracterización del subsuelo mediante métodos sísmicos que consideren el campo de ondas completo, temática incluida dentro del programa de investigación de I+D+i de ENRESA para 2014-2018. Estos proyectos están orientados a la caracterización detallada del subsuelo y todos ellos tienen un componente de desarrollo metodológico.

*Investigación Aplicada con apoyo económico de la Industria*

La investigación en Geología y Geofísica aplicada involucra una estrecha colaboración con la industria, principalmente de los sectores: energético, geotécnico, y del medio ambiente. Estas actividades no sólo se dirigen a la industria, sino también a la comunidad científica ya que se ha convertido en una parte importante de nuestra investigación académica. Los principales objetivos son, en el sector energético, las estructuras geológicas y condiciones térmicas favorables a la formación y la captura de hidrocarburos. En el sector de los recursos minerales, la realización de estudios regionales y locales de alta resolución para

was established in 2006, under the authority of the Government of Spain, to implement research, development and innovation (R+D+I) in energy and environment programs, and contribute to the economic development of the El Bierzo region. It was run by a board of governors with the participation of the state departments of Energy, Industry, Science and Environment. Geological storage of CO<sub>2</sub> is one of the internationally accepted solutions to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere. It consists of injecting CO<sub>2</sub> to a depth of at least 800 m into suitable geological formations such as a highly porous and permeable rock, the reservoir, overlain by a cap rock that will stop the gas from migrating to the surface. One of the most important technological aspects of geological storage of CO<sub>2</sub> is its injection into the reservoir rock at great depths. Geological formations that contain resources such as oil, water, CO<sub>2</sub> and natural gas already exist in nature suggesting that subsurface geological storage of CO<sub>2</sub> is viable. CIUDEN through its R+D+I activities aimed at demonstrating that geological storage was technically feasible and environmentally safe as part of a solution to climate change. Andrés Pérez-Estaún directed the geology program of CIUDEN. He put together a group of high-profile research scientists into a multidisciplinary and integrated research program devoted to develop research in this area. A large project was funded through the EU and the research team on seismic imaging was able to acquire the unique 3D seismic reflection academic data set designed to characterize with relatively high resolution the candidate reservoir in Hontomín, north of Burgos (Spain). The project included the acquisition of new-generation seismic data as well as

trampa/magatzem d'hidrocarburs, així com les condicions tèrmiques per a la seva maduració. Aquestes investigacions s'estan desenvolupant en diversos escenaris com el marge nord del Carib i el marge de Noruega, les serralades de l'Àtlas i Zagros a terra i, mar en dins, a l'entorn de l'arxipèlag Canari, entre d'altres. Al Zagros, la recerca se centra en l'estudi de l'estructura actual i l'evolució cenozoica, que va donar com a resultat el consum de la litosfera oceànica "Thetys" i la col·lisió continental ulterior entre Aràbia i Euràsia. Aquesta recerca és part de l'estreta col·laboració amb socis de la indústria com STATOIL, empresa petrolera noruega.

Un dels temes que han sorgit recentment, dins d'Europa, és la sostenibilitat dels subministraments de minerals. Europa està començant a afavorir la generació de plataformes tecnològiques europees sobre els recursos minerals sostenibles. D'aquesta manera, l'equip està tractant de desenvolupar l'interès en la caracterització i generació de models en 4D de jaciments i models litosfèrics per a la seva generació, majoritàriament projectes probablement finançats per la UE a través de les diferents convocatòries. Aquestes activitats inclouen recerca dins de la Faixa Pirítica en la Península Ibèrica i l'Archean Greenstone Belt a l'Àfrica del Sud.

Des del 2011, Espanya va iniciar un programa d'investigació sobre la localització i caracterització dels llocs possibles o més adequats per a l'emmagatzematge geològic en el subsòl de gasos amb efecte d'hivernacle. Com a part dels esforços per disminuir les conseqüències del canvi climàtic, la UE ha desenvolupat oportunitats de finançament específiques per al que

la caracterización de yacimientos con fines de exploración y explotación, así como los procesos y modelos que favorezcan la generación de estos yacimientos. La investigación directamente relacionada con los recursos de hidrocarburos incluyen propuestas de investigación en su mayoría financiados a través de contratos y la cooperación con las empresas de servicios, incluso a través de consorcios industriales. Estos consisten principalmente en la aplicación de métodos geológicos y geofísicos a la investigación relacionada con los hidrocarburos, la exploración, la explotación y, el modelado. Esta investigación incluye geología estructural, estratigrafía, modelización integrada de la corteza y la estructura de la litosfera, la evolución térmica, y el desarrollo de enfoques innovadores para la exploración profunda. El objetivo es evaluar las posibles estructuras favorables para la trampa/almacén de hidrocarburos, así como las condiciones térmicas para su maduración. Estas investigaciones se están desarrollando en varios escenarios como el margen norte del Caribe y el margen de Noruega, Atlas, Zagros, en tierra y en alta mar en el entorno del Archipiélago Canario, entre otros. En el Zagros, la investigación se centra en el estudio de la estructura actual y la evolución Cenozoica, que dio como resultado del consumo de la litosfera oceánica del Thetys y la colisión continental ulterior entre Arabia y Eurasia. Esta investigación es parte de la estrecha colaboración con socios de la industria, STATOIL, empresa petrolera noruega.

Uno de los temas que han surgido recientemente, dentro de Europa, es la sostenibilidad de los suministros de minerales. Europa está empezando a favorecer la generación de pla-

testing new technologies; for example, 3-component surface seismic reflection data was acquired. At this site, the Geoscience Company CGG-Veritas was able to implement and test their seismic developments. Additionally our research group was also in charge of the design and implementation of a local seismic monitoring network. The research group put together by Andres was also in charge of the monitoring activities. Research publications as well as doctoral theses were the main outcome of the first part of the development of this major initiative. Unfortunately, the projects scaled down mostly due to the economic crisis of the 2010s.

Monitoring activities of the subsurface have been, in recent years, an important activity with research and funding possibilities. Crisis like the one suffered by CASTOR, (a natural gas reservoir off the coast of Castellon, Spain), the interest in hydro-fracturing methods for hydrocarbon exploitation, and the earthquake/volcanic crisis in El Hierro island in the Canary archipelago have put subsurface monitoring on the spot. These have significantly enlarged the public's level of understanding about the importance and implications of these issues. Monitoring the subsurface is becoming an additional and relevant target of our research as it is addressed to determining and interpreting the changes, variations of the structure and parameters of the subsurface as a function of time. These 4D studies are not only carried out in areas with active reservoirs such as underground gas storage facilities, but also in sites during the regular exploitation of natural resources and in areas with relatively high earthquake activity. In the latter series of studies, the research is aimed towards prediction and the characterization of



es coneix com a captura i emmagatzematge de carboni (CAC). El Govern espanyol es va prendre aquest desafiament de forma seriosa amb la creació d'una fundació dedicada a desenvolupar recerca científica en aquest tema, la Fundació Ciutat de l'Energia (CIUDEN), a la qual la iniciativa del sector privat també ha contribuït (per exemple, ENDESA, ENUSA, etc.). CIUDEN es va establir el 2006, sota l'autoritat del Govern d'Espanya, per posar en pràctica la recerca, el desenvolupament i la innovació (R+D+I) en els programes d'energia i medi ambient, i contribuir al desenvolupament econòmic de la regió del Bierzo. El va dirigir una junta de governadors amb la participació dels ministeris d'Energia, Indústria, Ciència i Medi Ambient. L'emmagatzematge geològic de CO<sub>2</sub> és una de les solucions acceptades internacionalment per reduir les emissions de diòxid de carboni a l'atmosfera. Consisteix en la injecció de CO<sub>2</sub> fins a una profunditat d'almenys 800 m en formacions geològiques adequades com ara una roca altament porosa i permeable, coberta per una capa superior de roca que bloquegi la migració del gas cap a la superfície. Un dels aspectes tecnològics més importants d'emmagatzematge geològic de CO<sub>2</sub> és la injecció a la roca magatzem a grans profunditats. Les formacions geològiques que contenen fluids com el petroli, l'aigua, el CO<sub>2</sub> i el gas natural ja existeixen a la natura, fet que suggereix que sota la superfície l'emmagatzematge geològic de CO<sub>2</sub> és viable. CIUDEN, a través del Departament d'R+D+I, va desenvolupar activitats destinades a demostrar que l'emmagatzematge geològic era tècnicament factible i segur per al medi ambient com a part d'una solució al canvi climàtic. El professor Andrés Pérez-Estaún va dirigir el programa

taformas tecnológicas europeas sobre los recursos minerales sostenibles. De este modo, el equipo está tratando de desarrollar el interés en la caracterización y generación de modelos 4D estudios de yacimientos y modelos litoféricos para su generación, en su mayoría proyectos probablemente financiados por la UE a través de las diferentes convocatorias. Estas actividades incluyen la investigación dentro de la Faja Pirítica y el Archean Greenstone Belt en África del Sur.

Desde 2011 España inició un programa de investigación sobre la localización y caracterización de los sitios posibles o más adecuados para el almacenamiento geológico en el subsuelo de gases de efecto invernadero. Como parte de los esfuerzos para disminuir las consecuencias del cambio climático, la UE ha desarrollado oportunidades de financiación específicas para lo que se conoce como captura y almacenamiento de carbono (CAC). El gobierno español tomó este desafío de forma seria con la creación de una fundación dedicada a desarrollar investigación en este tema, la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN), dentro de ella la iniciativa del sector privado también ha contribuido (por ejemplo, ENDESA, ENUSA, etc...). CIUDEN se estableció en 2006, bajo la autoridad del Gobierno de España, para poner en práctica la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en los programas de energía y medio ambiente, y contribuir al desarrollo económico de la región de El Bierzo. Fue dirigido por una junta de gobernadores con la participación de los ministerios de Energía, Industria, Ciencia y Medio Ambiente. El almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> es una de las soluciones aceptadas internacionalmente para reducir las emisiones de dióxido de car-

the changes of the subsurface. This increase in public awareness has emphasized the need for detailed subsurface real-time monitoring. MIS-TERIOS (2014-2018, National funding agency) is an example of the development of integrated monitoring of the Earth System in Spain (Seismic networks of observation and research). Recently, seismic monitoring activities have been carried out in the west coast of Morocco and in the islands of Lanzarote and Fuerteventura in a joint enterprise with exploration companies (e.g. REPSOL).

#### *Methodological Development and Instrumentation*

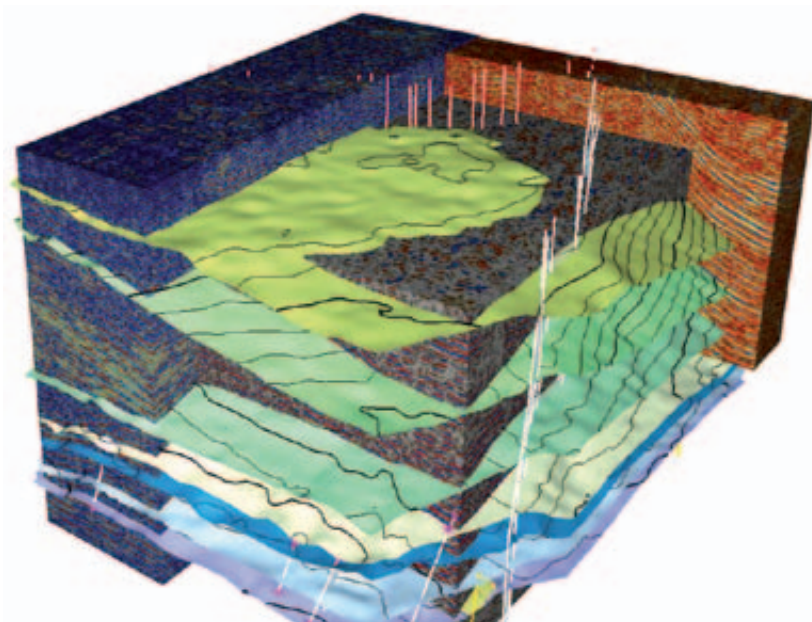
This area of research involves fundamentally experimental science, and therefore the building up of a laboratory infrastructure has been an asset for its successful development. It is fair to say that laboratory facilities started with a small number of seismic recording stations in the early 1990s and it has significantly evolved, holding nowadays more than 100 high-performing instruments, not only our own acquisition systems but hosting also the IBERARRAY pool of instruments. A major aim of the TOPOIBERIA program was to increase the high-quality information available significantly, by acquiring and deploying a technological observatory platform, a geophysical instrument pool named IBERARRAY of high-resolution multi-sampling. Infrastructure is a fundamental technological component of research, and this multidisciplinary observation platform constitutes a multi-sensor pool of instrumentation looking into the Earth, like a 'Terrascope' of seismics, GPS, magnetotellurics, etc. There is the hope to develop further the laboratory with new instrumentation and technical personnel and to become a prominent node of a distributed national pool of

de Geologia de CIUDEN. Va formar un grup de científics d'alt nivell en un programa d'investigació multidisciplinari integrat dedicat a desenvolupar la investigació en aquesta àrea. Un gran projecte el va finançar la UE i l'equip de recerca en caracterització del subsòl va ser capaç d'adquirir un conjunt de dades acadèmiques úniques, un volum de dades de sísmica de reflexió en 3D dissenyat per caracteritzar amb alta resolució el possible magatzem localitzat a Hontomín, al nord de Burgos (Espanya). El projecte va incloure l'adquisició de dades sísmiques de nova generació, així com proves amb noves tecnologies, per exemple, l'adquisició de dades de sísmica de reflexió amb sensors de 3 components. En aquest lloc, l'empresa CGG-Veritas va poder implementar i provar el seu desenvolupament conegut com a seismoviv. A més, el nostre grup

bono a la atmosfera. Consiste en la inyección de CO<sub>2</sub> hasta una profundidad de al menos 800 m en formaciones geológicas adecuadas tales como una roca altamente porosa y permeable, el depósito, cubierta por una capa superior de roca que bloquee la migración del gas hacia la superficie. Uno de los aspectos tecnológicos más importantes de almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> es su inyección en la roca almacén a grandes profundidades. Las formaciones geológicas que contienen fluidos como el petróleo, el agua, el CO<sub>2</sub> y el gas natural ya existen en la naturaleza lo que sugiere que bajo la superficie el almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> es viable. CIUDEN a través de su departamento de I+D+i desarrolló actividades destinadas a demostrar que el almacenamiento geológico era técnicamente viable y seguro para el medio ambiente como parte de una solución al cambio climá-

instruments for the observation of the Earth, as well as participating in the promotion of an open European network of singular infrastructures for the characterization of the subsurface.

The research carried out in basic and applied Earth sciences has also contributed to the development of new methods, approaches, innovative processing and imaging schemes. A regular outcome of the research carried out by the Group and not always recognized as valuable are the improvements on used methodologies and newly designed approaches in data acquisition, processing, modeling that are developed by the scientists with a broad range of applications. Developments that use three-component seismic signal processing methods to separate signal from noise, based on coherence measurements and the determination of



**Construcció de models geològics a partir de dades de sísmica de reflexió en 3D. Model estructural que inclou les diferents litologies interpretades superposades en el bloc de sísmica de reflexió en 3D adquirida a Hontomín (nord de Burgos, Espanya), localització de l'emplaçament per al magatzem geològic de CO<sub>2</sub>.**  
(Autor: I. Marzán).

Construcción de modelos geológicos a partir de datos de sísmica de reflexión 3D. Modelo estructural que incluye las diferentes litologías interpretadas superpuestas en el bloque de sísmica de reflexión 3D adquirida en Hontomín (norte de Burgos, España) localización del emplazamiento para el almacén geológico de CO<sub>2</sub>.  
(Autor: I. Marzán).

Geologic model building from seismic 3D data. A structural model that includes the different interpreted lithologies overlying on the 3D seismic reflection block acquired in the CO<sub>2</sub> geological storage site of Hontomín, north of Burgos, Spain. (Author: I. Marzan).

d'investigació també va ser el responsable del disseny i la implementació d'una xarxa de vigilància sísmica local. El grup de recerca creat per Pérez-Estaún també va ser l'encarregat de les activitats de monitorització. Contribucions publicades en revistes científiques, així com tesis doctorals, van ser el principal resultat de la primera part del desenvolupament d'aquesta important iniciativa. Malauradament, els projectes es van reduir en grandària i ambició

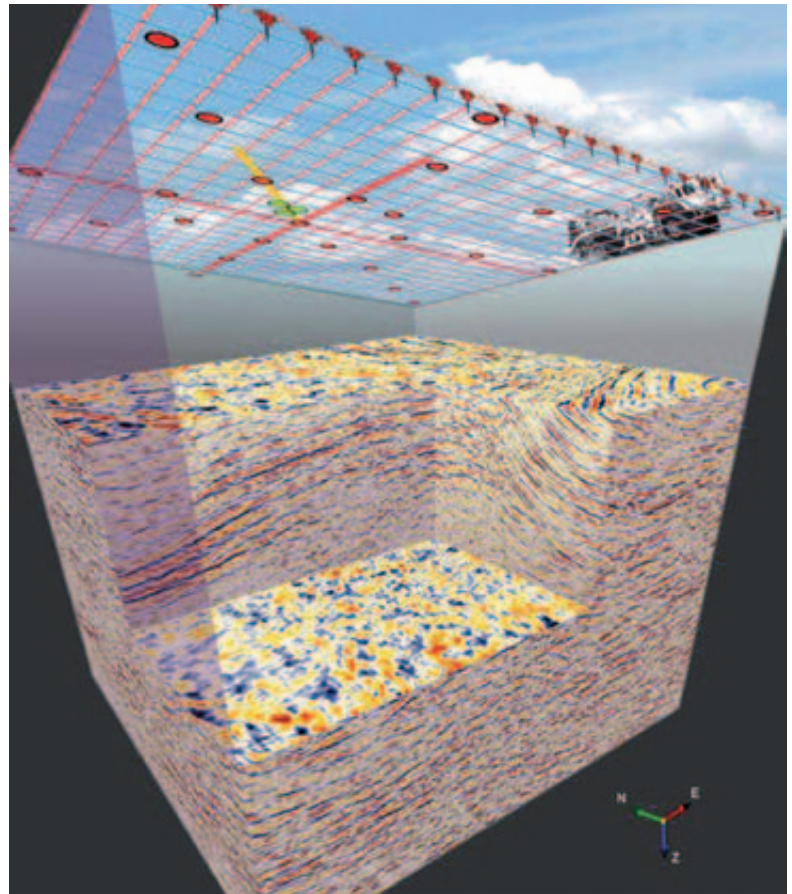
tico. El Prof. Andrés Pérez-Estaún dirigí el programa de geologia de CIUDEN. Formó un grupo de científicos de alto nivel en un programa de investigación multidisciplinar integrado dedicado a desarrollar la investigación en esta área. Un gran proyecto fue financiado por la UE y el equipo de investigación en caracterización del subsuelo fue capaz de adquirir un conjunto de datos académicos únicos, un volumen de datos de sísmica de reflexión 3D diseñado

attributes such as polarization or instantaneous phase. The aim is to attenuate, minimize noise and identify any type of signal from its velocity, propagation direction, and polarization or dispersion properties. Particular attention is devoted to the identification of weak signals in the coda of P and S phases (coda refers to the energy reverberations recorded after the P or S main arrivals), which are related to different heterogeneities and discontinuities usually

**Sísmica de reflexió en 3D d'una imatge de la part més superficial de l'escorça terrestre. L'esbós il·lustra el disseny de l'adquisició de la base de dades de sísmica de reflexió en 3D adquirida a Hontomín, l'emplaçament del magatzem geològic de CO<sub>2</sub> situat al nord de Burgos, Espanya. Això és part de l'estudi de base adquirit dins el projecte CIUDEN per a la captura i l'emmagatzematge de carboni (CEC). (Autor: I. Marzán).**

Sísmica de reflexión 3D una imagen de la parte más superficial de la corteza terrestre. El "sketch" ilustra el diseño de la adquisición de la base de datos de sísmica de reflexión 3D adquirida en Hontomín el emplazamiento del almacén geológico de CO<sub>2</sub> ubicado al norte de Burgos, España. Esto es parte del estudio de base adquirido dentro del proyecto CIUDEN para la captura y almacenamiento de carbono (CAC). (Autor: I. Marzán).

3D seismic reflection view of the interior of the Earth's shallow crust. Sketch illustrating the acquisition design of the 3D seismic reflection data set acquired in Hontomín, the CO<sub>2</sub> geological storage site located north of Burgos, Spain. This is part of the baseline study acquired within the CIUDEN project for Carbon Capture and Storage (CCS). (Author: I. Marzán).



sobretot a causa de la crisi econòmica de la dècada de 2010.

Les activitats de monitoratge del subsòl han estat, en els darrers anys, una activitat important en la recerca i quant a possibilitats de finançament. Crisis com l'anomenada CASTOR (un magatzem geològic de gas natural a la costa de Castelló, Espanya), l'interès pels mètodes d'hydrofracturació per a l'explotació d'hidrocarburs, i la crisi volcànica i sísmica a l'illa d'El Hierro, a l'arxipèlag de Canàries, han posat en relleu la temàtica del seguiment del subsòl, la monitorització sísmica. Aquestes crisis han ampliat significativament el nivell de l'opinió pública i han posat en relleu la importància i les implicacions d'aquests temes. La monitorització del subsòl s'està convertint en un objectiu addicional i rellevant de la nostra investigació, ja que es dirigeix a determinar i interpretar els canvis, variacions en l'estructura i els paràmetres del subsòl en funció del temps. Aquests estudis en 4D no només es duen a terme a les zones amb dipòsits d'actius, com ara instal·lacions d'emmagatzematge subterrani de gas, sinó també en altres emplaçaments durant l'explotació normal dels recursos naturals i en àrees amb alta activitat sísmica. En aquests últims estudis, la investigació es dirigeix cap a la predicció i la caracterització dels canvis en el subsòl. Aquest augment de la consciència pública ha posat èmfasi en la necessitat d'analitzar els canvis de les propietats del subsòl en temps real. El projecte MISTERIS (2014-2018) és un exemple del desenvolupament de la vigilància integrada del Sistema Terrestre a Espanya (xarxes sísmiques d'observació i recerca). Recentment, les activitats de vigilància sísmica

para caracterizar con alta resolución el posible almacén localizado en Hontomín, al norte de Burgos (España). El proyecto incluyó la adquisición de datos sísmicos de nueva generación, así como pruebas con nuevas tecnologías, por ejemplo, la adquisición de datos de sísmica de reflexión con sensores de 3 componentes. En este sitio, la empresa CGG-Veritas pudo implementar y probar su desarrollo conocido como "seismovie". Además, nuestro grupo de investigación también fue el responsable del diseño e implementación de una red de vigilancia sísmica local. El grupo de investigación diseñado por Andrés también fue el encargado de las actividades de monitoreo. Contribuciones publicadas en revistas científicas, así como tesis doctorales fueron el principal resultado de la primera parte del desarrollo de esta importante iniciativa. Por desgracia, los proyectos se redujeron en tamaño y ambición sobre todo debido a la crisis económica de la década de 2010.

Las actividades de monitorización del subsuelo han sido, en los últimos años, una actividad importante en la investigación y en cuanto a posibilidades de financiación. Crisis como la de CASTOR, (un almacén geológico de gas natural frente la costa de Castellón, España), el interés por los métodos de hidro-fracturación para la explotación de hidrocarburos, y la crisis volcánica y sísmica en la isla de El Hierro, en el archipiélago de Canarias, han puesto de relieve la temática del seguimiento del subsuelo, la monitorización sísmica. Estas crisis han ampliado significativamente el nivel de la opinión pública poniendo de relieve la importancia y las implicaciones de estos temas. La monitorización del subsuelo se está convirtiendo en un objetivo

not resolved with tomographic/inversion approaches. Currently under development are new approaches towards tomographic inversion of seismic body and surface-wave data (Rayleigh and Love waves). Methods of travel time and full-waveform 2-D and 3-D inversions at the local, regional and global scales are also considered, including advanced aspects such as parametrization of irregular cells. Currently, special attention is devoted to S-wave tomography using surface-wave dispersion data. The research is devoted to innovative approaches to subsurface seismic imaging by pre-stack depth and reverse time migration. Scientists are developing research in this field through the cooperation of service companies (REPSOL and CGG-Veritas). The computational requirements of this type of research are provided by the in-house hardware/software and the close collaboration with the Department of Computer Applications for Science and Engineering of the Barcelona Supercomputing Center and/or the Spanish Network for supercomputing (RES).

Other contributions have included new approaches to earthquake location. More accurate methods of earthquake location, such as double differences and 3D velocity models, are or have been considered, including as a first stage improvement in arrival time pickings using waveform cross-correlations. In addition, the location of events outside the recording network has been improved, resulting in more reliable error location estimations by using density probability functions. Lately, research has also been focused towards using arrays of stations or seismic antennas through advanced data processing, inversion and modeling procedures, providing new information on the fine structure

s'han dut a terme a la costa oest del Marroc i a les illes de Lanzarote i de Fuerteventura en un programa conjunt amb empreses d'exploració (REPSOL).

### **Desenvolupament metodològic i instrumentació**

Aquesta línia d'investigació inclou la ciència fonamentalment experimental i, per tant, la construcció d'una infraestructura o laboratori associat per facilitar-ne el creixement. El laboratori va començar amb un petit nombre d'estacions de registre sísmic a principi dels anys 1990 i ha evolucionat de manera significativa. Avui dia gaudeix de prop d'un centenar d'instruments i també inclou el banc d'instrumentació IBERARRAY. Un objectiu important del programa TOPOIBERIA era augmentar significativament la informació d'alta qualitat disponible, mitjançant l'adquisició i el desplegament d'una plataforma tecnològica d'observació (adquisició de dades geofísiques), el banc d'instrumentació en geofísica anomenat IBERARRAY d'alta resolució. La infraestructura és un component fonamental de la investigació tecnològica, i aquesta plataforma d'observació multidisciplinària constitueix una antena multisensor que mira cap a l'interior de la Terra, com un terrascopi que mesura sísmica, GPS, magnetotel·lúrica, etc. Hi ha l'esperança de continuar desenvolupant el laboratori amb la nova instrumentació i personal tècnic i d'esdevenir un node important d'una infraestructura nacional distribuïda d'instruments per a l'observació de la Terra, així com la participació en la promoció d'una xarxa europea oberta de les infraestructures singulars per a la caracterització del subsòl (EPOS, European Plate Observing System).

adicional y relevante de nuestra investigación, ya que se dirige a determinar e interpretar los cambios, variaciones en la estructura y los parámetros del subsuelo en función del tiempo. Estos estudios 4D no sólo se llevan a cabo en las zonas con depósitos de activos, tales como instalaciones de almacenamiento subterráneo de gas, sino también en otros emplazamientos durante la explotación normal de los recursos naturales y en áreas con alta actividad sísmica. En estos últimos estudios, la investigación se dirige hacia la predicción y la caracterización de los cambios en el subsuelo. Este aumento de la conciencia pública ha hecho hincapié en la necesidad de analizar los cambios de las propiedades del subsuelo en tiempo real. El proyecto MISTERIOS (2014-2018) es un ejemplo del desarrollo de la vigilancia integrada del Sistema Terrestre en España (redes sísmicas de observación e investigación). Recientemente, las actividades de vigilancia sísmica se han llevado a cabo en la costa oeste de Marruecos y en las islas de Lanzarote y de Fuerteventura en una programa conjunto con empresas de exploración (REPSOL).

### **Desarrollo metodológico e Instrumentación**

Esta línea de investigación incluye la ciencia fundamentalmente experimental, y por lo tanto la construcción de una infraestructura, laboratorio ha sido un activo para un desarrollo exitoso. Es justo decir que el laboratorio comenzó con un pequeño número de estaciones de registro sísmico a principios de los 90 y ha evolucionado de manera significativa, hoy en día goza de cerca de un centenar de instrumentos, el laboratorio también incluye el banco de instrumentación IBERARRAY. Un objetivo importante del programa TOPOIBE-

of the Earth (topography from focusing-defocusing models, thicknesses of discontinuities from reflection/transmission coefficients, etc.).

The area of research dealing with composition and geodynamics of the lithosphere has been a major field within which a relatively large number of contributions in terms of modeling software have been developed. Integrated modeling of the lithospheric structure in 2D and 3D dimensions has been built up through the development of a series of PhD thesis and Post-doctoral research. The modeling approaches include couple forward modeling of topography, geoid, gravity and heat flow data. Other contributions include the determination of seismic velocities ( $V_p$  and  $V_s$ ) from potential field and petrological data. The Research Group has also contributed to the use of level sets as markers of the kinematic evolution of interfaces. This technique, which has been developed and applied in engineering research, is now being incorporated by the Group to large-scale geodynamic problems. The aim is to model subduction and delamination processes with eventual slab break-off of the subducting slab or delaminated mantle. This leading-edge work is done in cooperation with the Laboratory of Numerical Calculations (LACAN) of the Polytechnic University of Catalonia. This cooperation has contributed to the development of new algorithms using Eulerian schemes that describe the kinematics of an interface during deformation. This new approach integrates geophysical and petrological data. Further new developments include the subsurface characterization of the crust and lithosphere using natural sources, ambient noise interferometry, and new advances in controlled source seismology taking the advantage of three-component and multi-azimuth data.



**Instrumentació sísmica passiva en una adquisició de sísmica de reflexió/refracció de gran angle. A la figura la instrumentació sísmica consisteix en un digitalitzador sísmic, un PC i el sistema de control. Aquesta imatge correspon a l'estació sísmica feta a França anomenada Ator. (Autor: J. Díaz).**

Instrumentación sísmica pasiva en una adquisición de sísmica de reflexión/refracción de gran-ángulo. En la figura la instrumentación sísmica consiste en un digitalizador sísmico, un PC y, el sistema de control, esta imagen corresponde a la estación sísmica manufacturada en Francia denominada Ator. (Autor: J. Díaz).

Passive seismic instrumentation in wide-angle seismic reflection/refraction acquisition. The seismic instruments consist of the seismic recorder, the PC, control system, this is French-made Ator seismic recorder. (Author: J. Díaz).

La investigació duta a terme en Ciència Bàsica i Aplicada també ha contribuït a desenvolupaments innovadors, nous mètodes, enfocaments, esquemes de processament i de generació d'imatges. Un resultat de la investigació duta a terme pel Grup i no sempre valorat són les millores en les metodologies utilitzades i els enfocaments de nous dissenys en l'adquisició de dades, processament i modelització que es desenvolupen amb una àmplia gamma d'aplicacions. Aquests desenvolupaments utilitzen mètodes de processament de senyals sísmics de tres components per separar el senyal del soroll, basant-se en mesuraments de la coherència i la determinació d'atributs com ara la polarització o la fase instantània. L'objectiu és atenuar, minimitzar el soroll i identificar qual-sevol tipus de senyal, la velocitat, direcció de

RIA era aumentar significativamente la información de alta calidad disponible, mediante la adquisición y el despliegue de una plataforma tecnológica de observación (adquisición de datos geofísicos) un banco de instrumentación en geofísica llamado IBERARRY. La infraestructura es un componente fundamental de la investigación tecnológica, y esta plataforma de observación multidisciplinar constituye una antena multi-sensor que mira hacia el interior de la Tierra, como un "Terrascopio" que mide sísmica, GPS, magnetotélúrica, etc. Existe la esperanza de seguir desarrollando el laboratorio con nueva instrumentación y personal técnico y de convertirse en un nodo importante de una infraestructura nacional distribuida de instrumentos para la observación de la Tierra, así como la participación en la promoción de

### **Post-Graduate Education, Training, Mobility and Outreach**

The Research Group has consolidated, to a certain degree, as an asset in the study of the lithosphere at different scales from detailed shallow targets to the characterization of deep tectonic processes. Over the years it has developed active dissemination and training activities: post-graduate education and outreach activities. The members of the team have traditionally supervised Master and PhD students enrolled in education programs of national and foreign universities. The scientists within the team teach in Master's degree programs awarded by the University of Barcelona, the Polytechnic University of Catalunya and the University of Oviedo, among others. PhD degrees by universities around the world: South

propagació, polarització o dispersió. Es presta atenció especial a la identificació dels senyals febles en la coda de fases P i S (coda es refereix a les reverberacions d'energia registrades després de les arribades principals P o S), que es relacionen amb diferents heterogeneïtats i discontinuïtats generalment no resoltes amb enfocaments de tomografia/inversió. S'estan desenvolupant avenços en nous enfocaments en algorismes d'inversió, tomografia de dades sísmiques, ones internes o de superfície (Ones Rayleigh i Love). També s'adrecen millores a la inversió en 2D i 3D dels temps d'arribada i de forma d'ona completa a escala local, regional i global, incloent-hi aspectes avançats com ara parametrització de cel·les irregulars. Actualment es presta especial atenció a la tomografia d'ones S utilitzant les dades de dispersió de les ones de superfície. La investigació està

una red europea abierta de las infraestructuras singulares para la caracterización del subsuelo (EPOS-European Plate Observing System).

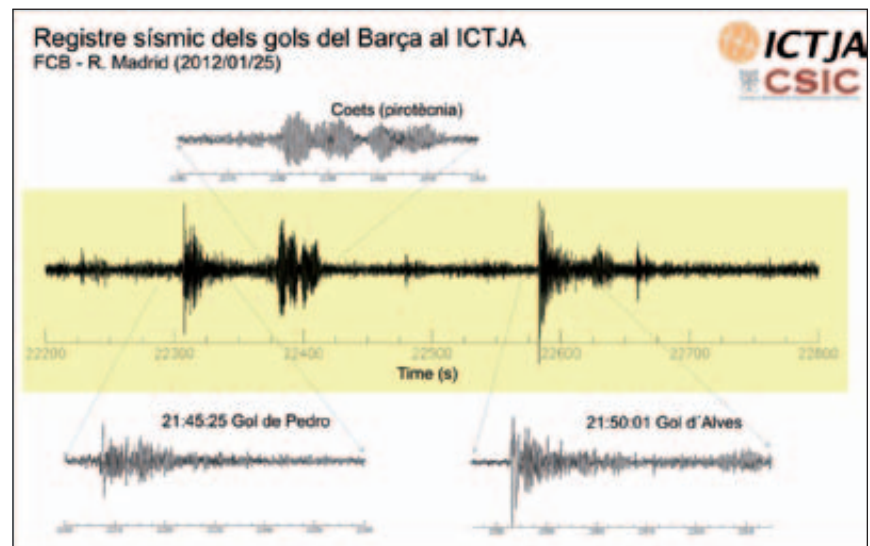
La investigación llevada a cabo en ciencia básica y aplicada también ha contribuido a desarrollos innovadores, nuevos métodos, enfoques, esquemas de procesado y de visualización. Un resultado de la investigación llevada a cabo por el Grupo y no siempre valorada son las mejoras en las metodologías utilizadas y los enfoques de nuevo diseño en la adquisición de datos, procesado, modelado que se desarrollan con una amplia gama de aplicaciones. Desarrollos que utilizan métodos de procesado de señales sísmicas de tres componentes para separar la señal del ruido, basándose en mediciones de la coherencia y la determinación de atributos tales como la polarización o la fase instantánea

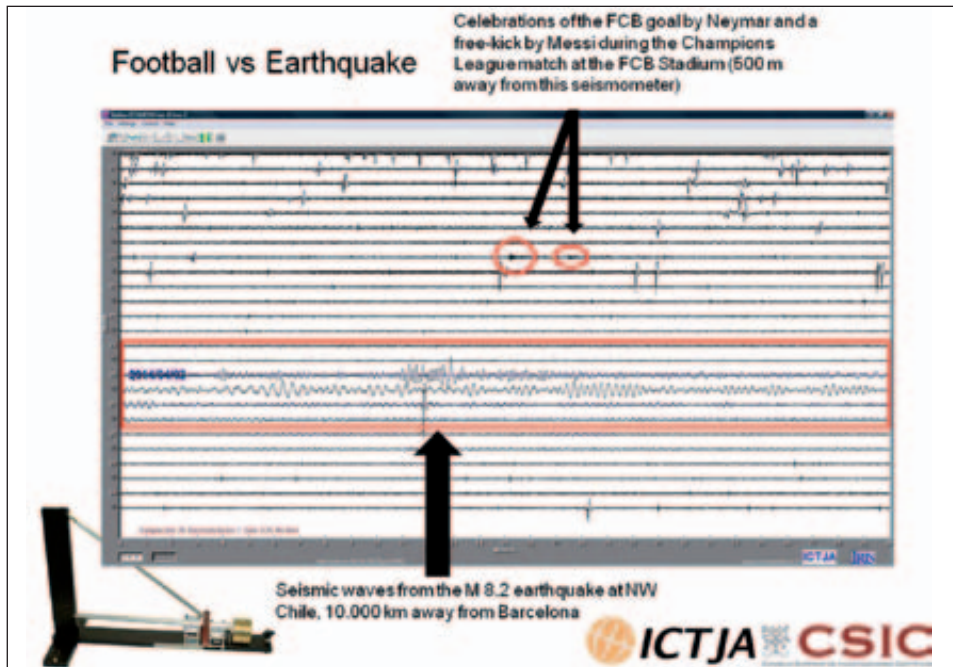
America, (Brazil, Colombia, Mexico, etc.) and by European Institutions are awarded to students that have developed or are currently developing their doctoral research supervised by scientists of the Group. This effort has benefited from the economic support of Education programs sponsored by the EU through different calls. The group has participated in several EU training and mobility actions oriented towards training of young researchers through specific projects. This was the case of the Human Capital and Mobility Network 'Geodynamic Modeling of the Western Mediterranean' in which active exchange of young Post-Doctoral students was carried out between 5 institutions of 4 European countries with the aim of studying the evolution of the Western Mediterranean. More recently, the Group has participated in the International

El que es pot mesurar amb un sensor sísmic, del joc a la ciència. Esdeveniments sísmics generats pels gols marcats pel Barça en el partit jugat contra el Real Madrid el 25 de gener de 2012. Els gols els van marcar Pedro i Alves. Tingueu en compte que també hi va haver focs d'artifici just després del primer gol. (Autor: J. Díaz).

Lo que se puede medir con un sensor sísmico, del juego a la ciencia. Eventos sísmicos generados por los goles marcados por el Barça en el partido jugado contra el Real Madrid el 25 de enero de 2012. Los goles fueron marcados por Pedro y Alves, téngase en cuenta que también hubo fuegos artificiales justo después del primer gol. (Autor: J. Díaz).

What can be measured with a seismic sensor, from pure enjoyment to science. Seismic events generated by the goals scored by Barça in the game played against R Madrid on 25th January 2012. The goals were scored by Pedro and Alves, note that there were also fireworks fired just after the first goal. (Author: J. Díaz).





orientada vers enfocaments innovadors per a la generació d'imatges sísmiques del subsòl en funció de la profunditat a Pre-Stack i Reverse Time Migration. Els científics estan desenvolupant treballs en aquest camp a través de la cooperació amb les empreses de serveis REPSOL i CGG-Veritas. Les altes prestacions necessàries per al càlcul s'aconsegueixen mitjançant maquinari propi i l'estreta col·laboració amb el Departament de Computer Applications for Science and Engineering del Centre de Supercomputació de Barcelona i a través de la Xarxa Espanyola de Supercomputació (RES, sigla de la denominació en castellà).

nea. El objetivo es atenuar, minimizar el ruido e identificar cualquier tipo de señal, su velocidad, dirección de propagación, polarización o dispersión. Se presta especial atención a la identificación de las señales débiles en la coda de fases P y S (coda se refiere a las reverberaciones de energía registrados después de las llegadas principales P o S), que se relacionan con diferentes heterogeneidades y discontinuidades generalmente no resueltos con enfoques de tomografía/inversión. Avances, nuevos enfoques en algoritmos de inversión, tomografía de datos sísmicos, ondas internas o de superficie (Ondas Rayleigh y Love). Mejoras en: la inver-

El que es pot mesurar amb un sensor sísmic, del joc a la ciència. El registre sísmic adquirit pel sensor de demostració, geòfon, situat a l'entrada de l'ICTJA. Mostra els senyals que es van generar per soroll a causa de les celebracions dels gols marcats per Neymar i Messi pertanyents a l'equip de futbol del Barça durant un partit de la Lliga de Campions d'Europa disputat al camp del FCB a uns 500 m al sud de l'Institut (2 d'abril de 2014). El mateix registre mostra també l'esdeveniment sísmic corresponent al terratrèmol de magnitud 8,2 que va tenir lloc al NW de Xile, a uns 10.000 km de Barcelona. (Autor: J. Díaz i I. Marzán).

Lo que se puede medir con un sensor sísmico, del juego a la ciencia. El registro sísmico adquirido por el sensor de demostración, geófono, situado en la entrada del Instituto Jaume Almera. Muestra las señales que se generaron por ruido debido a las celebraciones de los goles marcados por Neymar y Messi pertenecientes al equipo de fútbol del Barça durante un partido de la liga de Campeones de Europa disputado en el campo del FCB a unos 500 m al sur del Instituto (2 de Abril de 2014). El mismo registro muestra también el evento sísmico correspondiente al terremoto de Magnitud 8.2 que tuvo lugar en el NW de Chile, a unos 10.000 km de Barcelona. (Autor: J. Díaz y I. Marzán).

What can be measured with a seismic sensor, from pure enjoyment to science. This corresponds to the record acquired by the demonstration sensor, i.e. the geophone, at the entrance of the ICTJA. It shows the signals of the celebrations of the goals scored by the Barcelona soccer team by Neymar and Messi during a European Champions game played at the FCB at about 500 m south of the Institute (April, 2, 2014). The same record shows the seismic event from the earthquake of the Magnitude 8.2 event in the NW of Chile, about 10.000 km away from Barcelona. (Author: J. Diaz and I. Marzan).

Training Network ITN TOPOMOD (2011–2014) within the Marie-Curie Actions, which comprised 8 academic and research institutions of seven European countries, with a training program for a total of 13 post-graduated positions and 2 PhD positions. The program focused on the interaction between deep and shallow proc-



Altres contribucions inclouen nous enfocaments en la localització de terratrèmols. Mètodes més precisos de localització, com les diferències dobles i models de velocitat en 3D, són o han estat considerats també les millors en la determinació de les arribades mitjançant correlació encreuada de les formes d'ona. A més, s'ha millorat en la localització de sismes fora de la xarxa d'observació, la qual cosa resulta en estimacions més fiables utilitzant funcions de densitat de probabilitat. Recentment la investigació també s'ha centrat en l'ús de xarxes d'estacions o antenes sísmiques que a través de procediments avançats de processament de dades, inversió i modelització, proporcionen nova informació sobre l'estructura fina de la Terra (topografia, gruixos de discontinuïtats, coeficients de reflexió/transmissió, etc.).

L'àrea d'investigació de la composició i la geodinàmica de la litosfera ha estat un camp important en el qual s'han desenvolupat un nombre relativament gran de contribucions en termes de programari de modelització. La modelització integrada de l'estructura de la litosfera en les 2D i 3D ha estat el resultat del desenvolupament d'una sèrie de tesis doctorals i de treballs postdoctorals. Els mètodes de modelització inclouen la modelització integrada de la topografia, el geoide, la gravetat i les dades de flux de calor. Altres contribucions inclouen la determinació de les velocitats sísmiques ( $V_p$  i  $V_s$ ) dels camps potencials i dades petrològiques. El Grup de Recerca també ha contribuït a la utilització de conjunts de nivell com a marcadors de l'evolució cinemàtica d'interfícies. El Grup està incorporant aquesta tècnica, que s'ha desenvolupat i aplicat en la re-

sión de los tiempos de llegada; de forma de onda completa en 2-D y 3-D dimensiones; inversiones tomográficas a escala local, regional y global, incluidos aspectos avanzados tales como parametrización de mallas irregulares. Actualmente se presta especial atención a la tomografía de ondas S utilizando los datos de dispersión de las ondas de superficie. La investigación está dedicada a enfoques innovadores para la generación de imágenes sísmicas del subsuelo en función de la profundidad en "Pre-Stack" y "Reverse Time Migration". Los científicos están desarrollando trabajos en este campo a través de la cooperación con las empresas de servicios (REPSOL, CGG-Veritas). Las altas prestaciones necesarias para el cálculo se consiguen mediante hardware propio y la estrecha colaboración con el Departamento "Computer Applications for Science and Engineering" del Centro de Supercomputación de Barcelona y a través de la Red Española de Supercomputación (RES).

Otras contribuciones incluyen nuevos enfoques en la localización de terremotos. Métodos más precisos de localización, como las diferencias dobles y modelos de velocidad 3-D, son o han sido considerados, también las mejoras en la determinación de las llegadas mediante correlación cruzada de las formas de onda. Además, se ha mejorado la localización de sismos fuera de la red de observación, lo que resulta en estimaciones más fiables utilizando funciones de densidad de probabilidad. Recientemente la investigación también se ha centrado en el uso de redes de estaciones o antenas sísmicas que usando procedimientos avanzados de procesamiento de datos, inversión y modelización, proporcionan información nueva sobre la estructura fina de la Tierra (la topografía, espesores de discontinuidades, coeficientes de reflexión/transmisión, etc.).

esses from a multidisciplinary approach. The Group hosted 2 PhD students dealing with the topics of seismic characterization of intracratonic orogens, and mantle characterization and dynamic topography. In addition to these well-established training programs, the Department also carries out training and mobility actions through research projects supported by public (national or international) agencies, or private companies. Furthermore, the Group also develops an intensive outreach program with activities in science fairs and Science Week events, as well as presentations in High schools and training of school teachers. Training and education has been a key target during the 30-year period of existence of the Research Group.

cerca en enginyeria, a problemes geodinàmics a gran escala. L'objectiu és modelar els processos de subducció i delaminació amb l'eventual trencament de la placa a la subducció o a la delaminació del mantell. Aquest treball d'avantguarda es realitza en col·laboració amb el Laboratori de Càlculs Numèrics (LACAN) de la Universitat Politècnica de Catalunya. Aquesta cooperació ha contribuït al desenvolupament de nous algorismes que utilitzen esquemes d'Euler que descriuen la cinemàtica d'una interfície durant la deformació. Aquest nou enfocament integra les dades geofísiques i petrològiques. Altres desenvolupaments inclouen la caracterització del subsòl, l'escorça i la litosfera, usant registres de fonts naturals, la interferometria de soroll sísmic ambiental i els nous avenços en la sismologia de font controlada, tenint l'avantatge de dades de tres components i multiazimut.

#### **Educació de postgrau, Formació, Mobilitat i Difusió**

El Grup de Recerca s'ha consolidat, fins a cert punt, com un actiu en l'estudi de la litosfera a diferents escales des d'objectius superficials detallats a la caracterització dels processos tectònics profunds. Amb els anys s'ha desenvolupat un ampli nombre d'activitats de difusió, d'educació, de divulgació, de formació de postgrau i de personal tècnic. Els membres del Grup han supervisat tradicionalment tesis de màster i alumnes de doctorat matriculats en programes d'educació d'universitats nacionals i estrangeres. Els científics dins de l'equip donen classes en programes de màster de la

El área de investigación de la composición y la geodinámica de la litosfera ha sido un campo importante en el que se han desarrollado un número relativamente grande de contribuciones en términos de software de modelado. El modelado integrado de la estructura de la litosfera en 2-D y 3-D ha sido el resultado del desarrollo de una serie de tesis doctorales y de trabajos post-doctorales. Los métodos de modelado incluyen el modelado integrado de la Topografía, el geode, la gravedad y los datos de flujo de calor. Otras contribuciones incluyen la determinación de las velocidades sísmicas ( $V_p$  y  $V_s$ ) de campos potenciales y datos petrológicos. El Grupo de Investigación también ha contribuido a la utilización de conjuntos de nivel como marcadores de la evolución cinemática de interfases. Esta técnica, que se ha desarrollado y aplicado en la investigación en ingeniería está siendo incorporada por el Grupo a problemas geodinámicos a gran escala. El objetivo es modelar los procesos de subducción y delaminación con la eventual rotura de la placa en la subducción o en la delaminación del manto. Este trabajo de vanguardia se realiza en colaboración con el Laboratorio de Cálculos Numéricos (LACAN) de la Universidad Politècnica de Catalunya. Esta cooperación ha contribuido al desarrollo de nuevos algoritmos que utilizan esquemas de Euler que describen la cinemática de una interfaz durante la deformación. Este nuevo enfoque integra los datos geofísicos y petrológicos. Otros desarrollos incluyen la caracterización del subsuelo, la corteza y litosfera, usando registros de fuentes



**Operacions de camp durant l'adquisició de dades sísmiques per caracteritzar el subsòl poc profund a l'illa de la Reunió. (Autor: J. Díaz).**

Operaciones de campo durante la adquisición de datos sísmicos para caracterizar el subsuelo poco profundo en la isla de La Reunión. (Autor: J. Díaz).

Field operation looking at the shallow subsurface in La Reunion Island. (Author: J. Díaz).

Universitat de Barcelona, la Universitat Politècnica de Catalunya i la Universitat d'Oviedo, entre d'altres. El grau de doctor per part d'universitats de tot el món (Amèrica del Sud: Brasil, Colòmbia, Mèxic, etc.) i per les institucions europees s'ha atorgat a estudiants que han desenvolupat o estan desenvolupant actualment la seva recerca dirigida per científics del Grup. Aquest esforç ha rebut el suport econòmic dels programes d'Educació patrocinats per la UE a través de diferents convocatòries. El Grup ha participat en diverses accions de formació i mobilitat de la UE orientades a la formació de joves investigadors a través de projectes específics. Aquest va ser el cas del Human Capital and Mobility Network "Geodynamic Modeling of the Western Mediterranean", en què es va dur a terme l'intercanvi actiu de joves postdoctors entre 5 institucions de 4 països europeus amb l'objectiu d'estudiar l'evolució de la Mediterrània occidental. Més recentment, el Grup ha participat en la Xarxa Internacional de Formació ITN TOPOMOD (2011-2014) dins de les accions Marie Curie, que comprenia 8 institucions acadèmiques i de recerca de 7 països europeus, amb un programa de capacitació per a un total de 2 postgraduats i 13 estudiants de doctorat. El programa es va centrar en la interacció entre els processos profunds i superficials amb un enfocament multidisciplinari. El Grup de Recerca es va encarregar de dos estudiants de doctorat que s'ocupen dels temes de caracterització sísmica d'òrgens intracontinentals, i la caracterització del mantell i la topografia dinàmica. A més d'aquests programes de formació ben establerts, el Grup també porta a terme accions de formació i mobilitat a través de projectes d'investigació finançats per orga-

naturales y, la interferometría de ruido sísmico ambiental y los nuevos avances en la sismología de fuente controlada, teniendo la ventaja de datos de tres componentes y multi-acimut).

### **Educación de Posgrado, Formación, Movilidad y Difusión**

El Grupo de Investigación se ha consolidado, hasta cierto punto, como un activo en el estudio de la litosfera a diferentes escalas desde objetivos superficiales detallados a la caracterización de los procesos tectónicos profundos. Con los años se han desarrollado un amplio número de actividades de difusión, de educación, de divulgación, de formación de postgrado y de personal técnico. Los miembros del Grupo han supervisado tesis de Master y alumnos de doctorado matriculados en programas de educación de las universidades nacionales y extranjeras. Los científicos del equipo enseñan en programas de Master de: la Universidad de Barcelona, la Universidad Politécnica de Cataluña y la Universidad de Oviedo, entre otros. El grado de Doctor por parte de universidades de todo el mundo: América del Sur, (Brasil, Colombia, México, etc.) y por las instituciones europeas se ha otorgado a estudiantes que han desarrollado o están desarrollando actualmente su investigación dirigida por científicos del Grupo. Este esfuerzo ha contado con el apoyo económico de los programas de Educación patrocinados por la UE a través de diferentes convocatorias. El Grupo ha participado en varias acciones de formación y movilidad de la UE orientadas a la formación de jóvenes investigadores a través de proyectos específicos. Este fue el caso del "Human Capital and Mobility Network Geodynamic Modeling of the Western Mediterranean" en



#### **Ensinistrament d'estudiants participants en la preparació d'una campanya internacional de sismologia a l'Atlas.**

Adiestramiento de estudiantes participantes en la preparación de una campaña internacional de sismología en el Atlas.

Training participants in the preparation of an international campaign of seismology at the Atlas.

nismes públics (nacionals o internacionals) o empreses privades. El Grup també desenvolupa un intens programa de difusió de la recerca que fa en actes institucionals com la Setmana de la Ciència o presentacions en escoles d'educació secundària i formació de professorat. La formació i l'educació han estat un objectiu clau durant aquests 30 anys de període d'existència del Grup de Recerca.

el que se llevó a cabo el intercambio activo de jóvenes Post-Doc entre 5 instituciones de 4 países europeos con el objetivo de estudiar la evolución del Mediterráneo Occidental. Más recientemente, el Grupo ha participado en la Red Internacional de Formación ITN TOPO-MOD (2011-2014) dentro de las acciones Marie Curie, que comprendía ocho instituciones académicas y de investigación de siete países europeos, con un programa de capacitación para un total de 2 de post-graduados y 13 estudiantes de doctorado. El programa se centró en la interacción entre los procesos profundos y superficiales con un enfoque multidisciplinar. El Grupo de Investigación se hizo cargo de dos estudiantes de doctorado que se ocuparon de los temas de caracterización sísmica de orógenos intra-continetales, y la caracterización del manto y la topografía dinámica. Además de estos programas de formación bien establecidos, el Grupo también lleva a cabo acciones de formación y movilidad a través de proyectos de investigación financiados por organismos públicos (nacionales o internacionales), o empresas privadas. Asimismo desarrolla un intenso programan de difusión de la investigación que desarrolla en actos institucionales como la Semana de la Ciencia o presentaciones en escuelas de educación secundaria y formación de profesorado. La formación y la educación ha sido un objetivo clave durante estos 30 años de período de existencia del Grupo de Investigación.



#### **Formació prèvia individualitzada d'estudiants per l'adquisició de dades de camp d'una campanya de sísmica.**

Formación previa individualizada de estudiantes para la adquisición de datos de campo de una campaña de sísmica.

Individual training prior to the acquisition of field data from a seismic campaign.

# CRISTAL-LOGRAFIA I PROPIETATS ÒPTIQUES DE SÒLIDS

## CRISTALOGRAFÍA Y PROPIEDADES ÓPTICAS DE SÓLIDOS

### CRYSTALLOGRAPHY AND OPTICAL PROPERTIES OF SOLIDS

Lluís Artús\*, Ramon Cuscó, Jordi Ibáñez

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*

#### ■ Orígens del Grup de Cristal·lografia i Propietats Òptiques de Sòlids

Durant un llarg període després de la fundació de l'Institut Jaume Almera (IJA), la majoria dels seus investigadors científics duia a terme tasques investigadores en l'àmbit de la Cristal·lografia. Aquests investigadors es trobaven situats en el Departament de Cristal·lografia i Mineralogia de la Facultat de Geologia, situada aleshores a l'Edifici Històric de la Universitat de Barcelona. L'activitat científica en Cristal·lografia en aquest departament es trobava principalment repartida entre dues grans àrees d'investigació: l'estudi d'estructures cristal·lines de materials inorgànics i l'estudi de propietats òptiques de materials cristal·lins. El grup d'investigadors que estudiaven les propietats òptiques realitzava principalment estudis de transmissió i reflectivitat òptica per obtenir informació sobre les propietats físiques de materials cristal·lins naturals o sintètics.

El gran progrés científic i els avenços tecnològics que van tenir lloc al llarg de la dècada dels vuitanta i la repercussió que això va tenir en els centres públics d'investigació espanyols, va portar els investigadors del Departament

#### ■ Orígenes del Grupo de Cristalografía y Propiedades Ópticas de Sólidos

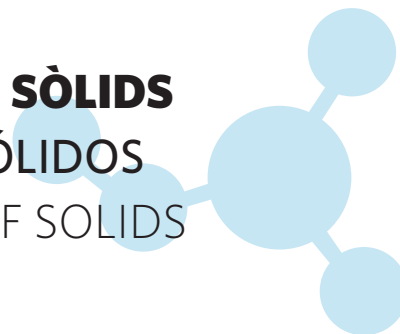
Durante un largo período tras la fundación del Instituto Jaume Almera (IJA), la mayoría de los investigadores científicos del mismo llevaba a cabo sus tareas investigadoras en el ámbito de la Cristalografía. Estos investigadores se hallaban ubicados en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Geología, sita por aquel entonces en el Edificio Histórico de la Universidad de Barcelona. La actividad científica en Cristalografía en dicho Departamento se hallaba principalmente repartida entre dos grandes áreas de investigación: el estudio de estructuras cristalinas de materiales inorgánicos y el estudio de propiedades ópticas de cristales. El grupo de investigadores que estudiaban las propiedades ópticas realizaba principalmente estudios de transmisión y reflectancia óptica para obtener a partir de ellos información sobre las propiedades físicas de cristales naturales o sintetizados.

El gran progreso científico y los grandes avances tecnológicos que tuvieron lugar a lo largo de la década de los años ochenta y la repercusión que ello tuvo en los centros públicos de investigación española, llevó a los investigado-

#### ■ Origins of the Group of Crystallography and Optical Properties of Solids

During a long period after the foundation of the Institute Jaume Almera (IJA), most of its scientific researchers developed their research in the field of crystallography. These researchers were based in the Department of Crystallography and Mineralogy of the Faculty of Geology, which was then located at the Historical Building of the University of Barcelona. The research activities on crystallography carried out in that department was primarily split in two main research areas: the study of crystalline structure of inorganic materials and the study of optical properties of crystals. The research group working on the optical properties mainly carried out studies of optical transmission and reflectance to obtain information about the physical properties of natural or synthetic crystals.

Great scientific progress and the substantial technological advances that took place throughout the 1980s, and their impact on the Spanish public research centers, led the researchers of the Crystallography Department specializing in optical properties to devise a broadened scope and a progressive incorporation of new optical techniques. In particular, Raman scattering



de Cristal·lografia especialitzats en propietats òptiques a planificar una ampliació i progressiva incorporació de noves tècniques de caracterització òptica. En particular, es va considerar l'espectroscòpia Raman com una tècnica d'estudi molt idònia per ser implementada a l'Institut Jaume Almera, atesa la gran versatilitat i l'enorme potencial d'aplicació en tots els camps de la ciència. Aquesta tècnica permet obtenir una gran quantitat d'informació sobre les propietats físiques de qualsevol tipus de material cristal·lí i, fins i tot, també sobre les dels compostos amorfs. La construcció de l'edifici que actualment és seu de l'ICTJA, inaugurat l'any 1983, es va albirar com una conjuntura idònia per a la implementació de noves tècniques de caràcter òptic que requereixen de laboratoris degudament condicionats on es puguin instal·lar instruments científics basats en tecnologies punteres. El Laboratori d'Espectroscòpia Raman s'ha equipat progressivament des de la fundació el 1992 a través dels projectes del Pla Nacional, ajudes financeres obtingudes de les convocatòries competitives del mateix CSIC, dotacions econòmiques obtingudes de la Generalitat de Catalunya i també a través de fons FEDER.

#### **Propietats òptiques de sòlids**

Les propietats òptiques de sòlids són les propietats físiques que es deriven d'estudis realitzats utilitzant una radiació lluminosa com a font d'excitació. En funció del tipus de llum que interaccioni amb el sòlid, de com es produeixi la interacció lum-matèria i del tipus de senyal que es detecti, són molt diversos els estudis de propietats físiques que es poden abordar. En el nostre Institut es realitzen estudis de propietats òptiques utilitzant diverses tècniques:

res del Departamento de Cristalografía especializados en propiedades ópticas a planificar una ampliación y progresiva incorporación de nuevas técnicas de carácter óptico. En particular, se estimó como una técnica de estudio muy idónea para ser implementada en el Instituto Jaume Almera, la espectroscopía Raman dada su gran versatilidad y su enorme potencial de aplicación a todos los campos de la ciencia ya que dicha técnica permite obtener una gran cantidad de información sobre las propiedades físicas de cualquier tipo de cristal e incluso también sobre las de los compuestos amorfos. La construcción del edificio que actualmente es sede del ICTJA, inaugurado el año 1983, se vislumbró como una coyuntura idónea para la implementación de nuevas técnicas de carácter óptico que requieren de laboratorios debidamente acondicionados donde puedan instalarse instrumentos científicos basados en tecnologías punteras. El Laboratorio de Espectroscopía Raman ha sido progresivamente equipado desde su fundación en 1992 a través de los Proyectos del Plan Nacional, ayudas financieras obtenidas de las convocatorias competitivas del propio CSIC, dotaciones económicas obtenidas de la Generalitat de Catalunya y también a través de fondos FEDER.

#### **Propiedades ópticas de sólidos**

Se entiende por propiedades ópticas de sólidos aquellos estudios de sus propiedades físicas utilizando una radiación luminosa como fuente de excitación. Dependiendo del tipo de luz que interaccione con el sólido, de cómo se produzca la interacción luz-materia y del tipo de señal que se detecte, son muy diversos los estudios de propiedades físicas que se pueden abordar. En nuestro Instituto se realizan estudios de

was deemed the most suitable analytical technique to be implemented in the Institute Jaume Almera, given the high versatility of that optical technique and its enormous potential for applications in every field of science, since it provides a great deal of information about the physical properties of crystals and also of amorphous materials. The building of the premises that today host the Institut of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA), which were officially opened in 1983, was envisaged as suitable moment for the implementation of new optical techniques that require duly conditioned laboratories where the most advanced scientific instruments can be adequately installed. The Raman Spectroscopy Laboratory has been progressively equipped with state-of-the-art spectroscopic tools since its foundation in 1992, with funding obtained through several Projects of the National Plan, competitive grants from the CSIC itself, local government grants awarded by the Generalitat de Catalunya, and funding from the FEDER program.

#### **Optical properties of solids**

By optical properties of solids, we refer to those physical properties that can be studied by excitation with light radiation. Depending on the type of light interacting with the solid, on the light-matter interaction process taking place and on the type of signal being detected, a wide variety of studies of physical properties can be tackled. In the ICTJA, optical properties are studied using several techniques: Raman spectroscopy, photoluminescence, optical absorption and reflectance.

Raman spectroscopy probes the atomic vibrations in solids, also known as phonons, which

espectroscòpia Raman, fotoluminescència, absorció i reflectància.

L'espectroscòpia Raman estudia les vibracions atòmiques, també anomenades fonons, que són característiques de cada compost. És una tècnica no destructiva molt potent per identificar i caracteritzar un compost. L'espectroscòpia Raman és molt més potent que l'espectroscòpia infraroja com a tècnica d'identificació, a causa del gran desenvolupament tecnològic de la seva instrumentació científica (làsers, detectors de càrrega acoblada (charge-coupled device, CCD) de gran sensibilitat en un ampli rang espectral, adaptació de microscopis òptics que permeten analitzar la mostra a escala microscòpica amb una gran resolució espacial, etc.).

La fotoluminescència (PL) estudia l'emissió de radiació d'un material quan és excitat amb una radiació d'energia major que la seva absorció òptica fonamental. L'energia de la radiació emesa depèn de l'estructura electrònica del material, que al seu torn depèn de la seva estructura cristal·lina. L'existència de defectes i impureses en aquesta estructura cristal·lina pot donar lloc a emissions característiques que permeten estudiar la naturalesa i configuració del defecte/impuresa. La PL permet, doncs, identificar un compost i també analitzar-ne la qualitat cristal·lina, així com identificar-ne els defectes i impureses.

La reflectància i l'absorció òptica mesuren la intensitat de llum que es reflecteix o s'absorbeix en un material, magnituds que depenen de la longitud d'ona de la llum incident. Les dues tècniques permeten obtenir informació sobre l'estructura electrònica del cristall. Els

Propiedades Ópticas utilizando diversas técnicas: espectroscopía Raman, fotoluminiscencia, absorción y reflectancia.

La espectroscopía Raman estudia las vibraciones atómicas, también denominadas fonones, que son características de cada compuesto. Es una técnica de carácter no destructivo muy potente para identificar y caracterizar un compuesto. La espectroscopía Raman es mucho más potente que la espectroscopía infrarroja a efectos identificativos debido al gran desarrollo tecnológico de la instrumentación en la que se basa la espectroscopía Raman (láseres, detectores de carga acoplada (charge-coupled device CCD) de gran sensibilidad en un amplio rango espectral, adaptación de microscopios ópticos que permiten analizar la muestra a escala microscópica con una gran resolución espacial, etc.).

La fotoluminiscencia (PL) estudia la emisión de radiación de un material cuando es excitado con una radiación de energía mayor que la correspondiente a su absorción óptica fundamental. La energía de la radiación emitida depende de la estructura electrónica del cristal, que a su vez depende de su estructura cristalina. La existencia de defectos e impurezas en un cristal puede dar lugar a emisiones características que permiten estudiar su naturaleza y posición dentro del cristal. La PL permite pues identificar un compuesto y también analizar su calidad cristalina e identificar sus defectos e impurezas.

La reflectancia y la absorción óptica miden la intensidad de luz que se refleja o se absorbe en un cristal, magnitudes que dependen de la longitud de onda de la luz incidente. Ambas

are characteristic of every compound. It is a non-destructive technique that is very powerful for material identification and characterization. Raman spectroscopy is superior to infrared spectroscopy for compound identification due to the greater technological development of the experimental equipment used: lasers, charge-coupled devices (CCDs) with a high sensitivity over a wide spectral range, confocal optical microscopes coupled to the spectrometer allowing microscopic analyses with high spatial resolution, etc.

Photoluminescence (PL) is the light emission that occurs in a material when it is excited by a radiation with energy above the fundamental optical absorption energy. The energy of the emitted radiation depends on the electronic structure of the crystal, which in turn depends on its crystalline structure. The presence of impurities and defects in the crystal may give rise to characteristic emissions that allow us to study the nature of the defect and its position in the lattice. Therefore, PL spectroscopy enables us to identify a compound and also to analyze its crystalline quality and to identify defects and impurities.

In optical reflectance and absorption studies, the intensity of light reflected or absorbed by a crystal is measured as a function of the wavelength of the incident light. Both techniques allow us to obtain information about the electronic structure of the crystal. As reflectance and absorption spectra are characteristic of each compound, both techniques can also be used for compound identification purposes.

### **Fundamentals of Raman Spectroscopy**

#### *Introduction*

As illustrated in the schematic diagram of the

espectres d'absorció i reflectància són característics de cada material, de manera que ambdues tècniques també es poden utilitzar amb caràcter identificador.

### Principi de l'Espectroscòpia Raman

#### Introducció

L'efecte Raman es pot considerar com un procés en tres etapes, tal com es pot veure en l'esquema de la figura adjunta: 1) En la primera etapa un electró lligat (electró de valència) absorbeix la llum incident del làser (fotons) i, a través de l'energia rebuda, passa a ser un

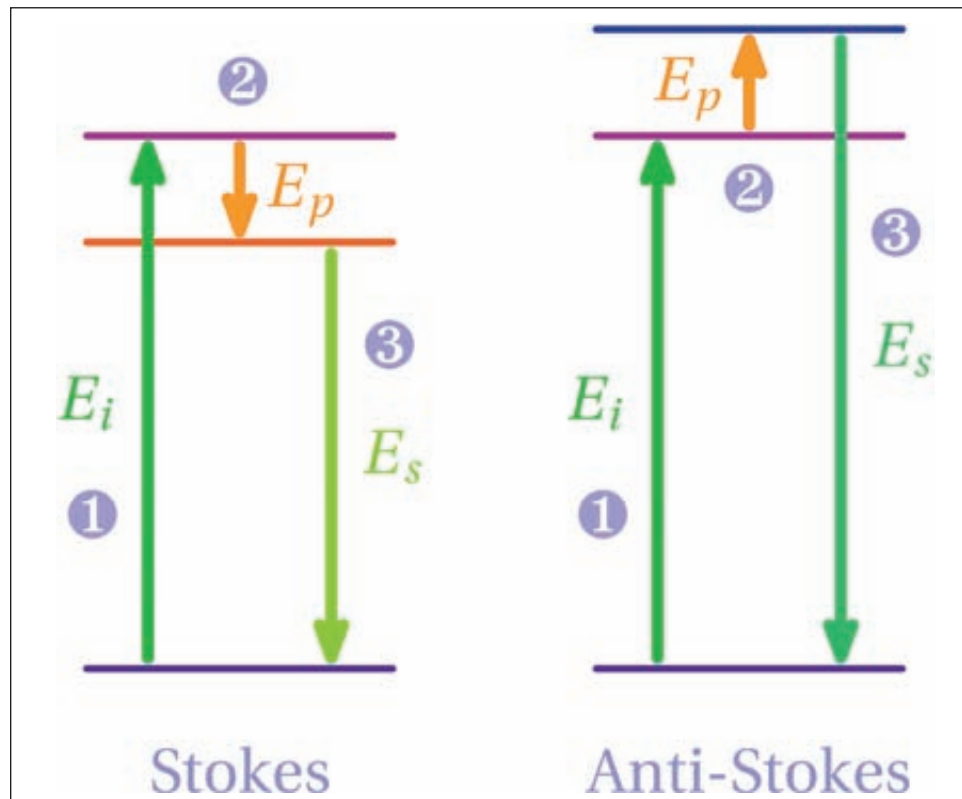
técnicas permiten obtener información sobre la estructura electrónica del cristal. Los espectros de absorción y reflectancia son característicos de cada compuesto, por lo que ambas técnicas pueden ser también utilizadas con carácter identificativo.

### Principio de la Espectroscopia Raman

#### Introducción

El efecto Raman puede considerarse como un proceso en tres etapas, tal como puede verse en el esquema de la figura adjunta: 1) En la primera etapa un electrón ligado (electrón

figure, Raman spectroscopy can be considered as a three-step process. 1) In the first step, a bound electron (i.e. valence electron) absorbs the incident-light energy (photon) and becomes a free electron (conduction electron). Thus, the excited electron has left behind a hole in the valence band. 2) An interaction between the excited electron and the atoms of the crystal-line lattice takes place, which induces atomic vibrations of the lattice atoms around their equilibrium positions. The frequency of these atomic vibrations (phonons) depends on the



**Principi de l'espectroscòpia Raman que mostra les tres etapes del procés: 1) excitació de l'electró per un fotó incident; 2) creació (procés de Stokes) o destrucció (procés anti-Stokes) d'un fonó després de la seva interacció amb l'electró; 3) relaxació de l'electró amb l'emissió corresponent d'un fotó d'energia diferent de la del fotó incident. (Autors: R. Cuscó, J. Ibàñez, L. Artús).**

Principio de la espectroscopia Raman mostrando las tres etapas del proceso: 1) excitación del electrón por un fotón incidente; 2) creación (proceso Stokes) o destrucción (proceso antiStokes) de un fonón tras su interacción con el electrón; 3) desexcitación del electrón con la correspondiente emisión de un fotón de energía distinta a la del fotón incidente. (Autores: R. Cuscó, J. Ibàñez, L. Artús).

Schematic diagram showing the three-step process involved in the Raman scattering mechanism. 1) Electron excitation by the incident photon. 2) Phonon creation (Stokes process) or annihilation (anti-Stokes process) due to the electron interaction with the lattice. 3) Electron relaxation with the emission of a photon at a different energy from that of the incident photon. (Autors: R. Cuscó, J. Ibàñez, L. Artús).



electró lliure (electró de conducció). L'electró excitat ha abandonat l'estat inicial i ha deixat un forat al seu lloc. 2) Es produeix una interacció entre l'electró excitat i els àtoms de la xarxa cristal·lina, fet que indueix aquests àtoms a vibrar al voltant de les seves posicions d'equilibri. Aquestes vibracions atòmiques al voltant de les posicions d'equilibri (fonons) tenen freqüències de vibració que depenen de l'estructura cristal·lina del material i dels àtoms que la integren. Per tant, una part de l'energia que posseeix l'electró excitat s'ha transferit a la xarxa cristal·lina per generar un fonó. 3) Després de la generació del fonó, l'electró es relaxa, perd la resta de l'energia adquirida i torna a l'estat energètic inicial a la banda de valència, i es recombina amb el forat que s'havia creat en la primera etapa del procés. En aquesta tercera etapa, es genera un fotó nou amb una energia equivalent a la diferència d'energies entre el fotó incident i el fonó creat. La mesura de l'energia del fotó nou emès permet determinar l'energia del fonó creat en la segona etapa del procés, ja que l'energia s'ha de conservar al llarg de les tres etapes del procés.

Com a resultat del procés Raman descrit s'ha creat un fonó, i aquest procés es coneix com a procés Stokes. De manera simultània es produeix un procés paral·lel, anomenat procés anti-Stokes, que consisteix en la destrucció d'un fonó (en comptes de la creació) al llarg de la segona etapa. En aquest cas, l'energia de fonó destruït és transferida a l'electró excitat, i per tant l'energia del fotó emès correspon a la del fotó incident més l'energia del fonó destruït. El senyal que es detecta és més intens en un procés Stokes que en un procés anti-

de valència) absorbe la luz incidente del láser (fotones) y, a través de la energía recibida por un fotón pasa a ser un electrón libre (electrón de conducción). El electrón excitado ha abandonado su estado inicial y ha dejado un hueco en su lugar. 2) Se produce una interacción entre el electrón excitado y los átomos de la red cristalina, lo que induce a dichos átomos a vibrar alrededor de sus posiciones de equilibrio. Estas vibraciones atómicas alrededor de las posiciones de equilibrio (fonones), tienen frecuencias de vibración que dependen de la estructura cristalográfica y de los átomos que la integran. Por tanto, una parte de la energía que posee el electrón excitado ha sido transferida a la red cristalina para generar un fonón. 3) Tras la generación del fonón, el electrón se desexcita, pierde el resto de la energía adquirida y vuelve a su estado energético inicial en la banda de valencia, recombinándose con el hueco que se había creado en la primera etapa del proceso. En esta tercera etapa, se genera un nuevo fotón con una energía equivalente a la diferencia de energías entre el fotón incidente y el fonón creado. La medición de la energía del nuevo fotón emitido permite determinar la energía del fonón creado en la segunda etapa del proceso, pues la energía debe conservarse a lo largo de las tres etapas del proceso.

Este proceso en el que se estudia la creación de fonones se conoce como proceso Stokes. Tiene lugar de manera simultánea un proceso paralelo, denominado proceso antiStokes, que consiste en la destrucción de un fonón (en vez de su creación) a lo largo de la segunda etapa. En tal caso, la energía de fonón destruido es transferida al electrón excitado y la energía del fotón emitido corresponde a la del fotón

crystallographic structure and on the atoms involved. As a result of the interaction, a fraction of the energy of the excited electron has been transferred to the crystalline lattice to generate a phonon. 3) After the phonon generation, the electron relaxes, giving up the rest of the excess energy acquired and returning to its initial state in the valence band, where it recombines with the hole created in the first step. The recombination generates a new photon with an energy equal to the energy difference between the incident photon and the phonon created in the second step. Thus, the measurement of the energy of the emitted photon allows us to determine the energy of the phonon created in the second step, since energy conservation must hold throughout the Raman scattering process.

The process described above, which results in the creation of a phonon, is known as the Stokes process. A parallel process known as the anti-Stokes process may also take place in which phonon annihilation (as opposed to phonon creation) occurs in the second step. In that case, the energy of the annihilated phonon is transferred to the excited electron and therefore the energy of the emitted photon equals the sum of the incident-photon energy and the annihilated-phonon energy. The Raman signal is higher for a Stokes process than for the corresponding anti-Stokes process. Thus, Stokes scattering is generally employed in Raman spectroscopy studies.

#### *Crystallinity and Raman spectroscopy*

Atomic vibrations are specific for every crystal and depend on the crystalline structure and on the atoms that make up the crystallographic lattice. Crystal symmetry determines the different vibrational modes of a crystal, which can

**Stokes.** Per això, els processos Stokes són els que s'estudien habitualment mitjançant l'espectroscòpia Raman.

*La qualitat cristal·lina i l'espectroscòpia Raman*

Les vibracions atòmiques són específiques de cada cristall i depenen de l'estructura cristal·lina i dels àtoms que formen el material. La simetria cristal·lina determina els diferents modes de vibració d'un material, que es diferencien entre modes òptics i acústics. En un cristall centrosimètric, els modes òptics que són actius Raman no són infrarojos actius, i viceversa. Per contra, si l'estructura cristal·lina no és centrosimètrica, els modes actius Raman també poden ser infrarojos actius. De manera intuïtiva, encara que resulti molt simple i esquemàtic, cal tenir present que les freqüències dels modes de vibració augmenten amb la força de l'enllaç químic i disminueixen com més gran és la massa dels àtoms que intervenen en la vibració. Per tant, majors distàncies d'enllaç químic suposen menors freqüències de vibració. Existeix, doncs, una estreta correlació entre els modes de vibració i l'estructura cristal·lina.

La difracció de raigs X (DRX) requereix l'existència de plans reticulars d'àtoms periòdicament ordenats perquè tingui lloc la difracció i, per tant, no es pot utilitzar per analitzar compostos amorfs (en els quals els àtoms es troben distribuïts de manera desordenada). Per contra, l'espectroscòpia Raman permet l'anàlisi de compostos amorfs ja que l'existència d'enllaços químics entre àtoms comporta vibracions atòmiques al voltant de les posicions d'equilibri. En un material amorf, l'absència de simetria cristal·lina no impedeix l'existència de vibracions atòmiques. Per tant,

incidente más la energía del fonón destruido. La señal que se detecta es más intensa en un proceso Stokes que en un proceso antiStokes. De ahí que habitualmente se estudien en espectroscopia Raman los procesos Stokes.

*La cristalinidad y la espectroscopía Raman*

Las vibraciones atómicas son específicas de cada cristal y dependen de la estructura cristalina y de los átomos que forman la red cristalográfica. La simetría cristalina determina los distintos modos de vibración de un cristal, que se distribuyen entre modos ópticos y acústicos. En un cristal centrosimétrico, los modos ópticos que son activos Raman, no son infrarrojos activos y viceversa. Por el contrario, si el cristal no es centrosimétrico, los modos activos Raman también pueden ser infrarrojo activos. De manera intuitiva, aunque resulte muy simple y esquemático, debe tenerse presente que las frecuencias de los modos de vibración aumentan con la fuerza del enlace químico y disminuyen conforme mayor es la masa de los átomos que intervienen en la vibración. Por tanto, mayores distancias de enlace químico suponen menores frecuencias de vibración. Existe, pues, una estrecha correlación entre los modos de vibración y la estructura cristalina.

La difracción de rayos X (DRX) requiere la existencia de planos reticulares de átomos periódicamente ordenados para que tenga lugar la difracción y, por tanto, a partir de esta técnica es difícil obtener información sobre compuestos amorfs (en los cuales los átomos están distribuidos de manera desordenada). Por el contrario, la espectroscopía Raman permite el análisis de compuestos amorfs puesto que la existencia de enlaces químicos entre átomos conlleva vibraciones atómicas alrededor de

be divided into acoustic and optical modes. In a centrosymmetric crystal, the optical modes that are Raman active are infrared inactive and vice versa. In contrast, in non-centrosymmetric crystals, the Raman active modes can also be infrared active. Although being a simple and schematic picture, intuitively one can bear in mind that the vibrational-mode frequencies increase with the strength of the chemical bond and decrease with the mass of the atoms involved in the vibration. Thus, higher inter-atomic distances in the chemical bond imply lower vibrational frequencies. There exists therefore a close correlation between crystalline structure and vibrational modes.

X-ray diffraction (XRD) requires the existence of reticular planes of atoms that are periodically ordered; therefore this technique is difficult to be used for obtaining information about amorphous materials, in which the atoms are distributed in a disordered arrangement. In contrast, Raman spectroscopy allows the study of amorphous materials to be carried out, since atomic vibrations around the equilibrium positions of the chemical bond still take place. In an amorphous material, because of the absence of crystalline symmetry, the restrictions on the atomic vibrations present in crystals are lifted. Therefore, Raman spectroscopy can be used to determine whether a crystal is partially amorphized and to evaluate its degree of amorphization.

Raman spectroscopy is a non-destructive technique that can be very useful for the characterization of a crystal, since the Raman peaks and bands associated with their vibrational modes are characteristic of every crystal. Raman spectra also reflect the crystalline quality

**l'espectroscòpia Raman permet determinar si un cristall és parcialment amorf, així com el seu grau d'amorfització.**

**l'espectroscòpia Raman és una tècnica no destructiva de gran utilitat per a la caracterització d'un material cristal·lí, ja que els pics i bandes corresponents als modes de vibració (així com les freqüències respectives) presents en un espectre Raman són característics de cada material. A través dels espectres Raman es pot estudiar també el grau de qualitat cristal·lina, ja que una major qualitat cristal·lina comporta una menor amplada dels pics de l'espectre. Les possibles alteracions químiques que pugui experimentar un material, com ara hidratacions, carbonatacions, etc. són fàcilment detectables ja que es tradueixen en l'aparició de nous pics o bandes associades a radicals -OH o radicals basats en la química del C, les freqüències de vibració dels quals són ben conegudes.**

**L'estudi d'impureses o defectes en un material cristal·lí per mitjà d'espectroscòpia Raman és també un tema d'especial interès. Els àtoms forans poden ser presents a la xarxa cristal·lina i ocupar posicions intersticials o posicions substitucionals. Altres defectes puntuals característics són les vacants i els anti-sites, que tenen lloc quan àtoms propis de la xarxa tenen les seves posicions intercanviades. En el cas que àtoms forans de massa més lleugera que els propis del material estiguin situats en posicions substitucionals, apareixen nous modes de vibració la freqüència dels quals és més gran que els fonons propis del cristall. Són els anomenats modes locals de vibració, i l'observació en l'espectre Raman permet obtenir informació sobre la posició de les im-**

**las posiciones de equilibrio. En un material amorfo, la ausencia de simetría cristalina no significa ninguna restricción a la existencia de vibraciones atómicas. Por tanto, la espectroscopía Raman permite determinar cuándo un cristal está parcialmente amorfizado y su grado de amorfización.**

**La espectroscopía Raman es una técnica no destructiva de gran utilidad para la caracterización de un cristal puesto que los picos y bandas correspondientes a sus modos de vibración (así como sus respectivas frecuencias) presentes en un espectro Raman son característicos de cada cristal. A través de los espectros Raman se conoce también el grado de calidad cristalina puesto que una mayor calidad cristalina conlleva una menor anchura de los picos del espectro. Las posibles alteraciones químicas que pueda experimentar un cristal, tales como hidrataciones, carbonataciones, etc. son fácilmente detectables pues se traducen en la aparición de nuevos picos o bandas asociadas a radicales -OH o a radicales basados en la química del C cuyas frecuencias de vibración son bien conocidas.**

**El estudio de impurezas o defectos en un cristal por medio de espectroscopía Raman es también un tema de especial interés. Los defectos puntuales, es decir, la presencia en la red cristalina de átomos que no son los que configuran la propia red, pueden ocupar posiciones intersticiales o posiciones substitucionales en la red. Otros defectos puntuales característicos son las vacantes y los "antisites", que tienen lugar cuando átomos propios de la red tienen sus posiciones intercambiadas. En el caso de que átomos "externos" de masa más ligera que los propios del cristal estén situados en posiciones**

**of the sample, since the higher the crystalline quality the lower the width of the Raman peaks. The possible chemical alterations that a crystal may undergo, such as hydration, carbonation, etc. are easily detected as they give rise to additional peaks or bands associated with OH radicals or radicals based on the chemistry of C, whose frequencies are well known.**

**The study of impurities and defects in a crystal by means of Raman spectroscopy is also an interesting topic. Point defects, i.e. the presence of atoms in the crystal lattice other than the host atoms, may occupy interstitial or substitutional positions in the lattice. Other characteristic point defects are vacancies and anti-sites. The latter occur when the sites of two different host atoms are interchanged in the lattice. In the case of lighter "foreign" atoms in substitutional positions, additional vibrational modes appear in the spectra whose frequency is higher than the characteristic frequencies of the crystal. These modes are called local vibrational modes and their observation in the Raman spectra gives information about the location of the impurities in the crystal lattice. When the crystal contains a high density of interstitial defects, the inter-atomic distances and the volume of the unit cell increase. This leads to a decrease of the characteristic vibrational frequencies of the crystal that can be detected by means of Raman spectroscopy.**

**Usually, for technological applications such as solar cells or light bulbs based on light-emitting diodes (LEDs), it is necessary to incorporate impurities into the crystals. This process is known as crystal doping. One of the engineering processes to achieve controlled doping is ion implantation, whereby ions are accelerated to very high**

puretes dins de la xarxa cristal·lina. Quan hi ha una gran densitat de defectes en posicions intersticials, el volum de la cel·la fonamental i les distàncies entre els àtoms constituents de la cel·la fonamental augmenten, fet que es tradueix en una disminució de les freqüències pròpies del material i, per tant, es pot detectar mitjançant espectroscòpia Raman.

Sovint, per a les aplicacions tecnològiques dels cristalls (per exemple, les cèl·lules solars o els LED), cal introduir impuretes en el cristall. És un procés que es coneix com a dopatge del cristall. Un dels processos per dopar un cristall és la implantació iònica, que consisteix a fer incidir al cristall ions accelerats a grans velocitats per tal que penetrin al seu interior. Després de la implantació, aquests àtoms es troben distribuïts de manera aleatòria a l'interior del material. Com a conseqüència, la qualitat cristal·lina disminueix i es produeix una amorfització parcial que depèn de la naturalesa i quantitat dels àtoms introduïts. El grau d'amorfització es pot estudiar a través de l'espectroscòpia Raman, ja que els pics de l'espectre s'eixamplen fins a esdevenir una banda ampla quan l'amorfització és completa (fig. pàg. 156). Perquè el cristall conservi les propietats físiques essencials i pugui utilitzar-se en aplicacions tecnològiques, després del procés d'implantació cal recuperar una bona qualitat cristal·lina. Això es pot aconseguir mitjançant recuits tèrmics a molt altes temperatures, que es realitzen durant temps molt curts seguits d'un refredament sobtat. L'objectiu és que la major quantitat possible d'impuretes introduïdes es redistribueixi tot substituint els àtoms nadius del cristall. D'aquesta manera es recupera la seva cristal·linitat i es modifiquen convenient-

substitucionales, aparecen nuevos modos de vibración cuya frecuencia es mayor que las características del cristal. Son los denominados modos locales de vibración y su observación en el espectro Raman permite obtener información sobre la ubicación de las impurezas dentro de la red cristalina. Cuando hay una gran densidad de defectos en posiciones intersticiales, el volumen de la celda fundamental y las distancias entre los átomos constituyentes de la celda fundamental aumentan, lo que se traduce en una disminución de las frecuencias propias del cristal y, por tanto, puede ser detectado por espectroscopía Raman.

A menudo, para las aplicaciones tecnológicas de un cristal como puede ser, por ejemplo, su uso en celulares solares o en lámparas de emisión LEDs, es necesario introducir impurezas en el cristal. Es el proceso que se conoce como dopaje del cristal. Una de los procesos para dopar un cristal es la implantación iónica, en la que se lanzan contra el cristal iones acelerados a grandes velocidades a fin de que penetren en su interior. Estos átomos se encuentran después de la implantación distribuidos de manera aleatoria en el interior del cristal. Como consecuencia, se produce una pérdida de su calidad cristalina y una amorfización parcial del cristal que depende de la naturaleza y cantidad de los átomos introducidos. El grado de amorfización puede conocerse por medio de espectroscopía Raman ya que los picos del espectro se ensanchan hasta convertirse en una ancha banda cuando la amorfización es completa (fig. pàg. 156). Para que el cristal conserve sus propiedades físicas esenciales y por tanto pueda ser utilizado en aplicaciones tecnológicas, debe recuperarse después de la implanta-

speeds and impacted into the crystal so that they can penetrate into it. After implantation, the dopant atoms are randomly distributed within the crystal. As a consequence of the implantation, the crystal undergoes a partial amorphization that depends on the nature and the amount of dopant atoms. The degree of amorphization can be assessed by means of Raman spectroscopy, since the Raman peaks gradually broaden and become a broad band when amorphization is complete (fig. page 156). In order to maintain the essential physical properties of the crystal for its subsequent use in technological applications, crystallinity must be mostly recovered after implantation. To this purpose, thermal annealing treatments at very high temperatures for short time intervals are carried out, followed by a fast cooling step. The goal is that as many of the introduced impurities as possible are finally relocated and occupy substitutional sites in the lattice. Crystallinity is then recovered and the physical properties of the crystal are conveniently modified by the presence of the dopant atoms. The degree of lattice recovery, which is a parameter of great technological relevance, can be assessed by means of Raman spectroscopy by measuring the frequency and intensity of the Raman peaks after annealing.

### Research milestones

Throughout the years, the Group of Crystallography and Optical Properties of Solids has been performing studies over many varied topics. Being aware of the power of the instrumental facilities available and of the acquired scientific background, the Group has considered that it should yield a high-standard scientific production with publications in journals of high international relevance. Therefore, the choice of the re-

ment les seves propietats físiques. Per mitjà de l'espectroscòpia Raman es pot verificar el grau de cristal·linitat del cristall mesurant la freqüència i l'amplitud dels pics Raman després del recuit, cosa que constitueix una informació de gran importància.

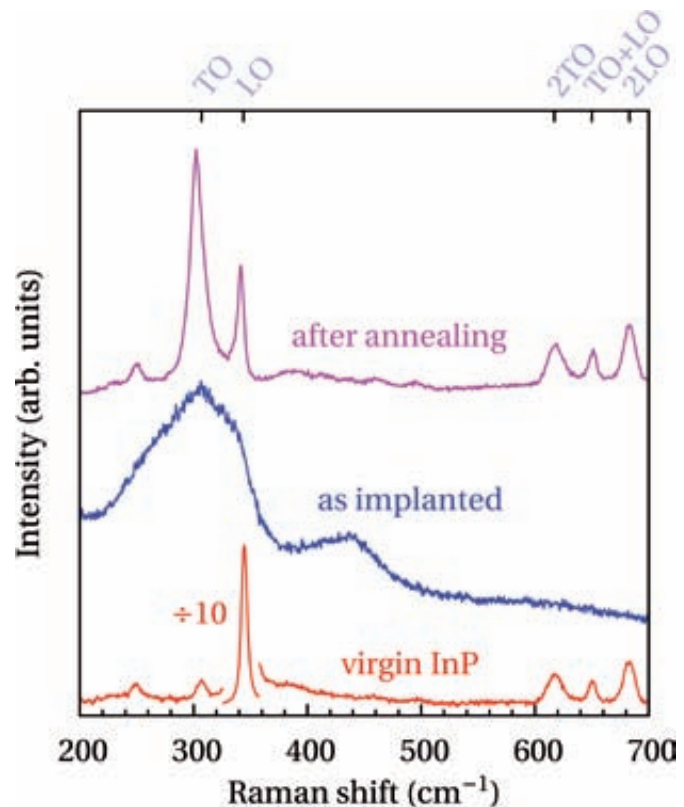
ción, al menos en gran parte, su cristalinidad. Para ello se realizan recocidos térmicos a muy altas temperaturas en tiempos muy cortos seguidos de un súbito enfriamiento. El objetivo es que la mayor cantidad posible de impurezas introducidas se recoleen substituyendo a los

search topics undertaken by the Group has been driven by the interest, timeliness and relevance of the various topics that have emerged over the years and have attracted the attention of leading-edge international research groups. For instance, it is worth mentioning that the Group

**Espectre Raman d'una mostra de InP amb estructura blenda després d'un procés d'implantació iònica (espectre blau) i després de ser sotmesa a implantació i recuit tèrmic (espectre magenta), comparats amb l'espectre de la mostra original. (Autors: L. Artús i altres, basat en Artús et al., J. Appl. Physics, 1997).**

Espectro Raman de un cristal de InP con estructura zincblenda después de ser implantado iónicamente (espectro azul) y después de ser implantado y recocido (espectro fucsia) comparado con el espectro del cristal original. (Autores: L. Artús y otros, basado en Artús et al., J. Appl. Physics, 1997).

Raman spectra of an InP crystal with zinc-blende structure after ion implantation (blue spectrum) and after a subsequent thermal annealing treatment (magenta spectrum), compared to the spectrum of the original crystal. (Autores: L. Artús and others, based on Artús et al., J. Appl. Physics, 1997).



### **Investigacions realitzades**

El Grup de Propietats Òptiques de Sòlids ha realitzat al llarg dels anys estudis sobre temes molt diversos. Conscients de la potència dels mitjans instrumentals dels quals disposa i de formació científica adquirida, el Grup ha considerat que ha de donar una resposta productiva d'alta qualitat científica publicant en revistes de gran rellevància i difusió. Per tant, l'elecció dels temes científics abordats ha estat guiada i influenciada per l'interès, la cadència i la rellevància dels temes successius que han anat emergint de manera destacada al llarg dels últims temps i que han estat d'especial interès per als grups de recerca pioners a escala internacional. A tall d'exemple, cal citar que el nostre Grup ha publicat nombrosos articles relacionats amb les propietats òptiques de nitrurs, la major part en revistes de gran qualitat. La revolució que ha suposat el desenvolupament de la tecnologia d'il·luminació mitjançant díodes emissors de llum (LED) basats en nitrurs i les seves implicacions en l'obtenció de fonts de llum blanca eficients i sostenibles ha fet que el premi Nobel de Física 2014 s'hagi atorgat a tres investigadors japonesos pioners en aquesta disciplina. Aquest fet evidencia la importància d'aquesta temàtica, que ha estat objecte d'investigació del nostre Grup. És notable la diversitat dels temes abordats al llarg dels anys pel Grup i que ha donat lloc a nombroses publicacions en revistes de gran difusió així com a múltiples presentacions en congressos internacionals de gran rellevància.

### ***Evolució dels estudis sobre les estructures cristal·lines i l'espectroscòpia Raman***

L'extraordinària evolució que han tingut els estudis sobre les estructures cristal·lines al

átomos propios del cristal. De esa manera se recupera su cristalinidad habiéndose modificado convenientemente sus propiedades físicas. Por medio de espectroscopía Raman puede verificarse el grado de reconstrucción del cristal midiendo la frecuencia y la amplitud de los picos Raman tras el recocido, lo que constituye una información de gran importancia.

### **Investigaciones realizadas**

El Grupo de Propiedades Ópticas de Sólidos ha venido realizando a lo largo de los años estudios sobre temas muy diversos. Conscientes de la potencia de los medios instrumentales de los que se dispone y de formación científica adquirida, el Grupo ha considerado que tiene que dar una respuesta productiva de alta calidad científica publicando en revistas de gran relevancia y difusión. Por tanto, la elección de los temas científicos abordados ha estado guiada e influenciada por el interés, la cadencia y la relevancia de los sucesivos temas que han ido emergiendo de manera destacada a lo largo de los últimos tiempos y que han sido de especial interés para los grupos de investigación pioneros a escala internacional. A modo de ejemplo, cabe citar que nuestro Grupo ha publicado numerosos artículos relacionados con las propiedades ópticas de nitruros, la mayor parte de ellos en revista de gran calidad. La revolución que ha supuesto el desarrollo de la tecnología de iluminación mediante diodos emisores de luz (LED) basados en nitruros y sus implicaciones en la obtención de fuentes de luz blanca eficientes y sostenibles ha dado lugar a que el premio Nobel de Física haya sido otorgado el año 2014 a tres investigadores japoneses pioneros en esta disciplina, lo que evidencia la importancia de esta temática que

has published a significant number of papers related to the optical properties of nitride compounds, most of them in high-quality journals. The revolution brought about by the development of a lighting technology that uses nitride-based LEDs to produce efficient and sustainable white-light sources has led to the 2014 Nobel Prize in Physics being awarded to 3 Japanese researchers who have pioneered this field. This manifests the importance of this subject area that has amply been object of research for the Group. The diversity of the research topics tackled by the Group is remarkable and has given rise to a substantial number of publications in widely distributed, high-impact journals and presentations at relevant International Conferences.

### ***Evolution of research on crystalline structures and Raman spectroscopy***

The remarkable evolution that research on crystalline structures has undergone over the last few years has shaped the research focus of the Group of Crystallography and Optical Properties of Solids. For many years only bulk crystals were available. The advent of new crystal growth techniques of great complexity made it possible to obtain crystals in different dimensions and shapes with much higher quality and better control of impurities and defects. Nevertheless, some highly sophisticated techniques, such as the hydrothermal or ammonothermal growth of single crystals under very high pressures, have made it possible to obtain bulk crystals with a sizable volume that are suitable to be used as substrates for subsequent growth of other crystals with similar lattice parameters. A typical example is the hydrothermal growth of ZnO (termed zincite in mineralogy) crystals in sizable volumes and with high quality. This

llarg dels últims anys ha influït de manera fonamental les investigacions del Grup de Cristal·lografia i Propietats Òptiques.

Durant molts anys els cristalls en bulk (en volum) van ser els únics disponibles. L'aparició de tècniques de creixement cristal·lines de gran complexitat va permetre obtenir cristalls amb diferents dimensions i formes i amb una qualitat molt més alta, i es va aconseguir tenir un major control de les seves impureses i defectes. No obstant això, algunes tècniques de creixement altament sofisticades com, per exemple, el creixement de monocristalls a molt altes pressions mitjançant tècniques hidrotermals o amonotermals, han fet possible l'obtenció de cristalls amb un volum remarkable. Gràcies al seu volum, aquestes mostres són susceptibles d'utilitzar-se com a substrats per a posteriors creixements d'altres cristalls amb paràmetres de xarxa semblants. Un exemple característic és el creixement de cristalls de ZnO (denominat zincita en termes mineralògics) en mides apreciables i d'una gran qualitat pel mètode de creixement hidrotermal. Aquest compost té un ampli ventall d'aplicacions, ja que no només és de gran utilitat per a aplicacions com a emissor i detector de llum en la regió corresponent a l'UV proper, sinó que també és emprat com a additiu en nombrosos materials i productes com cristalls, materials ceràmics, plàstics, ciments, lubricants, pigments, aliments, bateries, adhesius, retardants ignis, etc. El nostre Grup de Recerca va realitzar un complet estudi de les propietats vibracionals per mitjà d'espectroscòpia Raman de monocristalls de ZnO de gran qualitat fabricats en els laboratoris de l'Air Force dels EUA (fig. pàg. 159). L'estudi va

ha sido amplio objeto de investigación por parte de nuestro Grupo. Es notable la diversidad de los temas abordados a lo largo de los años por el Grupo y que ha dado lugar a numerosas publicaciones en revistas de gran difusión así como a múltiples presentaciones en Congresos Internacionales de gran relevancia.

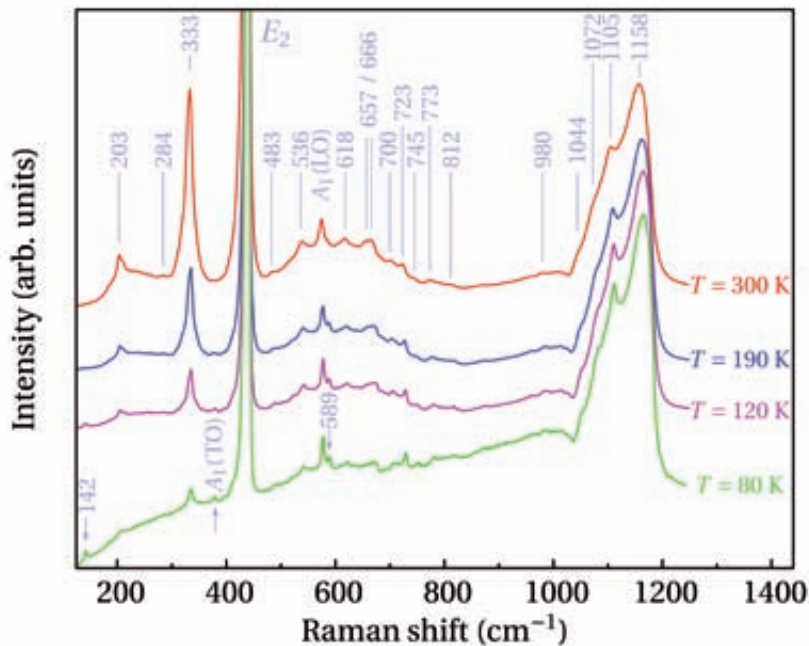
*Evolución de los estudios sobre las estructuras cristalinas y la espectroscopía Raman*

La extraordinaria evolución que han tenido los estudios sobre las estructuras cristalinas a lo largo de los últimos años han influido de manera fundamental las investigaciones del Grupo de Cristalografía y Propiedades Ópticas.

Durante muchos años los cristales en bulk (en volumen) fueron los únicos disponibles. La aparición de técnicas de crecimiento cristalinas de gran complejidad permitió obtener cristales con distintas dimensiones y formas y con una calidad mucho más alta, consiguiéndose tener un mayor control de sus impurezas y defectos. No obstante, algunas técnicas de crecimiento altamente sofisticadas como, por ejemplo, el crecimiento de monocristales bajo muy altas presiones por métodos hidrotermales o amonotermals ha hecho posible la obtención de cristales con un volumen considerable (susceptibles de ser utilizados como substratos para posteriores crecimientos de otros cristales con parámetros de red próximos). Un ejemplo característico es el crecimiento de cristales de ZnO, denominado zincita en términos mineralógicos, en tamaños apreciables y de una gran calidad por el método de crecimiento hidrotermal. Este compuesto posee una amplísima diversidad de aplicaciones, puesto que no sólo es de gran utilidad para aplicaciones como emisor y detector de

compound has a wide variety of applications, as it is not only used as a light emitter and detector in the near-UV region, but also as an additive in numerous materials and commercial products such as glasses, ceramic materials, plastics, cements, lubricants, pigments, food, batteries, adhesives, fire retardants, etc. Our research group carried out a complete Raman scattering study of the vibrational properties of high-quality ZnO single crystals grown in the US Air Force Laboratories (fig. page 159). That study allowed us to determine all the vibrational modes of this compound, as well as the combinations of modes that give rise to Raman peaks at higher frequencies. Also, the behavior of the vibrational modes was studied as a function of temperature so that the phonon decay channels and lifetimes could be determined for all the modes. This work is deemed to be a top reference article on this topic and is the most cited article of the ICTJA in all its history.

The great technological development in epitaxial growth techniques has allowed thin film crystals to be obtained with high crystalline quality and thicknesses of the order of one micrometer or a few tens of nanometers. The growth of thin films requires that the lattice parameter of the material be similar to that of the substrate; otherwise elastic stress between the thin film and the substrate hinders the thin film growth. Lattice parameter mismatch gives rise to elastic strain in the thin film, as the latter tends to accommodate to the lattice parameter of the substrate. When the lattice parameter of the thin film material is smaller than that of the substrate, inter-atomic distances in the thin film increase and the thin film is under tensile strain. On the other hand, if the lattice parameter is



permetre la determinació de tots els modes de vibració d'aquest compost, així com les combinacions de modes que donen lloc a modes de freqüències superiors. Així mateix, es va estudiar el comportament dels modes en funció de la temperatura, i es van poder determinar els canals de decaïment de cada mode fonònic i les vides mitjanes respectives. Aquest treball és considerat l'article de màxima referència a escala internacional sobre el tema i constitueix l'article més citat de l'ICTJA en tota la seva història.

El gran desenvolupament tecnològic que han experimentat les tècniques de creixement epitaxial permet obtenir cristalls de gran qualitat

luz en la región correspondiente al UV próximo, sino que es usado también como aditivo en numerosos materiales y productos como vidrios, materiales cerámicos, plásticos, cementos, lubricantes, pigmentos, alimentos, baterías, adhesivos, retardantes igneos, etc. Nuestro grupo de investigación realizó un completo estudio de las propiedades vibracionales por medio de espectroscopía Raman de monocristales de ZnO de gran calidad crecidos en los Laboratorios de la Air Force de EEUU (fig. pág. 159). El estudio permitió la determinación de todos los modos de vibración este compuesto, así como las combinaciones de modos que dan lugar a modos de frecuencias superiores. Asimismo,

**Espectres Raman a diferents temperatures d'un monocristal de ZnO d'alta qualitat crescut pel mètode hidrotermal. L'ampli rang de freqüències mesurat permet observar els modes propis del ZnO i de diverses combinacions en funció de la temperatura. (Autor: R. Cuscó, basat en Cuscó et al., Pysical Rev, 2007).**

Espectros Raman a distintas temperaturas de un monocristal de ZnO de alta calidad crecido por el método hidrotermal. El amplio rango de frecuencias medido permite observar los modos propios del ZnO y de diversas combinaciones de los mismos en función de la temperatura. (Autor: R. Cuscó, basado en Cuscó et al., Pysical Rev, 2007).

Raman spectra of a high-quality ZnO single crystal obtained by the hydrothermal growth method recorded at different temperatures. The wide range of measured frequencies allows observing the vibrational modes of ZnO as well as several combination modes as a function of temperature. (Author: R. Cuscó, based on Cuscó et al., Pysical Rev, 2007).

larger than that of the substrate, inter-atomic distances decrease and the thin film is under compressive strain. The determination of elastic strain in thin films is of great interest because strain affects the physical properties of the crystal and hence its potential applications. Raman spectroscopy is a non-destructive technique ideally suited for strain evaluation in thin films. In the case of compressively strained films, vibrational frequencies increase as inter-atomic distances become smaller. Conversely, vibrational frequencies decrease in tensile strained films. Therefore, the strain state of a specific thin film can be determined by measuring its vibrational mode frequencies using Raman spectroscopy.



en capes primes (thin films) amb gruixos de prop d'una micra o d'unes quantes desenes de nanòmetres. Perquè creixin capes primes es requereix que el paràmetre de xarxa del material que es vol fabricar sigui proper al del substrat, ja que en cas contrari les tensions elàstiques entre capa prima i substrat n'impedeixen el creixement. La diferència de paràmetres de xarxa comporta una tensió a la capa prima, ja que el seu paràmetre de xarxa tendeix a acomodar-se al del substrat, que és molt més gruixut. Quan el paràmetre de xarxa és menor que el del substrat, les distàncies interatòmiques tendeixen a augmentar i el thin film es troba sotmès a una tensió extensiva. Per contra, si el paràmetre de xarxa és més gran que el del substrat, les distàncies interatòmiques disminueixen i la capa prima es troba sota a un strain compressiu. La determinació de la tensió és de gran interès ja que afecta les propietats físiques del cristall i, per tant, les seves aplicacions potencials. L'espectroscòpia Raman és una tècnica no destructiva idònia per quantificar la tensió a què es troba sotmesa una capa prima. Quan la tensió és compressiva, les freqüències de vibració augmenten, ja que les distàncies interatòmiques són menors, i viceversa. Per tant, la tensió a la qual es troba sotmesa una capa prima respecte del seu substrat es pot determinar mesurant amb l'espectroscòpia Raman les freqüències de vibració dels modes de la capa prima.

Una altra estructura cristal·lina de gran interès és la denominada superxarxa cristal·lina, profusament estudiada per les modificacions de les propietats físiques que poden aconseguir-se mitjançant variacions dels paràmetres de la seva estructura. Les superxarxes són estructu-

se estudió el comportamiento de los modos en función de la temperatura, pudiéndose determinar las vías de decaimiento de cada modo y sus respectivas vidas medias. Este trabajo es considerado el artículo de máxima referencia a nivel internacional sobre el tema y constituye el artículo más citado del ICTJA en toda su historia.

El gran desarrollo tecnológico que experimentaron las técnicas de crecimiento epitaxial permite obtener cristales de gran calidad en capas delgadas (thin films) con espesores del orden de una micra o de unas cuantas decenas de nanómetros. Para crecer capas delgadas se requiere que su parámetro de red sea próximo al del sustrato, pues de lo contrario, las tensiones elásticas entre capa delgada y sustrato impiden su crecimiento. La diferencia de parámetros de red acarrea una tensión en la capa delgada ya que su parámetro de red tiende a acomodarse al del sustrato cuyo espesor es mucho mayor. Cuando el parámetro de red es menor que el del sustrato, las distancias interatómicas tienden a aumentar y el thin film se encuentra sometido a una tensión extensiva. Por el contrario, si el parámetro de red es mayor que el del sustrato, las distancias interatómicas disminuyen y la capa delgada se encuentra sometido a un strain compresivo. La determinación de la tensión es de gran interés pues afecta a las propiedades físicas del cristal y, por tanto, a sus potenciales aplicaciones. La espectroscopía Raman es una técnica no destructiva idónea para cuantificar la tensión al que está sometido una capa delgada. Cuando la tensión es compresiva, las frecuencias de vibración aumentan ya que las distancias interatómicas son menores y viceversa. Por tanto, la

Another crystallographic structure of great interest is the so-called superlattice, which has been widely studied because of the possibility of tailoring fundamental physical properties by adjusting the parameters of the structure. Superlattices are periodic crystalline structures consisting of  $n_1$  layers of a crystal with lattice parameter  $a_1$  followed by  $n_2$  layers of another crystal with lattice parameter  $a_2$ . The superlattice periodicity is then  $d = n_1 a_1 + n_2 a_2$ . The superlattice structure is formed by several periods of the superlattice separated from the substrate by a buffer layer. The larger period of the superlattice gives rise to a folding of the reciprocal-lattice Brillouin zone, and therefore new vibrational modes appear in superlattices that correspond to optical modes confined to either layer, zone-center folded acoustic modes and interface modes. The study of these various modes by means of Raman spectroscopy is a topic of great scientific interest.

Over a decade ago, a new type of crystalline structures known as self-organized quantum dots (QDs) rapidly emerged. When the lattice parameter mismatch with the substrate is sizable, under certain growth conditions a two-dimensional wetting layer consisting of one or two monolayers is initially formed, followed by three-dimensional growth of pyramidal islands around nucleation centers (fig. page 162). These nanometric islands are nearly defect-free and produce the confinement of the electrons and phonons of the crystalline structure to the dimensions of the QD. As a consequence, a substantial variation of the physical properties is achieved, depending on the shape and size of the QD. The shape and size homogeneity of the QDs across the sample determines the

res cristal·lines periòdiques que contenen capes de dos cristalls de manera intercalada. Les capes  $n_1$  del primer cristall tenen una separació  $a_1$  entre elles, mentre que les capes  $n_2$  de l'altre material cristal·lí tenen una separació  $a_2$ . Així, el període de la superxarxa és  $d = n_1 a_1 + n_2 a_2$ . Una superxarxa està constituïda per múltiples períodes, crescuts sobre una capa d'ajust (buffer layer), que al seu torn és crescuda sobre el substrat. El període de la superxarxa és major que el període de l'estructura cristal·lina, fet que causa un plegament de la zona de Brillouin de la xarxa recíproca dels materials cristal·lins. En conseqüència, apareixen en les superxarxes nous modes de vibració com ara els modes òptics confinats en cadascuna de les capes, els modes acústics plegats al centre de la zona de Brillouin i els modes d'interfase. L'estudi de tots aquests modes fonònics mitjançant l'espectroscòpia Raman és un tema de gran interès científic.

Fa poc més d'una dècada, va emergir un nou tipus de cristalls anomenats punts quàntics (PQ) o Quantum Dots (QD) autoorganitzats. Quan creixen heteroestructures cristal·lines amb paràmetres de xarxa sensiblement diferents, sota determinades condicions de creixement (fig. pàg. 162), es pot formar inicialment una capa bidimensional de contacte d'entre una o dues monocapes de gruix per formar-se a continuació illes de creixement piramidals al voltant d'àtoms que actuen com a centres de nucleació. Aquestes illes de mida nanomètrica estan gairebé lliures de defectes i donen lloc al confinament d'electrons i fonons de l'estructura cristal·lina en les dimensions del PQ. Aquest confinament es tradueix en una variació significativa de les propietats físi-

ción específica a la que se halla sometido cada capa delgada sobre el correspondiente substrato puede determinarse midiendo por espectroscopia Raman las frecuencias de vibración de los modos de la capa delgada.

Otra estructura cristallográfica de gran interés es la denominada superred cristalina, profusamente estudiada por las modificaciones de las propiedades físicas que pueden conseguirse mediante variaciones de los parámetros de su estructura. Las superredes son estructuras cristalinas periódicas con un número  $n_1$  de capas de un cristal cuya distancia entre capas es  $a_1$ , seguidas de  $n_2$  capas de otro cristal con distancia entre capas  $a_2$ . El nuevo período de la superred es  $d = n_1 a_1 + n_2 a_2$ . Una superred está constituída por múltiples períodos separados del substrato sobre la que está crecida por una capa de ajuste o buffer layer. El mayor período de la superred produce un plegado de la correspondiente zona de Brillouin de la red recíproca del cristal y, por tanto, aparecen en las superredes nuevos modos de vibración como son los modos ópticos confinados en cada una de las capas, modos acústicos plegados en el centro de la zona de Brillouin y modos de interfase. El estudio de todos estos diversos modos por espectroscopia Raman es un tema de gran interés científico.

Hace poco más de una década, emergieron un nuevo tipo de cristales denominados puntos cuánticos (PC) o Quantum Dots (QDs) autoorganizados. Cuando se crecen heteroestructuras cristalinas con parámetros de red sensiblemente distintos, bajo determinados condiciones de crecimiento (fig. pág. 162), se puede formar inicialmente una capa bidimensional de contacto de entre una o dos monocapas de

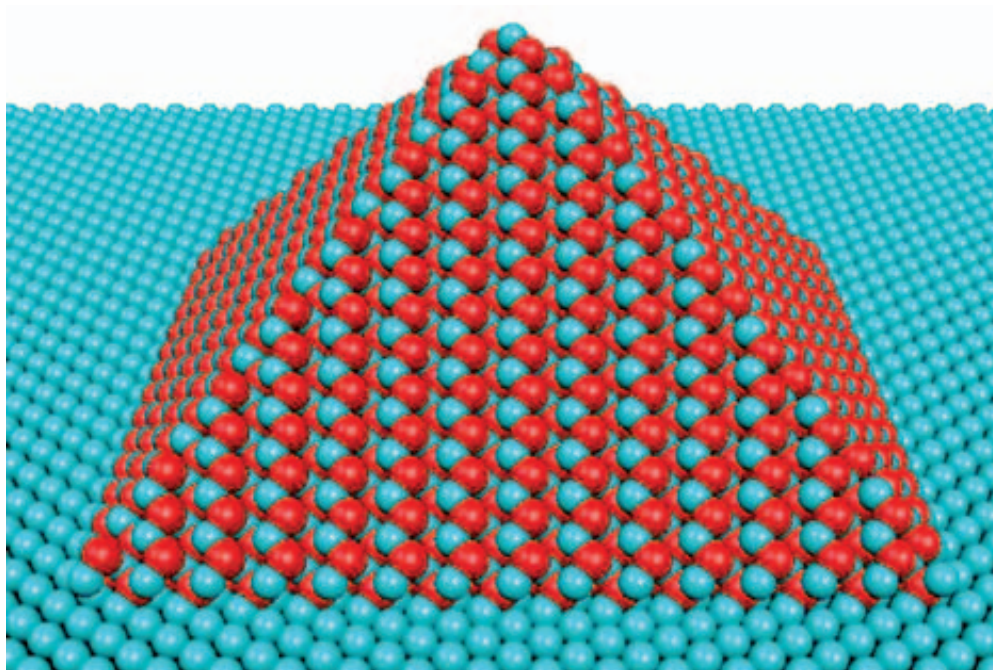
homogeneity of the physical properties of this crystalline structure. From a spectroscopic point of view, the study of QDs is challenging, given the nanometric scale of the scattering volume analyzed. To enhance the QD signal, several layers of stacked QDs are sometimes grown. Inter-diffusion phenomena between the QDs and the spacing layers may alter the physical properties of the QDs (fig. page 163). The study of atomic vibrations in QDs and in stacked QDs yields valuable information about the strain state of the QDs, the degree of homogeneity, possible inter-diffusion processes that may have taken place, etc., which is of great interest in these structures.

Recently, the study of crystalline nanowires (NW) has triggered enormous interest, and these crystalline structures are bound to attract the interest of the scientific community in the coming decades. NWs are wire-like nanocrystals with diameters of the order of tens of nanometers and varying lengths of the order of one or several microns. The ratio between the NW length and its diameter (i.e. aspect ratio) is one of the parameters that characterize the NW. Then, NWs can be considered as one-dimensional (1D) crystals and they can be obtained with defect and dislocation densities much lower than those of 3D or 2D crystals. Their nanometric size makes the propagation of dislocations in regions away from the interface with the substrate difficult, so that very high-quality crystalline structures can be obtained. The high crystalline quality of NWs and the electron confinement to the NW dimensions, which modifies their physical properties, make it possible to obtain remarkably intense responses when these nanocrystals are subject to exter-

**Esquema de l'estructura de l'apilament atòmic en un QD. (Autor: Alexander Kleinsorge, Wikipedia).**

Esquema de la estructura del apilamiento atómico en un QD. (Autor: Alexander Kleinsorge, Wikipedia).

Schematic diagram of the atomic stacking structure in a QD. (Author: Alexander Kleinsorge, Wikipedia).

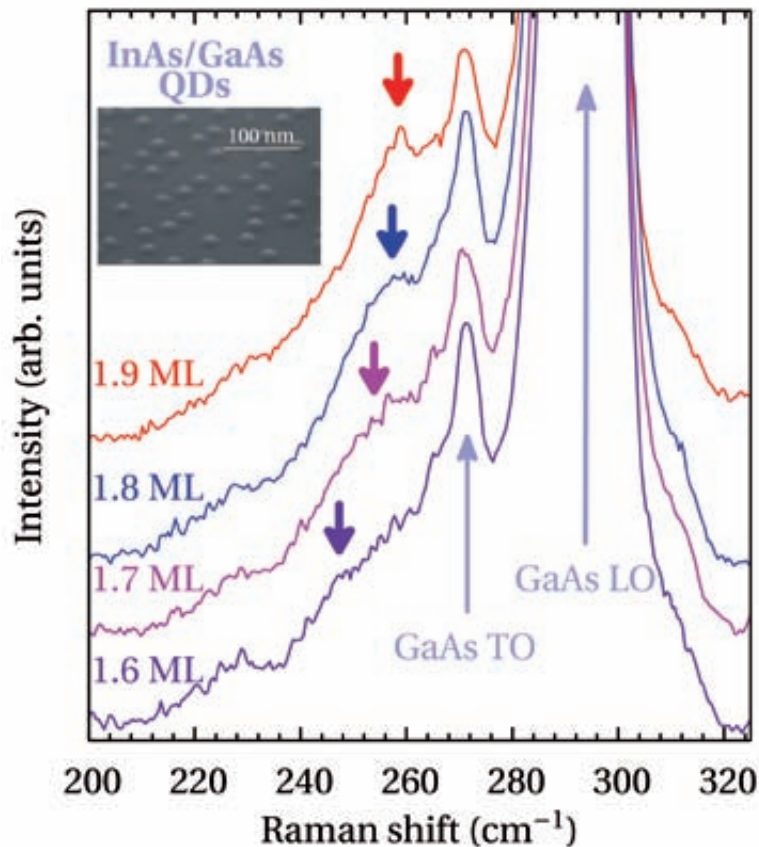


ques, depenent de la forma i mida de cada PQ. L'homogeneïtat en forma i grandària entre els PQ determina l'homogeneïtat de les propietats físiques d'aquesta estructura cristal·lina. Des d'un punt de vista espectroscòpic, l'estudi dels PQ presenta moltes dificultats experimentals a causa de les dimensions nanomètriques del volum de matèria que s'analitza. Per intensificar els efectes que es produeixen en aquestes estructures, també creixen capes de PQ apilats verticalment en la direcció de creixement (stacked QD). Els fenòmens d'interdifusió que poden tenir lloc a través del material que separa les capes de PQ poden variar les propietats físiques dels PQ. L'estudi de les vibracions atòmiques (fig. pàg. 163) en els PQ i en els PQ apilats proporciona informació molt

espesor para formarse a continuación islas de crecimiento piramidales alrededor de átomos que actúan como centros de nucleación. Estas islas de tamaño nanométrico están casi libres de defectos y dan lugar al confinamiento de electrones y fonones de la estructura cristalina a las dimensiones del PC. Como consecuencia, se consigue una significativa variación de las propiedades físicas, dependiendo de la forma y tamaño de cada PC. La homogeneidad en forma y tamaño entre los PCs determinará la homogeneidad de las propiedades físicas de esta estructura cristalina. Desde un punto de vista espectroscópico, el estudio de los PCs es de suma dificultad, debido a las dimensiones nanométricas del volumen de materia que se analiza. Para intensificar los efectos que se

nal excitation. Thus, for example, the radiative emission efficiency may be several orders of magnitude greater than in 2D or 3D crystals. Given that the NW makes contact with the substrate only through its base, the existence of a large amount of free surface allows the elastic strain present in 2D and 3D heterostructures to be effectively relaxed in the NWs.

The analysis of a single QD is a complex task, since it requires its isolation and its subsequent location by means of a scanning electron microscope. Electrical and thermal properties of NWs are of great current interest. However, the intrinsic difficulty of manipulating a single NW and establishing thermal or electrical contacts renders the determination of the NW thermal and electrical properties a particularly complex



valuosa sobre la tensió a la qual es troben sotmeses les xarxes cristal·lines dels PQ, el seu grau d'homogeneïtat i els possibles fenòmens d'interdifusió, etc., aspectes que són de gran importància en aquestes estructures.

L'estudi dels nanofils cristal·lins o nanowires (NW) ha despertat recentment un remarcable interès en la comunitat científica, i les seves propietats i aplicacions indiquen que aquesta estructura cristal·lina seguirà atraient l'interès de la comunitat científica durant les pròximes dècades. Els NW són nanocristalls filiformes amb un diàmetre entorn d'unes desenes de na-

producen en estas estructuras, también se crecen capas de PCs apilados verticalmente en la dirección de crecimiento (stacked QDs). Los fenómenos de interdifusión que pueden tener lugar a través del material que separa las capas de PCs pueden variar las propiedades físicas de los PCs. El estudio de las vibraciones atómicas en los PCs y en los PCs apilados (fig. pág. 163) proporciona una muy valiosa información sobre la tensión a la que se encuentran sometidos los PCs, el grado de homogeneidad, los posibles fenómenos de interdifusión acaecidos, etc. lo que es de gran importancia

**Espectres Raman de QD de InAs/GaAs amb diferent gruix de les monocapes (MLS). Les fletxes cap avall assenyalen els modes vibracionals corresponents al InAs. Inset: Imatge SEM de la mostra de QD de InAs/GaAs. (Autors: L. Artús i altres, basat en Artús et al., Appl. Physics Lett, 2000).**

Espectros Raman de QDs de INAs/GaAs con distinto grosor de las monocapas (MLs). Las flechas hacia abajo señalan los modos vibracionales correspondientes al InAs. Inset: Imagen SEM de la muestra de QDs de InAs/GaAs. (Autors: L. Artús y otros, basado en Artús et al., Appl. Physics Lett, 2000).

Raman spectra of InAs/GaAs QDs with different monolayer (ML) thickness. The arrows indicate the InAs vibrational modes. Inset: SEM image of the InAs/GaAs QD sample. (Authors: L. Artús and others, based on Artús et al., Appl. Physics Lett, 2000).

task. Raman spectroscopy is a useful technique to obtain information about these properties in an indirect way. Thus, for example, the heating of a single NW under laser illumination, which can be determined from the change in the NW vibrational frequencies, yields valuable information about its thermal conductivity, a parameter of great importance for applications in many different scientific areas. As discussed in more detail in a section below, Raman spectroscopy can also be used for the determination of the electrical free-charge concentration present in the NWs.

nòmetres i una longitud variable que pot ser de prop d'una o diverses micres. El quocient entre la seva longitud i el seu diàmetre és un dels paràmetres que caracteritza el NW. Així doncs, es poden considerar cristalls unidimensionals i poden tenir una densitat de dislocacions i defectes molt inferior a la dels cristalls tri- o bidimensionals. Les seves dimensions nanomètriques fan difícil la propagació de les dislocacions a les zones allunyades de la interfase amb el substrat, i es poden obtenir estructures cristal·lines d'una qualitat cristal·lina molt alta. Aquesta gran qualitat cristal·lina i el confinament dels electrons a les dimensions del NW modifiquen les seves propietats físiques i permeten obtenir respostes d'una extraordinària intensitat quan aquests nanocristalls se sotmeten a estímuls físics externs. Per exemple, l'eficiència de l'emissió radiativa pot ser diversos ordres de magnitud superior a la que sol obtenir-se en cristalls bi- o tridimensionals. Atès que els NW només tenen contacte amb el substrat per la base, l'existència d'una gran quantitat de superfície lliure als NW els allibera de les tensions elàstiques que tenen lloc en les heteroestructures cristal·lines bi- i tridimensionals, i es produeix una relaxació de les tensions existents a la xarxa.

Les propietats elèctriques i tèrmiques dels NW són d'un gran interès físic i tecnològic. Tanmateix, l'anàlisi individualitzada d'un NW és un procés complex, ja que requereix el seu aïllament previ i la posterior identificació de la posició sobre el suport en què s'ha aïllat utilitzant microscòpia electrònica. Aquesta dificultat de manipulació, així com d'establir contactes elèctrics o tèrmics, fa que la determinació de les seves propietats tèrmiques

en estas estructuras (espectro Raman PCs e imagen SEM).

Recientemente ha despertado un inusitado interés el estudio de los nanohilos cristalinos o Nanowires (NWs), estructura cristalina destinada a polarizar el interés de la comunidad científica durante las próximas décadas. Los NWs son nanocristales filiformes con un diámetro del orden de unas decenas de nanómetros y una longitud variable que puede ser del orden de una o varias micras, siendo el cociente entre su longitud y su diámetro uno de los parámetros que caracteriza el NW. Así pues, pueden considerarse cristales unidimensionales (1D) y pueden obtenerse con una densidad de dislocaciones y defectos muchísimo menor que la de los cristales 3D o 2D. Sus dimensiones nanométricas hace difícil la propagación de las dislocaciones en las zonas alejadas de la interfase con el substrato, pudiéndose obtener estructuras cristalinas de una muy alta calidad. Esta gran calidad cristalina y el confinamiento de los electrones a las dimensiones del NW, lo que modifica sus propiedades físicas, permite obtener respuestas de una extraordinaria intensidad cuando estos nanocristales son sometidos a estímulos físicos externos. Así por ejemplo, la eficiencia de la emisión radiativa puede ser varios órdenes de magnitud superior a la que suele obtenerse en cristales bi- o tridimensionales. Dado que el NW sólo tiene contacto con el substrato por su base, la existencia de una gran cantidad de superficie libre en el NW lo libera de las tensiones elásticas que tienen lugar en las heteroestructuras cristalinas 2D y 3D, produciéndose una relajación del strain.

El análisis individualizado de un NW es un proceso complejo ya que requiere su aisla-

#### *Vibrational properties and polymorphism*

The dependence of Raman spectra on the crystalline symmetry makes Raman spectroscopy a powerful tool to differentiate between different phases of compounds exhibiting polymorphism. Thus, for example, in the case of calcium carbonate, the orthorhombic polymorph (aragonite) is metastable, although it can be found in bivalve shells in the form of biogenic calcite/aragonite bilayers. The different symmetry of the aragonite crystal gives rise to intense Raman modes that are absent in calcite.

The Group has developed methods for the local identification of different polymorphs and has made relevant contributions related to the biomineral calcium phosphate, the main constituent of teeth and bones in mammals (fig. page 166). Ceramic materials based on calcium phosphate find important medical applications in prosthetic implants. The most commonly used polymorphs are  $\beta$ -tricalcium phosphate (TCP) [ $\beta$ -Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] and hydroxyapatite (HA) [Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>]. Despite the fact that these materials present a very similar chemical composition, their bioactive properties are very different. While HA is bioactive and joins directly to the bone, favoring implant fixation, TCP is resorbable in body fluids. Given that in the synthesis of HA variable amounts of TCP are produced depending on the pH, temperature and relative concentration of Ca and P, the use of reliable and versatile characterization techniques are of great importance in this field. HA coatings are widely employed to improve the adhesion of synthetic prosthesis, and Raman spectroscopy is a powerful technique for in-situ characterization of such coatings.

o elèctriques sigui especialment complexa. L'espectroscòpia Raman és una tècnica de gran utilitat per obtenir informació sobre aquestes propietats de manera indirecta. Així, per exemple, l'escalfament sofert per un NW il·luminat pel làser es pot conèixer estudiant la variació de les freqüències de vibració. L'estudi de l'escalfament proporciona informació sobre la conductivitat tèrmica del NW, que és un paràmetre de gran importància per a les seves aplicacions en múltiples dominis científics. Tal com s'explicarà detingudament en un altre apartat, l'espectroscòpia Raman també es pot utilitzar per determinar la concentració de càrrega existent en els NW.

#### *Propietats vibracionals i polimorfisme*

La dependència que els espectres Raman tenen de la simetria cristal·lina fa de l'espectroscòpia Raman una eina molt poderosa per discriminar entre les diferents fases de compostos que presenten polimorfisme. Així, per exemple, en el cas del carbonat càlcic, el polimorf ortoròmbic aragonita és metastable, encara que es trobi en forma de bicapes aragonita/calcita d'origen biogènic en les petxines de mol·luscs bivalves. La simetria de l'estructura cristal·lina de l'aragonita és diferent de la de la calcita, fet que dóna lloc a modes de vibració intensos que no apareixen a la calcita.

El Grup ha desenvolupat mètodes per a la identificació local de diferents polimorfs (fig. pàg. 166) havent realitzat contribucions rellevants sobre el biomineral fosfat càlcic, el principal constituent dels ossos i dents dels mamífers. Els materials ceràmics basats en fosfat càlcic tenen importants aplicacions mèdiques en implantació de pròtesis. Els dos polimorfs utilitzats habitualment són el

miento previo y la posterior identificación de su posición sobre el soporte en el que ha sido aislado utilizando microscopía electrónica. Las propiedades eléctricas y térmicas de los NWs son de un gran interés. Sin embargo, la dificultad intrínseca de manipular un NW, así como de establecer contactos eléctricos o térmicos, hace que sea especialmente compleja la determinación de sus propiedades térmicas o eléctricas. La espectroscopía Raman es una técnica de gran utilidad para obtener información sobre estas propiedades de manera indirecta. Así por ejemplo, el calentamiento sufrido por un NW iluminado por el láser, que puede medirse por la variación de las frecuencias de vibración, proporciona información sobre su conductividad térmica, un parámetro de gran importancia para sus aplicaciones en múltiples dominios científicos. Tal como se explicará detenidamente en otro apartado, la espectroscopía Raman puede también utilizarse para determinar la concentración de carga existente en los NWs.

#### *Propiedades vibracionales y polimorfismo*

La dependencia que los espectros Raman tienen de la simetría cristalina hace de la espectroscopía Raman una herramienta muy poderosa para discriminar entre las distintas fases de compuestos que presentan polimorfismo. Así, por ejemplo, en el caso del carbonato cálcico, el polimorfo ortorrómbico aragonito es metaestable, aunque se encuentra en forma de bicapas aragonito/calcita de origen biogénico en las conchas de moluscos bivalvos. La distinta simetría del cristal de aragonito da lugar a modos de vibración intensos que no aparecen en la calcita.

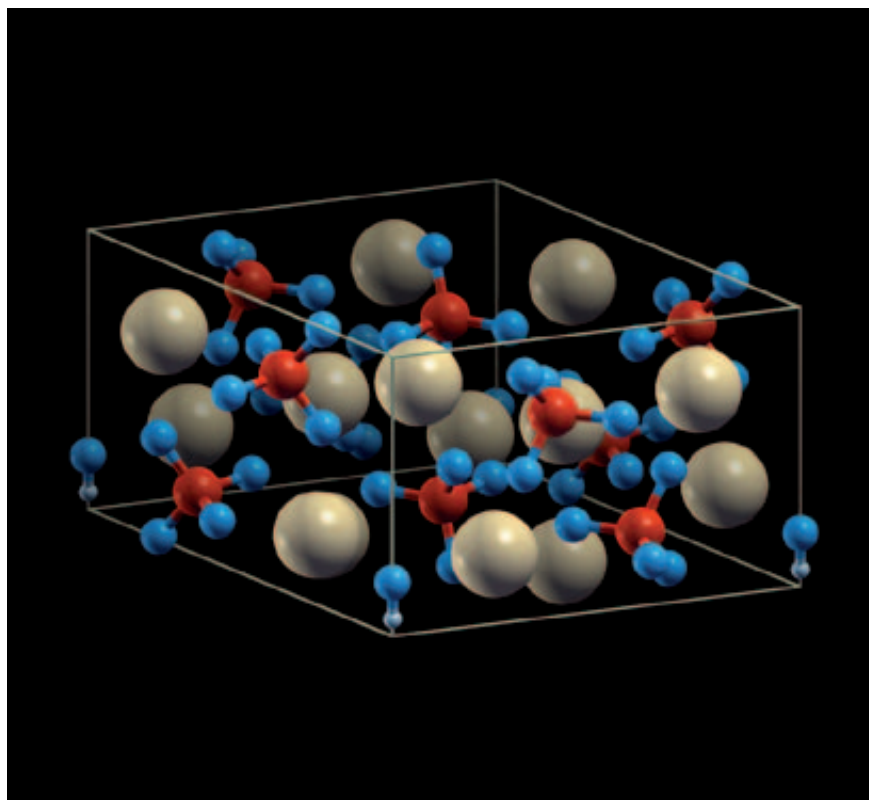
El Grupo ha desarrollado métodos para la identificación local de distintos polimorfs

Both  $\beta$ -TCP and HA exhibit a molecular crystal structure, with  $(\text{PO})_4^{3-}$  tetrahedra arranged within a  $\text{Ca}^{2+}$  lattice. The figure illustrates the distribution of ions in the HA unit cell (fig. page 168). Whereas HA crystallizes in the hexagonal spatial group  $P6_{3mf}$ ,  $\beta$ -TCP crystallizes in the rhombohedral spatial group  $R_{3c}$  and exhibits a more complex structure that contains 21  $\text{Ca}_3(\text{PO})_4$  formula units. To obtain reliable criteria to distinguish between these two polymorphs, high-resolution Raman spectra were carried out on standard samples obtained by chemical synthesis. In this figure one can clearly distinguish the  $(\text{PO})_4^{3-}$  tetrahedral units in the structure. Each independent tetrahedron supports 9 internal vibrational modes, corresponding to symmetric stretching ( $\nu_1$  mode), symmetric bending (double degenerate  $\nu_2$  modes), asymmetric stretching (triple degenerate  $\nu_3$  modes) and asymmetric bending (triple degenerate  $\nu_4$  modes) of the P-O bonds. The atomic motion in the  $(\text{PO})_4^{3-}$  tetrahedron is illustrated in the figure. The crystalline field induced by the ions in the tetrahedron environment reduces symmetry and generates tetrahedral distortions, which together with inter-tetrahedral interactions give rise to frequency splittings in the tetrahedron modes. Whereas in HA the tetrahedra are crystallographically equivalent and exhibit relatively little dispersion in inter-atomic distances and angles, the far more complex structure of  $\beta$ -TCP displays a wider dispersion of inter-atomic distances and angles and 3 types of crystallographically non-equivalent tetrahedra. As a result, a more marked frequency splitting of the internal modes of the tetrahedron takes place in the case of  $\beta$ -TCP, which allows it to be distinguished from HA by means of the Raman spectra, as can be seen in the figure (fig.

**Distribució iònica a la cel·la unitat de la hidroxiapatita. Les unitats tetraèdriques  $\text{PO}_4^{3-}$  són clarament distingibles dins de la xarxa de ions  $\text{Ca}^{2+}$  (boles de color iveri). Els grups OH es troben en els vèrtexs del romboedre. (Autor: R. Cuscó).**

Distribución iónica en la celda unidad del hidroxiapatito. Las unidades tetraédricas  $\text{PO}_4^{3-}$  son claramente distinguibles dentro de la red de iones  $\text{Ca}^{2+}$  (bolas color marfil). Los grupos OH se encuentran en los vértices del romboedro. (Autor: R. Cuscó).

Ion distribution in the hydroxyapatite unit cell. The  $(\text{PO}_4)^{3-}$  tetrahedral units can be clearly distinguished within the  $\text{Ca}^{2+}$  lattice (ivory colored balls). The OH groups are located at the rhombohedron vertices. (Author: R. Cuscó).



$\beta$ -fosfat tricàlcic ( $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) i la hidroxiapatita ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ). Encara que tots dos materials presenten una composició química molt semblant, les seves propietats bioactives són molt diferents. Mentre la hidroxiapatita és bioactiva i s'uneix directament a l'os afavorint la fixació de l'implant, el fosfat tricàlcic és reabsorbible en els fluids corporals. Atès que en la síntesi de la hidroxiapatita es produeixen quantitats variables de fosfat tricàlcic dependent de les condicions de pH, temperatura i concentració relativa de Ca i P, la utilització de tècniques de caracterització fiables i versàtils

(fig. pág. 166) habiendo realizado contribuciones relevantes sobre el biomineral fosfato cálcico, el principal constituyente de los huesos y dientes de los mamíferos. Los materiales cerámicos basados en fosfato cálcico tienen importantes aplicaciones médicas en implantación de prótesis. Los dos polimorfos más comúnmente utilizados son el  $\beta$ -fosfato tricàlcico ( $\beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) y el hidroxiapatito ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ). Aunque ambos materiales presentan una composición química muy parecida, sus propiedades bioactivas son muy diferentes ya que mientras el hidroxiapatito es

page 168). The frequency dispersion observed for the internal modes of the tetrahedron is in agreement with calculations carried out using a central-force model for the  $(\text{PO}_4)^{3-}$  tetrahedron, which confirms that the frequency gap between the  $\nu_2$  and  $\nu_4$  modes is a distinctive characteristic between HA and  $\beta$ -TCP originating from the tetrahedral distortions in the respective crystalline structures. Unlike other specific features such as the presence of a mode associated with the OH group in HA, this distinctive characteristic is clearly observed even in the Raman spectra of samples with poor crystallinity and it

és de gran importància en aquest àmbit. L'ús de recobriments d'hidroxiapatita per millorar l'adhesió de pròtesis sintètiques fa de l'espectroscòpia Raman una tècnica molt potent per a la caracterització *in situ* d'aquests recobriments.

Tant el  $\beta$ -fosfat tricàlcic com la hidroxiapatita presenten una estructura de cristall molecular, amb tetraedres  $\text{PO}_4^{3-}$  distribuïts entre una xarxa de ions  $\text{Ca}^{2+}$ . La figura il·lustra la distribució dels ions dins de la cel·la unitat de la hidroxiapatita (fig. pàg. 168). Mentre que la hidroxiapatita cristal·litza en el grup espacial hexagonal ( $\text{P6}_3\text{m}$ ), el  $\beta$ -fosfat tricàlcic cristal·litza en el grup espacial romboèdric (R3c) i té una estructura més complexa que conté 21 fórmules unitat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Per disposar de criteris fiables que permetin discernir entre els dos polimorfs, es van realitzar espectres Raman d'alta resolució sobre mostres patró obtingudes mitjançant síntesi química. En aquesta figura es poden distingir clarament les unitats tetraèdriques  $\text{PO}_4^{3-}$  en l'estructura. Cada tetraedre independent suporta 9 modes de vibració interns, que corresponen a l'elongació simètrica (mode  $\nu_1$ ), torsió simètrica (modes  $\nu_2$ , doblement degenerats), elongació asimètrica (modes  $\nu_3$ , triplement degenerats) i torsió asimètrica (modes  $\nu_4$ , triplement degenerats) dels enllaços P-O. Els moviments atòmics en el tetraedre  $\text{PO}_4^{3-}$  s'il·lustren a la figura de la pàgina 166. El camp cristal·lí creat pels ions de l'entorn de cada tetraedre redueix la simetria i produeix distorsions en la geometria del grup  $\text{PO}_4^{3-}$  que, juntament amb les interaccions intertetraèdriques, donen lloc a desdoblaments en les freqüències dels modes. Mentre que en la hidroxiapatita els tetra-

bioactivo y se une directamente al hueso favoreciendo la fijación del implante, el fosfato tricàlcico es reabsorbible en los fluidos corporales. Dado que en la síntesis del hidroxiapatito se producen cantidades variables de fosfato tricàlcico dependiendo de las condiciones de pH, temperatura, y concentración relativa de Ca y P, la utilización de técnicas de caracterización fiables y versátiles es de gran importancia en este ámbito. El uso de recubrimientos de hidroxiapatito para mejorar la adhesión de prótesis sintéticas hace de la espectroscopia Raman una técnica muy potente para la caracterización *in-situ* de estos recubrimientos.

Tanto el  $\beta$ -fosfato tricàlcico como el hidroxiapatito presentan una estructura de cristall molecular, con tetraedros  $(\text{PO}_4)^{3-}$  distribuidos entre una red de iones  $\text{Ca}^{2+}$ . La figura ilustra la distribución de los iones dentro de la celda unidad del hidroxiapatito (fig. pàg. 168). Mientras que el hidroxiapatito cristaliza en el grupo espacial hexagonal ( $\text{P6}_3\text{m}$ ), el  $\beta$ -fosfato tricàlcico cristaliza en el grupo espacial romboèdric (R3c) y tiene una estructura más compleja que contiene 21 fórmulas unidad  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Para disponer de criterios fiables que permitan discernir entre ambos polimorfos, se realizaron espectros Raman de alta resolución sobre muestras patrón obtenidas mediante síntesis química. En esta figura pueden distinguirse claramente las unidades tetraédricas  $\text{PO}_4^{3-}$  en la estructura. Cada tetraedro independiente soporta nueve modos de vibración internos, que corresponden a la elongación simètrica (modo  $\nu_1$ ), torsión simètrica (modos  $\nu_2$ , doblemente degenerados), elongación asimètrica (modos  $\nu_3$ , triplemente degenerados) y torsión asimètrica (modos  $\nu_4$ , triplemente degenerados) de

allows discrimination between the two studied polymorphs of calcium phosphate by means of micro-Raman measurements.

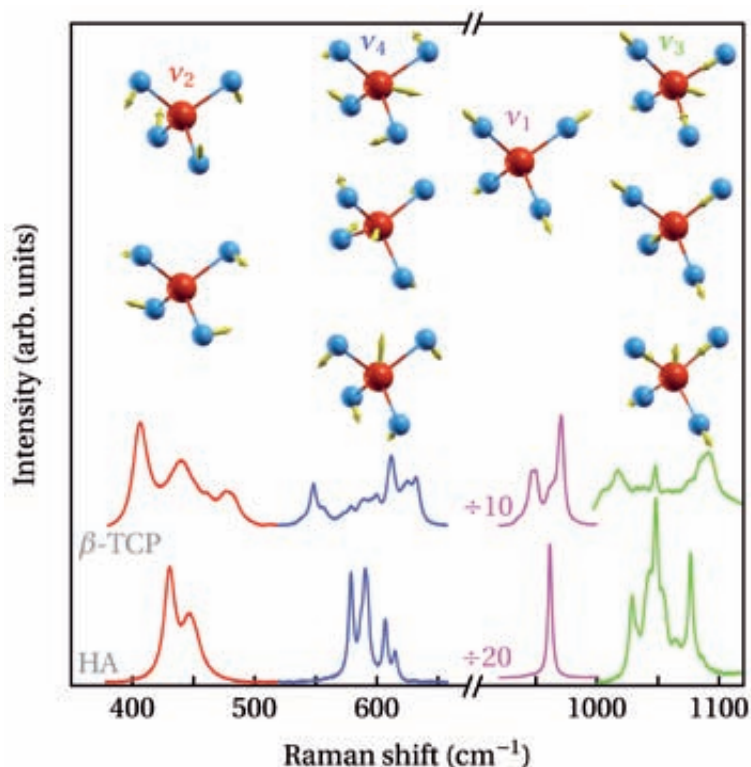
We have also used Raman spectroscopy to study and differentiate several types of silicate and aluminosilicate minerals, since the Raman spectra depend strongly on the degree of polymerization of the silicate tetrahedra  $[(\text{SiO}_4)^{4-}]$  within the crystal lattice of the mineral. The figure (page 170) shows the Raman spectra corresponding to alite, the monoclinic tricalciumsilicate ( $\text{C}_3\text{S}$  in the cement industry terminology) that constitutes the major mineral phase in Portland cement. The upper spectrum in the figure corresponds to pure alite, and it is dominated by Raman peaks associated with internal modes of the isolated silicate tetrahedra that form the crystalline structure of the material. The hydration reaction of the alite gives rise to a highly-polymerized amorphous gel known as calcium-silicate-hydrate (C-S-H) in cement industry terminology. The middle spectrum in the figure displays the Raman spectrum of the hydrated alite, where wide bands corresponding to C-S-H are observed. In addition, the spectra also show Raman peaks associated with portlandite  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , known as CH in cement industry terminology, which together with C-S-H is the main product of the  $\text{C}_3\text{S}$  hydration. Lastly, the lower panel in the figure shows the Raman spectrum of the carbonated alite, where no signal from portlandite or C-S-H can be detected. Instead, Raman peaks corresponding to the 3 polymorphs of calcium carbonate, namely calcite, aragonite and vaterite, are clearly observed. These are the mineral phases resulting from the carbonation process, which are usually observed in X-ray diffraction of heavily-car-



**Modes propis de vibració del tetraedre  $\text{PO}_4^{3-}$  i espectres Raman d'alta resolució dels corresponents modes interns al  $\beta$ -fosfat tricàlcic i a la hidroxiapatita. La separació entre les freqüències dels modes interns de tipus  $\nu_2$  i  $\nu_4$  és característica de les estructures cristal·lines respectives i permet distingir dos polimorfos. (Autors: R. Cuscó i L. Artús, basat en De Aza et al., Chem. Mat., 1997).**

Modos propios de vibración del tetraedro  $\text{PO}_4^{3-}$  y espectros Raman de alta resolución de los correspondientes modos internos en el  $\beta$ -fosfato tricálcico y en hidroxiapatito. La separación entre las frecuencias de los modos internos de tipo  $\nu_2$  y  $\nu_4$  es característica de sus respectivas estructuras cristalinas y permite distinguir ambos polimorfos. (Autors: R. Cuscó y L. Artús, basado en De Aza et al., Chem. Mat., 1997).

Normal vibrational modes of the  $(\text{PO}_4)^{3-}$  tetrahedron and high-resolution Raman spectra of the corresponding internal modes in  $\beta$ -tricalcium phosphate and in hydroxyapatite. The frequency gap between  $\nu_2$  and  $\nu_4$  internal modes is characteristic of the respective crystalline structures and makes it possible to distinguish between these two polymorphs. (Authors: R. Cuscó and L. Artús, based on De Aza et al., Chem. Mat., 1997).



edres són cristal·logràficament equivalents i mostren relativament poca dispersió en les distàncies i angles interatòmics, l'estructura més complexa del  $\beta$ -fosfat tricàlcic presenta una major dispersió de distàncies i angles interatòmics i tres tipus de tetraedres cristal·logràficament no equivalents. Com a resultat es produeix un desdoblament dels modes interns del tetraedre, molt més accentuat en el cas del  $\beta$ -fosfat tricàlcic, fet que permet distingir-lo de la hidroxiapatita a partir dels espectres Raman, tal com es pot veure a la

los enlaces P-O. Los movimientos atómicos en el tetraedro  $\text{PO}_4^{3-}$  se ilustran en la figura. El campo cristalino creado por los iones del entorno de cada tetraedro reduce la simetría y produce distorsiones en la geometría del grupo  $\text{PO}_4^{3-}$  que, junto con las interacciones inter-tetraédricas, dan lugar a desdoblamientos en las frecuencias de los modos. Mientras que en el hidroxiapatito los tetraedros son cristalográficamente equivalentes y muestran relativamente poca dispersión en las distancias y ángulos interatómicos, la estructura más

bonated Portland-cement pastes. In this regard, Raman spectroscopy offers superior potential over X-ray diffraction, since by means of micro-Raman measurements it is possible to detect different phases of calcium carbonate to a scale length of about  $1 \mu\text{m}$ , which yields much better spatial resolution than conventional X-ray diffraction analysis.

#### *Study of impurities in crystals by means of Raman scattering*

As already discussed in the previous section, Raman spectroscopy is a very useful technique

figura (pàg. 168). La dispersió de freqüències dels modes interns observades estan d'acord amb càlculs realitzats mitjançant un model de forces centrals del tetraedre  $\text{PO}_4^{3-}$ , que confirma que el gap de freqüències entre els modes  $\nu_2$  i  $\nu_4$  és una característica que permet diferenciar la hidroxiapatita i el  $\beta$ -fosfat tricàlcic. A diferència d'altres peculiaritats com la presència d'un mode associat al grup OH en la hidroxiapatita, aquesta característica distintiva s'observa clarament en els espectres Raman de mostres amb poca cristallinitat i permet la discriminació en mesures de micro-Raman dels dos polimorfes del fosfat càlcic estudiats.

També hem utilitzat l'espectroscòpia Raman per investigar i identificar diversos tipus de minerals de silicats i aluminosilicats, ja que l'espectre Raman depèn sensiblement del grau de polimerització dels tetraedres de silicat ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) dins de la xarxa cristal·lina del mineral. La figura (pàg. 170) mostra espectres corresponents a la fase alita, silicat tricàlcic que té estructura monocònica ( $\text{C}_3\text{S}$  en nomenclatura de la indústria del ciment) i constitueix la fase principal del ciment portland. L'espectre superior de la figura correspon a un espectre d'alita pura, dominat per pics associats a modes interns dels tetraedres del silicat aïllats, que conformen l'estructura cristal·lina del material. La reacció d'hydratació de l'alita dona lloc a un gel amorf, altament polimeritzat, conegut com a C-S-H (silicat de calci hidratat). L'espectre intermediari de la figura mostra l'espectre Raman de l'alita hidratada, on s'observen bandes amples corresponents al C-S-H. A més, s'observen pics corresponents a la portlandita ( $\text{Ca(OH)}_2$ ; CH en nomenclatura cimentera), producte principal de la hydratació del  $\text{C}_3\text{S}$

compleja del  $\beta$ -fosfat tricàlcic presenta una mayor dispersión de distancias y ángulos interatómicos y tres tipos de tetraedros cristalográficamente no equivalentes. Como resultado se produce un desdoblamiento de los modos internos del tetraedro, mucho más acentuado en el caso del  $\beta$ -fosfato tricàlcico, lo que permite distinguirlo del hidroxiapatito a partir de los espectros Raman, tal como puede verse en la figura (pág. 168). La dispersión de frecuencias de los modos internos observadas están de acuerdo con cálculos realizados mediante un modelo de fuerzas centrales del tetraedro  $\text{PO}_4^{3-}$ , que confirma que el gap de frecuencias entre los modos  $\nu_2$  y  $\nu_4$  es una característica distintiva entre el hidroxiapatito y el  $\beta$ -fosfato tricàlcico que se origina en las distorsiones de los tetraedros dentro de los respectivos cristales. A diferencia de otras peculiaridades como la presencia de un modo asociado al grupo OH en el hidroxiapatito, esta característica distintiva se observa claramente en los espectros Raman de muestras con poca cristalinidad y permite la discriminación en medidas de micro-Raman de los dos polimorfos del fosfato càlcico estudiados.

Hemos utilizado también la espectroscopia Raman para estudiar y diferenciar diversos tipos de minerales de silicatos y aluminosilicatos, ya que el espectro Raman depende sensiblemente del grado de polimerización de los tetraedros de silicato ( $\text{SiO}_4^{4-}$ ) dentro de la red cristalina del mineral. La figura (pág. 170) muestra espectros correspondientes a la alita, silicato tricàlcico que tiene estructura monocònica ( $\text{C}_3\text{S}$  en nomenclatura de la industria del cemento) y constituye la fase principal del cemento Portland. El espectro superior de la

to study point defects in crystals. We could mention as an example the study carried out on the introduction of Be impurities in GaN by means of ion implantation. Raman spectroscopy analysis allowed us to identify two modes associated with N vacancies and to characterize the degree of disorder induced by the ion implantation. The effects of the implantation temperature were also addressed. It was concluded that vacancy generation is substantially reduced when the ion-beam irradiation is performed at high temperature, and hence higher implantation doses can then be achieved for a given damage level.

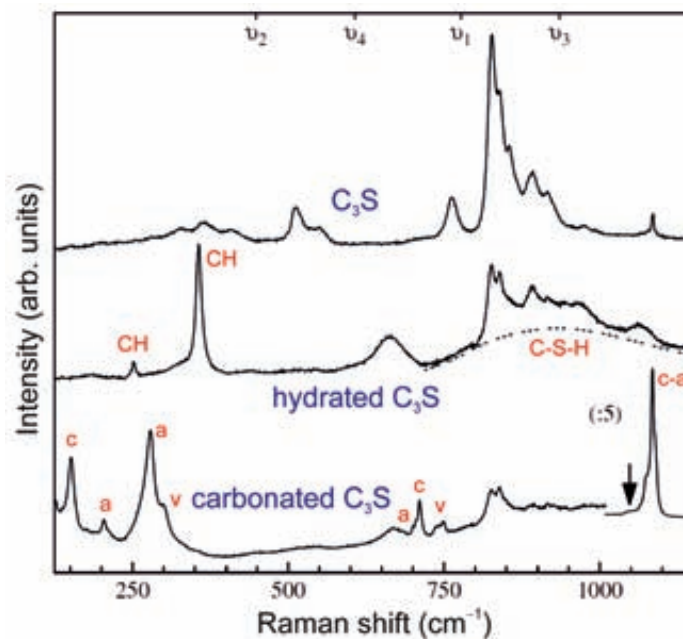
Raman spectroscopy can provide information about the interstitial or substitutional position of the impurities in the crystal. The studies carried out on ZnO vibrational properties upon implantation of  $\text{N}^+$  and  $\text{P}^+$  ions, as well as of the native  $\text{Zn}^+$  and  $\text{O}^+$  ions, are examples of such utilization. Additional Raman peaks associated with the N impurity were unambiguously observed. In order to ascertain the substitutional, interstitial or complex-defect character of the N-related impurity, ion-beam irradiations with the  $^{14}\text{N}^+$  and  $^{15}\text{N}^+$  isotopes were carried out. The Raman spectra did not show any frequency shift of the N-related impurity modes, which implies that, even though those modes are associated with the N impurity, they do not actually involve atomic vibrations of the N atom in the ZnO crystal.

Local-vibrational-mode spectroscopy is a very sensitive technique to detect not only impurities but also residual contamination. Thus, for instance, C concentrations of the order of  $10^{17}\text{cm}^{-3}$  are detectable by means of Raman spectroscopy. The existence of residual contamination may

**Espectres Raman de la fase alita anhidra (espectre superior), de la fase alita hidratada (espectre intermedi) i de l'alita hidratada i carbonatada (espectre inferior). CH indica pics de la portlandita (CaOH), mentre que c, a i v indiquen diferents polimorfes de CaCO<sub>3</sub> (calcita, aragonita i vaterita). C-S-H es refereix al gel amorf de silicat de calci hidratat, producte de la hidratació del C<sub>3</sub>S. (Autors: J. Ibáñez i altres, basat en Ibáñez et al., J. Raman Spectr., 2007).**

Espectros Raman de la alita anhidra (espectro superior), de la alita hidratada (espectro intermedio) y de la alita hidratada y carbonatada (espectro inferior). CH indica picos de la portlandita (CaOH), mientras que c, a y v indican diferentes polimorfos de CaCO<sub>3</sub> (calcita, aragonito y vaterita). C-S-H se refiere al gel amorfo de silicato de calcio hidratado, producto de la hidratación del C<sub>3</sub>S. (Autores: J. Ibáñez y otros, basado en Ibáñez et al., J. Raman Spectr., 2007).

Raman spectra of anhydrous alite (upper spectrum), hydrated alite (middle spectrum) and hydrated and carbonated alite (lower spectrum). The label CH indicates the Raman peaks of portlandite (CaOH) while c, a and v indicate the Raman peaks of different CaCO<sub>3</sub> polymorphs (calcite, aragonite and vaterite, respectively). C-S-H stands for the amorphous hydrated calcium silicate gel, which is a product of the C<sub>3</sub>S hydration. (Authors: J. Ibáñez and others, based on Ibáñez et al., J. Raman Spectr., 2007).



juntament amb el C-S-H. Finalment, l'espectre inferior de la figura mostra l'espectre Raman de l'alita carbonatada, on ja no s'aprecia senyal Raman de portlandita ni de C-S-H. En el seu lloc, s'observen clarament pics Raman corresponents als tres polimorfes del carbonat de calci (calcita, aragonita i vaterita), que són les fases resultants del procés de carbonatació de les pastes. Aquestes fases s'observen habitualment amb DRX en pastes de ciment portland altament carbonatades. En aquest sentit, l'espectroscòpia Raman presenta un potencial superior a la DRX, ja que mitjançant mesures de micro-Raman és possible detectar les diferents fases del carbonat càlcic amb resolucions espacials de micres, molt inferior a la que es pot obtenir per mitjà d'una anàlisi convencional emprant DRX.

#### Estudi d'impureses en cristalls mitjançant espectroscòpia Raman

Tal com hem esmentat en un apartat anterior-

figura corresponde a un espectre de alita pura, dominado por picos asociados a modos internos de los tetraedros del silicato aislados que conforman la estructura cristalina del material. La reacción de hidratación de la alita da lugar a un gel amorfo, altamente polimerizado, conocido como C-S-H (silicato de calcio hidratado amorfo en nomenclatura cementera). El espectro intermedio de la figura muestra el espectro Raman de la alita hidratada, donde se observan bandas anchas correspondientes al C-S-H. Además, se observan picos correspondientes a la portlandita (Ca(OH)<sub>2</sub>; CH en nomenclatura cementera), producto principal de la hidratación del C<sub>3</sub>S junto con el C-S-H. Por último, el espectro inferior de la figura muestra el espectro Raman de la alita carbonatada, donde ya no se aprecia señal Raman de portlandita ni de C-S-H. En su lugar, se observan claramente picos Raman correspondientes a los tres polimorfos del carbonato de calcio

significantly degrade the physical properties of crystals with important technological applications such as GaN. The presence of H, which tends to form complexes with other intentional impurities such as Mg<sub>Ga</sub>, precludes the electrical activation of such impurities and substantially reduces device efficiency. H-complex dissociation and the recovery of the desired properties can be achieved by rapid thermal annealing of the crystal. The process of creation/dissociation of complexes can be studied through the observation of the associated local vibrational modes. In addition to the Mg<sub>Ga</sub>-related local vibrational modes, a detailed investigation of local vibrational modes in Mg-doped GaN crystals allowed us to observe vibrational modes corresponding to Mg-H and C-H complexes associated with residual background contamination. The Mg-H complexes were relatively stable in the studied samples, whereas the C-H complexes displayed lower dissociation energies and could be significantly reduced by thermal annealing.

or, l'espectroscòpia Raman és una tècnica de gran utilitat per a l'estudi de defectes puntuals cristal·lins. Com a exemple podria citar-se l'estudi realitzat sobre la introducció d'impureses de Be en GaN mitjançant implantació iònica. Les anàlisis per mitjà d'espectroscòpia Raman van permetre identificar dos modes associats a vacants de N i caracteritzar el grau de desordre introduït a la xarxa cristal·lina en conseqüència de la implantació iònica. Es va estudiar també quins són els efectes de la temperatura a la qual es realitza la implantació, i es va concloure que la creació de vacants es redueix significativament quan el procés d'irradiació té lloc a alta temperatura, cosa que permet assolir dosis majors d'implantació per a un determinat grau de cristal·lí danyat.

L'espectroscòpia Raman també permet estudiar les posicions intersticials o substitucionals de les impureses. Per exemple, es van estudiar els efectes d'implantar ions de  $N^+$  i  $P^+$ , així com ions nadius  $Zn^+$  i  $O^+$  en un cristall de ZnO, i es van observar pics Raman addicionals inequívocament associats a la impuresa de N. Per aclarir si la impuresa tenia caràcter substitucional, intersticial o de defecte complex associat a N, es van realitzar irradiacions amb els isòtops  $^{14}N^+$  i  $^{15}N^+$ . Els espectres Raman van demostrar que no es produïa desplaçament de freqüències en implantar els dos isòtops de massa diferent, de manera que els modes locals observats, tot i que estan associats a la impuresa de N, no estan originats en la vibració de l'àtom de N substitucional a la xarxa cristal·lina del ZnO.

L'espectroscòpia de modes locals de vibració és una tècnica molt sensible per a la detecció d'impureses, així com de contaminació. Per

(calcita, aragonito y vaterita), que son las fases resultantes del proceso de carbonatación. Estas fases se observan habitualmente con DRX en pastas de cemento Portland altamente carbonatadas. En este sentido, la espectroscopia Raman presenta un potencial superior a la DRX, ya que mediante medidas de micro-Raman es posible detectar las diferentes fases del carbonato cálcico con resoluciones espaciales de  $1\ \mu m$ , resolución mucho mejor que la que pueda obtenerse por medio de un análisis convencional utilizando DRX.

#### *Estudio de impurezas en cristales mediante espectroscopia Raman*

Tal como hemos mencionado en un apartado anterior, la espectroscopia Raman es una técnica de gran utilidad para el estudio de defectos puntuales cristalinos. Como ejemplo podría citarse el estudio realizado sobre la introducción de impurezas de Be en GaN mediante implantación iónica. Los análisis por medio de espectroscopia Raman permitieron identificar dos modos asociados a vacantes de N y caracterizar el grado de desorden introducido en el cristal por la implantación iónica. Se estudió también cuales son los efectos de la temperatura a la que se realiza la implantación, concluyéndose que la creación de vacantes se reduce significativamente cuando el proceso de irradiación tiene lugar a alta temperatura, lo que permite alcanzar dosis mayores de implantación para un determinado grado de daño cristalino.

La espectroscopia Raman permite también realizar estudios sobre las posiciones intersticiales o substitucionales de las impurezas. Un ejemplo de ello fueron los estudios realizados al implantar iones de  $N^+$  y  $P^+$ , así como

The presence of impurities may significantly alter the physical properties of a crystal. When high concentrations ( $\sim 10^{18}$ - $10^{20}\ cm^{-3}$ ) of substitutional impurities that contribute excess electrons to the chemical bond are introduced, the electron surplus can freely move around in the crystal and renders the doped crystal electrically conductive, with a conductivity that is a function of the impurity concentration. Although the electrical conductivity is customarily determined by electrical measurements, given that the presence of an excess of mobile electrons is reflected in some vibrational modes, the conductivity properties of a crystal can also be probed by contactless, optical means. In crystals that exhibit bond polarity, the longitudinal vibrations (LO modes) induce electric fields that interact with the free electrons. When the resonance frequency of the free electrons is comparable to that of the LO modes, a strong interaction occurs, giving rise to coupled modes whose frequency strongly depends on the electron concentration. The analysis of such coupled modes makes possible the accurate determination of the electron concentration using Raman spectroscopy.

We have carried out numerous studies on the coupling between LO vibrations and the electric charge in different zinc-blende and wurtzite crystals of technological interest (InP, InGaAs, InN, GaN) and we have developed theoretical models that allow us to simulate the coupled-mode Raman spectra and to evaluate the electron concentration and mobility from the model fit to the Raman spectra. Throughout these studies, sophisticated models have been developed to take into account the damping effects due to energy absorption by the electrons (Landau

exemple, concentracions de C entorn de  $10^{17}$   $\text{cm}^{-3}$  són detectables mitjançant espectroscòpia Raman. La presència de contaminació residual pot degradar significativament els materials cristal·lins amb importants aplicacions tecnològiques com el GaN. La presència d'H a la xarxa cristal·lina, que tendeix a formar complexos amb altres impureses (per exemple  $\text{Mg}_{\text{Ga}}$ ) introduïdes intencionadament al material, n'impedeix l'activació elèctrica, i redueix així l'eficiència del dispositiu. Recuits tèrmics del material a diferents temperatures poden dissociar els complexos d'hidrogen i restablir les propietats desitjades. El procés de creació/dissociació de complexos es pot estudiar a través de l'observació dels modes locals de vibració corresponents. Les investigacions sobre els modes locals de GaN dopat amb Mg van permetre observar, a més dels modes locals de  $\text{Mg}_{\text{Ga}}$ , modes de vibració de complexos de Mg-H i de complexos C-H associats a contaminació residual. Els complexos Mg-H en les mostres estudiades són relativament estables, mentre que els complexos C-H tenen una energia de dissociació menor i poden desaparèixer mitjançant recuits tèrmics.

La presència d'impureses altera significativament les propietats físiques dels materials cristal·lins. Quan s'introdueixen altes concentracions ( $\sim 10^{18}$ - $10^{20}$   $\text{cm}^{-3}$ ) d'impureses substituïdors, que aporten un excés d'electrons a l'enllaç químic, els electrons sobrants es poden moure lliurement per tot el cristall, fet que confereix al material una conductivitat elèctrica que depèn de la concentració d'impureses. Encara que tradicionalment la conductivitat elèctrica es determina mitjançant mesures elèctriques, la presència d'un

iones nativos  $\text{Zn}^+$  y  $\text{O}^+$  en un cristal de ZnO, observándose picos Raman adicionales inequívocamente asociados a la impureza de N. Para esclarecer si la impureza tenía carácter substitucional, intersticial o de defecto complejo asociado a N, se realizaron irradiaciones con los isótopos  $^{14}\text{N}^+$  y  $^{15}\text{N}^+$ . Los espectros Raman demostraron que no se producía desplazamiento de frecuencias al implantar los dos isótopos de distinta masa, por lo que los modos locales observados, aun estando asociados a la impureza de N, no están originados en la vibración del átomo de N substitucional en el cristal de ZnO.

La espectroscopia de modos locales es una técnica muy sensible para la detección no sólo de impurezas, sino también de contaminación. Así por ejemplo, concentraciones de C del orden de  $10^{17}$   $\text{cm}^{-3}$  son detectables mediante espectroscopia Raman. La presencia de contaminación residual puede degradar significativamente cristales con importantes aplicaciones tecnológicas como el GaN. La presencia de H en el cristal, que tiende a formar complejos con otras impurezas (por ejemplo  $\text{Mg}_{\text{Ga}}$ ) introducidas intencionalmente en el cristal, impide la activación eléctrica de las mismas, reduciendo así la eficiencia del dispositivo. Recocidos térmicos del cristal a diferentes temperaturas pueden disociar los complejos de hidrógeno y restablecer las propiedades deseadas. El proceso de creación/disociación de complejos puede estudiarse a través de la observación de los correspondientes modos de vibración locales asociados. Investigaciones sobre los modos locales de cristales de GaN dopado con Mg permitieron observar, además de los modos locales de  $\text{Mg}_{\text{Ga}}$ , modos de complejos

damping) as well as the specific characteristics of the electronic structure. The importance of these effects was studied in detail on InP over a wide range of SiIn substitutional impurity concentrations ( $\sim 10^{16}$ - $10^{19}$   $\text{cm}^{-3}$ ). A study carried out on InGaAs crystals with SiIn substitutional impurities revealed that the frequency dependence of the low-frequency coupled modes on the electron concentration does not follow the typical trend that is well-established in other ternary crystals such as AlGaAs (fig. page 174). Because of the presence of a relatively heavy ion, InGaAs crystals display low vibrational frequencies, which makes Landau damping of the coupled modes particularly relevant in this case. The anomalous behavior of the low-frequency coupled modes observed in InGaAs was explained by the effects of Landau damping and the measured Raman line shapes could be modeled by the extension of the theoretical model of Raman scattering by coupled modes to ternary crystals.

There was a great controversy as to the mechanisms governing Raman scattering by coupled modes in InN. InN crystals, which are of great technological importance because of their applications, inevitably contain a sizable amount of residual impurities. Impurity-induced mechanisms had been previously proposed to explain certain features of the InN Raman spectrum. We performed a Raman scattering study of InN crystals that showed that the conventional Raman scattering mechanisms governing coupled-mode scattering also take place in InN, giving rise to a coupled mode whose frequency varies significantly with electronic concentration, in accordance with the coupled-mode behavior that is well-established in similar

excés d'electrons lliures afecta alguns modes de vibració, l'estudi dels quals es pot utilitzar per determinar les propietats conductives del material sense necessitat de realitzar contactes elèctrics. En compostos en què l'enllaç presenta polaritat elèctrica, les vibracions longitudinals (fonons de tipus LO) indueixen camps elèctrics que interaccionen amb els electrons lliures. Si la freqüència de ressonància natural dels electrons és pròxima a la de les vibracions longitudinals, aquesta interacció dóna lloc a modes acoblats la freqüència dels quals varia sensiblement en funció de la densitat d'electrons lliures. Així doncs, la mesura experimental dels modes acoblats mitjançant l'espectroscòpia Raman permet determinar la densitat de càrrega lliure en materials polars.

Hem dut a terme nombrosos estudis sobre l'acoblament de les vibracions LO amb la càrrega elèctrica en diferents materials cristal·lins amb estructura zinc-blenda o estructura wurtzita (InP, InGaAs, InN, GaN) i hem construït models teòrics que permeten simular els espectres Raman dels modes acoblats i, a partir d'ells, avaluar la concentració d'electrons i la seva mobilitat. En aquests estudis s'han aplicat models complexos que han permès tenir en compte els efectes d'amortiment causats per l'absorció d'energia dels electrons (amortiment de Landau), així com les característiques de l'estructura electrònica dels materials. La importància d'aquests efectes en el InP es va estudiar en detall emprant una sèrie de mostres que presentaven un ampli rang de concentracions d'impureses substitucionals de  $\text{Si}_{\text{In}}$  ( $\sim 10^{16}$ - $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ). A causa de la presència d'un catió relativament pesat (fig. pàg. 174), el InGaAs presenta fonons amb freqüències de

de Mg-H y de complejos C-H asociados a contaminación residual. Los complejos Mg-H en las muestras estudiadas son relativamente estables, mientras que los modos C-H tienen una energía de disociación menor y se reducen significativamente mediante recocidos térmicos.

La presencia de impurezas altera significativamente las propiedades físicas de un cristal. Cuando se introducen altas concentraciones ( $\sim 10^{18}$ - $10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ) de impurezas sustitucionales, aportando un exceso de electrones al enlace químico, los electrones sobrantes pueden moverse libremente por todo el cristal, lo que confiere al cristal una conductividad eléctrica que depende de la concentración de impurezas. Aunque tradicionalmente la conductividad eléctrica se determina mediante medidas eléctricas, la presencia de un exceso de electrones móviles se refleja en ciertos modos de vibración, los cuales pueden utilizarse para determinar las propiedades conductivas del cristal sin necesidad de realizar contactos eléctricos. En cristales cuyo enlace presenta polaridad eléctrica, las vibraciones longitudinales (LO) inducen campos eléctricos a través de los cuales interaccionan con los electrones móviles. Si la frecuencia de resonancia natural de los electrones es próxima a la de las vibraciones longitudinales, la interacción da lugar a modos acoplados cuya frecuencia varía sensiblemente en función de la densidad de electrones y ello permite determinar las densidades electrónicas a partir de la espectroscopia Raman.

Hemos llevado a cabo numerosos estudios sobre el acoplamiento de las vibraciones LO con la carga eléctrica en distintos cristales

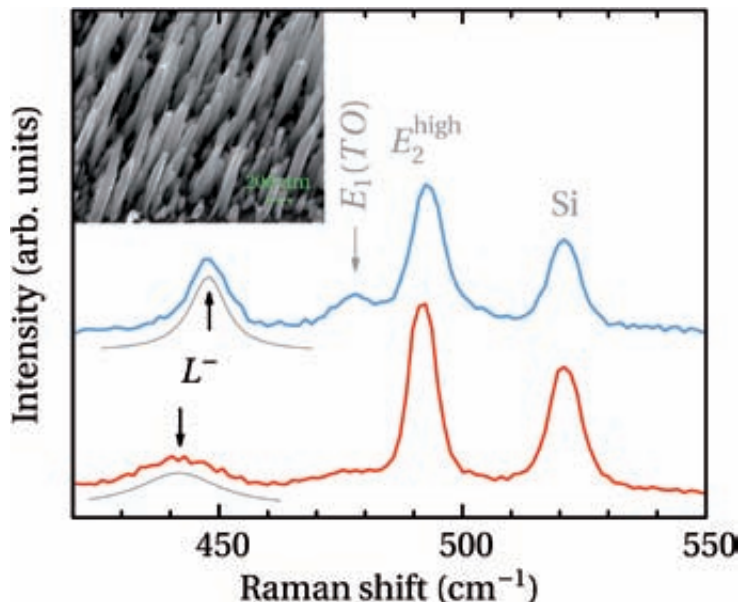
crystals. This study demonstrated that, by using suitable models, it is also possible to obtain the electron concentration in InN using Raman spectroscopy.

The introduction of substitutional impurities in NWs is hindered by self-purification processes, as the distance between the impurity and a free surface of the crystal is always very small and the formation energy of the impurity increases as the size of the NW decreases. Therefore, it is of great interest to have available optical techniques that allow the evaluation of the effective impurity density in NWs to be carried out without the need of technologically challenging electrical contacts. Our previous experience in electric-charge determination by optical means allowed us to tackle the study of  $\text{Si}_{\text{In}}$  substitutional impurities in InN NWs. The studied NWs were 130 nm in diameter and were deposited on a Si substrate (see the figure page 174 inset). Raman scattering experiments with UV excitation, which is strongly absorbed by the Si substrate, enabled a substantial reduction of the signal arising from the Si substrate and the observation of a coupled mode associated with the free electrons introduced by the  $\text{Si}_{\text{In}}$  impurities. The figure page 174 shows the Raman spectra of two NW samples. The lower spectrum (red) corresponds to a sample with a low residual electron density and the upper spectrum (blue) corresponds to a sample grown with an intentional incorporation of Si. The peak labeled L- is the coupled mode and the light gray trace represents the theoretical line-shape simulation. The frequency shift of this mode allows one to evaluate the  $\text{Si}_{\text{In}}$  impurity concentration effectively incorporated into the NW.

**Espectres Raman excitats amb làser ultraviolat (325 nm) de nanofilis de InN dipositats sobre un substrat de Si, amb i sense aportació addicional de Si durant el creixement (blau i vermell, respectivament). El traç en gris clar mostra el perfil Raman del mode acoblat  $L^-$  calculat mitjançant un model teòric. En el requadre apareix una imatge de SEM dels nanofilis estudiats. (Autors: R. Cuscó i altres, basat en Cuscó et al., Appl. Physics Lett, 2010).**

Espectros Raman excitados con láser ultravioleta (325 nm) de nanofilis de InN depositados sobre un substrato de Si, con y sin aportación adicional de Si durante el crecimiento (azul y rojo, respectivamente). El trazo en gris claro muestra el perfil Raman del modo acoplado  $L^-$  calculado mediante un modelo teórico. En el recuadro aparece una imagen al microscopio electrónico de los nanofilis estudiados. (Autores: R. Cuscó y otros, basado en Cuscó et al., Appl. Physics Lett, 2010).

Raman spectra of InN nanowires on a Si substrate excited with an ultraviolet laser (325 nm). The spectrum in blue corresponds to a sample obtained with an additional Si supply during the growth. The light gray trace represents the  $L^-$  coupled-mode Raman line shape calculated from a theoretical model. Inset: SEM image of the studied nanowires. (Authors: R. Cuscó and others, based on Cuscó et al., Appl. Physics Lett, 2010)



vibració baixes, de manera que l'amortiment de Landau dels modes acoblats és especialment rellevant en aquest cas. Un estudi realitzat pel Grup sobre cristalls de InGaAs amb impureses substituïcionals de  $\text{Si}_{\text{In}}$  va revelar que la dependència de la freqüència amb la concentració electrònica dels modes acoblats de baixa freqüència en aquest compost no segueix el comportament típic d'altres compostos ternaris com el AlGaAs. El comportament anòmal dels modes acoblats de baixa freqüència observat en el InGaAs es va explicar per l'amortiment de Landau i els espectres Raman es van modelitzar mitjançant una teoria d'oscil·lació Raman per a un compost ternari amb impureses substituïcionals.

con estructura zinc-blenda o estructura wurtzita de interès tecnològic (InP, InGaAs, InN, GaN) y hemos construido modelos teóricos que permiten simular los espectros Raman de los modos acoplados, y a partir de ellos, evaluar la concentración de electrones y su movilidad. En estos estudios se han desarrollado modelos complejos que han permitido tener en cuenta los efectos de amortiguamiento debidos a la absorción de energía por parte de los electrones (amortiguamiento de Landau), así como las características de la estructura electrónica. La importancia de estos efectos fue estudiada en detalle en InP sobre un amplio rango de concentraciones de impurezas substituïcionales de  $\text{Si}_{\text{In}}$  ( $\sim 10^{16}$ - $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ). Debido a la pre-

#### *Study of impurities by means of photoluminescence*

Defects play a determinant role in the physical properties of crystals. For instance, the color and appearance of minerals and gems are determined by the presence of foreign atoms, vacancies or other defects in their crystalline structure, which are responsible for light emission or absorption at characteristic wavelengths. A well-known example is ruby, whose red color is due to the substitution of Al atoms in octahedral positions of the corundum ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) structure by Cr impurities. As discussed in next section, the characteristic luminescence emission of ruby at around 700 nm is employed in high-pressure optical experiments to calibrate the hydrostatic pressure inside a diamond anvil cell.

Existia una gran controvèrsia sobre els mecanismes que regien els modes acoblats al InN, semiconductor de gran importància per les seves aplicacions. El InN és un material cristal·lí que presenta una gran densitat de càrrega i d'impureses residuals a causa de les seves dificultats de creixement. Després d'estudiar aquest material per espectroscòpia Raman es va demostrar que els mecanismes d' scattering Raman convencional que regeixen els modes acoblats tenen lloc també en el InN, i donen lloc a un mode acoblat la freqüència del qual varia sensiblement en variar la concentració electrònica de manera anàloga al comportament ja ben conegut en altres materials similars. Aquest estudi va demostrar que, usant models adequats, també és possible obtenir la concentració electrònica residual en mostres de InN a partir de l'anàlisi dels seus espectres Raman.

La introducció d'impureses substituïcionals en NW es veu dificultada per processos d'auto-purificació, atès que la distància entre la impuresa i una superfície lliure del material és sempre molt petita i l'energia de formació de la impuresa augmenta en disminuir la mida del NW. Per tant, és de gran interès disposar de tècniques òptiques que permetin l'avaluació de la concentració d'impureses efectives existents en els NW sense necessitat d'haver d'establir contactes elèctrics, a causa de la gran dificultat tecnològica que això implica. L'experiència prèvia acumulada en la determinació de la càrrega elèctrica lliure utilitzant mètodes òptics ens va permetre abordar l'estudi de la incorporació substituïcional d'impureses de SiIn en NW d'InN d'uns 130 nm de diàmetre dipositats sobre substrats de Si (vegeu inset a la figura pàg. 174). La realització de mesu-

sencia de un catión relativament pesado, los cristales de InGaAs presentan frecuencias de vibración bajas, por lo que el amortiguamiento de Landau de los modos acoplados es especialmente relevante en este caso (fig. pág. 174). Un estudio realizado por el grupo sobre cristales de InGaAs con impurezas substituïcionales de SiIn reveló que la dependencia de la frecuencia con la concentración electrónica de los modos acoplados de baja frecuencia en este compuesto no sigue el comportamiento típico bien establecido en otros cristales ternarios como el AlGaAs. El comportamiento anómalo de los modos acoplados de baja frecuencia observado en el InGaAs fue explicado por el amortiguamiento de Landau y los perfiles Raman de los espectros fueron modelizados mediante una teoría de scattering Raman para un cristal ternario con impurezas substituïcionales.

Existia una gran controversia acerca de los mecanismos que regían los modos acoplados en el InN, cristal de gran importancia por sus aplicaciones. Los cristales de InN, al crecer, contienen de manera inevitable impurezas residuales. Tras estudiarse dichos cristales por espectroscopia Raman se demostró que los mecanismos de scattering Raman convencional que rigen los modos acoplados tienen lugar también en InN, dando lugar a un modo acoplado cuya frecuencia varía sensiblemente al variar la concentración electrónica de manera análoga al comportamiento ya bien conocido en otros cristales similares. Este estudio demostró que, usando modelos adecuados, también es posible obtener la concentración electrónica residual a partir de espectroscopia Raman.

La introducción de impurezas substituïcionales en NWs se ve dificultada por procesos de

Among the various analytical techniques that yield information about the impurity incorporation in crystals, PL and optical absorption are highly valuable tools for an accurate characterization of impurities in crystals, either of natural or synthetic origin.

The figure page 177 shows a PL spectrum of ZnO obtained with He-Cd laser excitation at 80 K. The spectrum displays several peaks, labeled as FX (free exciton),  $I_6$ ,  $I_9$ , and  $I_{10}$ . Specifically, the  $I_6$  peak is associated with Al impurities, which are incorporated during the growth, and give rise to this characteristic emission.

Dilute nitrides is one of the topics that has attracted the Group's attention in the last few years. Dilute nitrides are III-V compounds with the zinc-blende structure in which a small amount of N has been incorporated (usually less than 5%). These compounds have been extensively investigated over the last few years due to the substantial modification of the electronic and optical properties of the host III-V compound, well beyond what should be expected from the low concentration of N introduced in the crystal. In the figure page 179, PL spectra of (In,Ga)(As,N) alloy thin films having a N concentration of the order of 3% are shown. The spectra display the optical emission of samples grown in different crystal orientations. The intensity of PL emission indicates which crystal orientations offer higher optical quality and hence better prospects for applications in light-emitting devices. On the other hand, the PL wavelength depends on composition and, in particular, on the concentration of  $N_{As}$  substitutïonal impurities. The combined analysis of the emission and absorption spectra makes it possible to find



res Raman amb excitació ultraviolada, que és fortament absorbida pel InN, va permetre reduir notablement el senyal procedent del substrat de Si i observar, a més dels modes de vibració característics del InN, un mode acoblat amb les oscil·lacions dels electrons lliures introduïts per les impureses de Si<sub>in</sub>. A la figura pàg. 174 es presenten els espectres Raman de dues mostres de NW: la inferior (en vermell), amb una densitat residual electrònica baixa i la superior (en blau) crescuda amb incorporació intencional de Si. El pic rotolat com a L- correspon al mode acoblat i la traça contínua en gris clar representa la simulació teòrica del seu perfil Raman. La variació en la freqüència d'aquest mode permet determinar la concentració d'impureses Si<sub>in</sub> efectivament incorporades.

#### *Estudi d'impureses mitjançant fotoluminescència (PL)*

Els defectes tenen un paper determinant en les propietats físiques dels materials cristal·lins. Per exemple, el color i l'aparença dels minerals i les gemmes ve determinat per la presència d'àtoms forans, vacants o altres defectes en la seva estructura cristal·lina, els quals donen lloc a emissió o absorció de llum de longituds d'ona característiques. Un exemple ben conegut és el cas del robí, el color vermellós del qual es deu a la substitució d'àtoms de Al situats en posició octaèdrica al corindó (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) per impureses de crom. Com es veurà en l'apartat següent, l'emissió luminescent característica del robí, al voltant de 700 nm, s'utilitza en els experiments òptics amb cel·les de diamant per calibrar la pressió hidrostàtica existent a l'interior d'aquesta cel·la.

auto-purificació, dado que la distancia entre la impureza y una superficie libre del cristal es siempre muy pequeña y la energía de formación de la impureza aumenta al disminuir el tamaño del NW. Por tanto, es de gran interés disponer de técnicas ópticas que permitan la evaluación de la concentración de impurezas efectivas existentes en los NWs sin necesidad de tener que establecer contactos eléctricos, debido a la gran dificultad tecnológica que ello implica. La experiencia previa acumulada en la determinación de la carga eléctrica libre utilizando métodos ópticos, nos permitió abordar el estudio de la incorporación substitucional de impurezas de Si<sub>in</sub> en NWs de InN de unos 130 nm de diámetro depositados sobre substratos de Si (ver inseto en la figura pág. 174). La realización de experiencias Raman con excitación ultravioleta, que es fuertemente absorbida por el InN, permitió reducir notablemente la señal procedente del substrato de Si y observar, además de los modos de vibración característicos del InN, un modo acoplado con los electrones libres introducidos por las impurezas de Si<sub>in</sub>. En la figura pág. 174 se presentan los espectros Raman de dos muestras de NWs: la inferior (en rojo), con una densidad residual electrónica baja y la superior (en azul) crecida con incorporación intencional de Si. El pico rotulado como L- corresponde al modo acoplado y la traza continua en gris claro representa la simulación teórica de su perfil Raman. La variación en la frecuencia de dicho modo permite determinar la concentración de impurezas Si<sub>in</sub> efectivament incorporadas.

#### *Estudio de impurezas mediante fotoluminescència (PL)*

Los defectos juegan un papel determinante

up to what point the band-to-band emission processes in the samples are affected by crystalline disorder. In general, samples emitting and absorbing at similar wavelengths exhibit a high degree of crystallinity, whereas those samples in which emission and absorption occur at significantly different wavelengths display much higher crystalline disorder. These optical measurements further and complement the studies of crystalline quality and impurity incorporation carried out by means of Raman spectroscopy.

#### *Optical and vibrational properties of crystalline matter under high pressure*

The application of hydrostatic pressure to the study of physical properties is a highly valuable tool in a broad variety of fields encompassing physics and chemistry of solid state, geophysics and even microbiology and food technology. It must be borne in mind that most of the matter in the universe is subject to extreme pressure and temperature conditions. Thus, for instance, in the boundary between the Earth's upper and lower mantle, at a depth of 650 km, the pressure is around 24 GPa, and it increases up to 140 GPa in the deeper region of the lower mantle, just in the core transition region at a depth of about 2,600 km. Then, experiments at high hydrostatic pressure allow the extreme conditions experienced by the minerals in the Earth's interior to be reproduced in the laboratory.

The figure page 180 shows the evolution under pressure of the forsterite (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) crystalline structure. The figure displays the orthorhombic structure at ambient pressure. At room temperature, a phase transition to the ringwoodite spinel structure takes place at around 15 GPa. At higher temperatures and pressures (~23 GPa),

Entre les diverses tècniques analítiques que permeten estudiar la incorporació d'impureses en els materials cristal·lins, destaquem la PL i l'absorció òptica, que són tècniques molt valuoses per caracteritzar-ne la concentració. La figura pàg. 177 mostra un espectre de PL de ZnO obtingut excitant amb el làser de He-Cd a 80 K. L'espectre mostra diferents pics, etiquetats com a FX (pic d'excitons lliures),  $I_6$ ,  $I_9$  i  $I_{10}$ . En particular, el pic  $I_6$  s'associa a impureses de Al, que s'incorporen al material durant el creixement cristal·lí, i donen lloc a una emissió a aquesta energia característica.

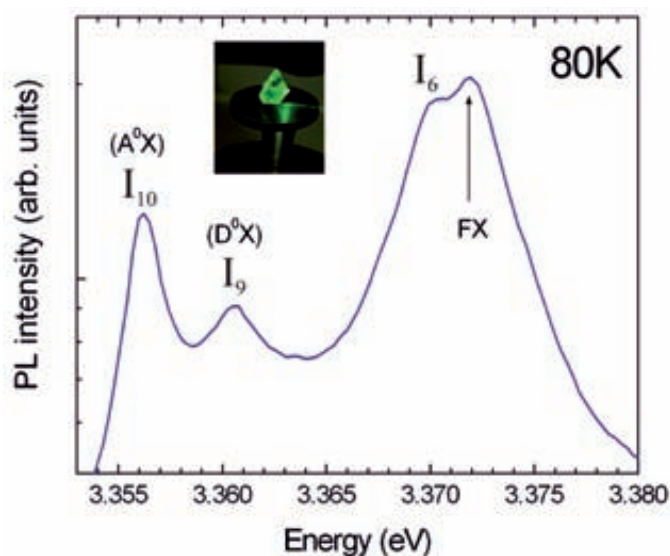
Un altre dels temes que ha atret l'interès del Grup en els últims anys són els nitrurs diluïts, que són compostos III-V amb estructura zincblenda en què s'ha incorporat N en molt petites dosis (típicament menys del 5%). Aquests

en las propiedades físicas de los cristales. Por ejemplo, el color y la apariencia de los minerales y las gemas viene determinado por la presencia de átomos foráneos, vacantes u otros defectos en su estructura cristalina, los cuales dan lugar a emisión o absorción de luz de longitudes de onda características. Un ejemplo bien conocido es el caso del rubí, cuyo color rojizo se debe a la sustitución de átomos de Al situados en posición octaédrica en el corindón ( $Al_2O_3$ ) por impurezas de cromo. Como se verá en el siguiente apartado, la emisión luminiscente característica del rubí, alrededor de 700 nm, se utiliza en los experimentos ópticos con celdas de diamante para calibrar la presión hidrostática existente en el interior de dicha celda.

Entre las diversas técnicas analíticas que permiten estudiar la incorporación de impurezas

the mineral dissociates into a compound with a perovskite structure ( $MgSiO_3$ ) and periclase ( $MgO$ ). At much higher pressures (~ 140 GPa), corresponding to the Earth's core-mantle transition region, the perovskite to post-perovskite phase transition takes place. The fundamental properties of these minerals as a function of pressure and temperature determine the rheological (viscosity, deformation, etc.) and convection properties of the Earth's mantle.

The experiments under hydrostatic pressure allow for the determination of fundamental thermodynamic parameters in crystals. Thus, the isothermal compressibility and the PV equation of state of crystals can be determined using XRD under hydrostatic pressure. On the other hand, by measuring the normal-vibrational-mode frequencies under pressure using Raman spectroscopy



**Espectre de fotoluminiscència d'una mostra de ZnO dopada amb Al. El pic designat com a  $I_6$  està associat a una impuresa de Al. (Autors: E. Alarcón, J. Ibáñez i R. Cuscó).**

Espectro de fotoluminiscencia de un cristal de ZnO dopado con Al. El pico designado como  $I_6$  está asociado a una impureza de Al. (Autores: E. Alarcón, J. Ibáñez y R. Cuscó).

Photoluminescence spectrum of an Al-doped ZnO crystal. The peak labeled as  $I_6$  is associated with Al impurities. (Authors: E. Alarcón, J. Ibáñez and R. Cuscó).

compostos han estat intensament investigats els últims anys, ja que el N modifica significativament les propietats òptiques i electròniques dels compostos III-V, molt més del que es podria esperar d'acord amb les baixes concentracions de N introduïdes. A la figura pàg. 179 es mostren espectres de PL de capes primes de l'aliatge (In,Ga)(As,N), on la concentració d'àtoms de N que substitueixen el As és entorn de 3 %. La figura de la pàg. 179 mostra l'emissió òptica de diferents mostres crescudes amb diferents orientacions cristal·lines. La intensitat dels pics de PL permet esbrinar quines orientacions presenten major qualitat òptica i, per tant, millors perspectives per a la seva aplicació en dispositius emissors de llum. Per la seva banda, la longitud d'ona dels pics de PL depèn de la composició i, en particular, de la concentració de N incorporada en posicions substitucionals del As. L'anàlisi combinada dels espectres d'emissió i absorció permet esbrinar fins a quin punt els processos d'emissió banda a banda de les mostres estan dominats pel desordre cristal·lí. En general, les mostres que emeten i absorbeixen en longituds d'ona similars presenten alta qualitat cristal·lina, mentre que aquelles que ho fan en longituds d'ona sensiblement diferents presenten un desordre cristal·lí molt més gran. Aquestes mesures òptiques amplien i complementen els estudis realitzats mitjançant espectroscòpia Raman amb relació a la qualitat cristal·lina i la incorporació d'impureses.

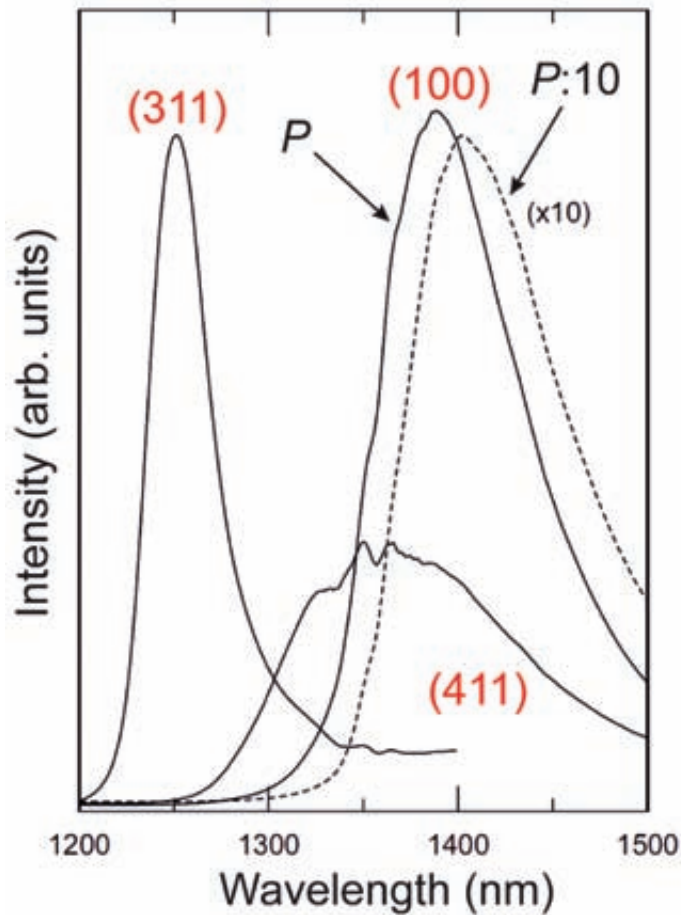
*Propietats òptiques i vibracionals de la matèria cristal·lina sota altes pressions*  
L'aplicació d'altres pressions hidrostàtiques resulta una eina molt valuosa en camps tan diversos com la física i química de l'estat sò-

lido en los cristales, la PL y la absorción óptica son técnicas muy valiosas para caracterizar de forma precisa las impurezas en los cristales, ya sean de origen natural o sintetizados. La figura pág. 177 muestra un espectro de PL de ZnO obtenido excitando con el láser de He-Cd a 80 K. El espectro muestra diferentes picos, etiquetados como FX (pico de excitones libres),  $I_6$ ,  $I_9$  e  $I_{10}$ . En particular, el pico  $I_6$  se asocia a impurezas de Al, que se incorporan al cristal durante el crecimiento cristalino, dando lugar a una emisión a esta energía característica.

Uno de los temas que ha atraído el interés del Grupo en los últimos años son los nitruros diluidos, que son compuestos III-V con estructura zincblenda en los que se ha incorporado N en muy pequeñas dosis (típicamente menos del 5%). Estos compuestos han sido profusamente investigados los últimos años debido a que el N modifica substancialmente las propiedades ópticas y electrónicas de los compuestos III-V originarios, mucho más de lo que cabría esperar a tenor de las bajas concentraciones de N que se logra introducir. En la figura pág. 179 se muestran espectros de PL de thin films de la aleación (In,Ga)(As,N), cuya concentración de átomos de N substituyendo al As es del orden de 3%. La figura pág. 179 muestra la emisión óptica de diferentes muestras crecidas con diferentes orientaciones cristalinas. La intensidad de los picos de PL permite averiguar qué orientaciones presentan mayor calidad óptica y por tanto mejores perspectivas para su aplicación en dispositivos emisores de luz. Por su parte, la longitud de onda de los picos de PL depende de la composición y, en particular, de la concentración de N incorporada substitucionalmente en lugar del As. El análisis combinado de los espectros de emisión y absorción permite averiguar hasta qué

copy, the mode Grüneisen parameters can be determined, and these are in turn related to other fundamental thermodynamical parameters such as compressibility and heat capacity. Also, by means of experiments under hydrostatic pressure, the evolution of the electronic structure and of physical parameters such as the deformation potential can be studied in crystals. The experimental determination of these properties is crucial, not only for crystal characterization, but also for validating predictions based on first-principles quantum-mechanical calculations.

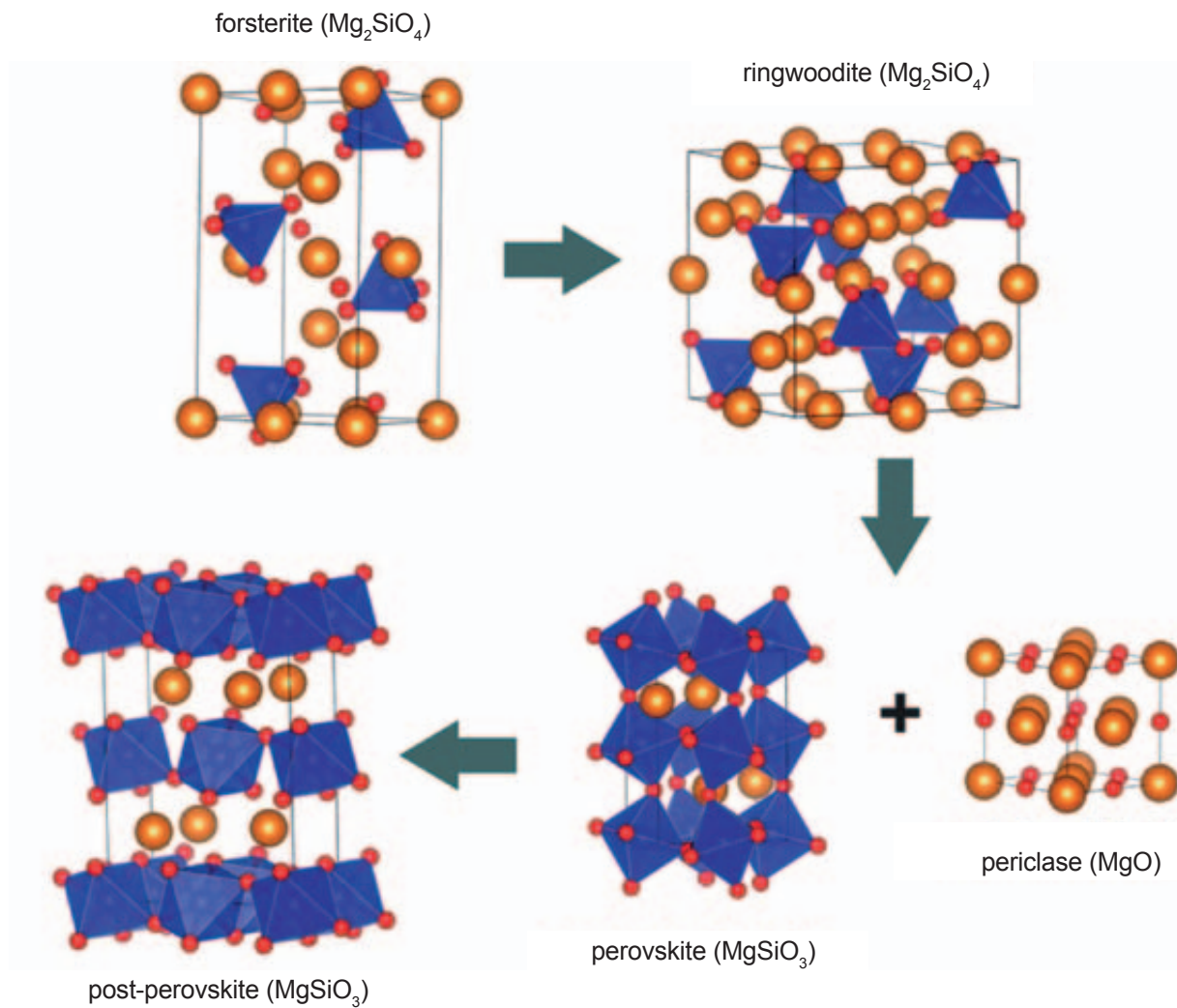
The figure page 182 shows an example of application of hydrostatic pressure to the study of the vibrational properties of InN, a crystal with a wurtzite structure at ambient pressure. It can be observed in the figure that the frequencies of the LO and the high-frequency E2 optical phonons increase with pressure, due to the stiffening of the In-N bond as the inter-atomic distance decreases. By contrast, a softening of the low-frequency E2 mode is observed, which is related to the displacements in the crystal structure leading to the phase transition to the rocksalt (NaCl) structure that occurs at pressures around 12 GPa. Indeed, the figure page 182 shows how the spectra acquired at pressures above 12 GPa exhibit broad bands that were not present in the spectrum of the wurtzite phase InN and correspond to the rocksalt-type structure of InN. From the analysis of the evolution of the observed vibrational modes, the mode Grüneisen parameters of several optical phonons could be determined for both InN phases. First-principles calculations of the vibrational modes under pressure were also carried out and showed a good agreement with the experimental data.



Espectres de PL de l'aliatge InGaAsN amb concentració de 3 % de N. La figura mostra l'emissió de mostres crescudes en diferents orientacions cristal·lines. La corba puntejada està obtinguda excitant amb una potència del làser 10 vegades superior, cosa que evidencia efectes de fotoexcitació. (Autors: J. Ibáñez i altres, basat en Ibáñez et al., J. Crystal Growth, 2007).

Espectros de PL de la aleación InGaAsN con concentración de 3% de N. La figura muestra la emisión de muestras crecidas en distintas orientaciones cristalinas. La curva punteada está obtenida excitando con una potencia del láser 10 veces superior, lo que evidencia efectos de fotoexcitación. (Autores: J. Ibáñez y otros, basado en Ibáñez et al., J. Crystal Growth, 2007).

Photoluminescence spectra of the InGaAsN alloy with N concentration of 3%. The emission spectra of samples grown in different crystal orientations are shown. The dotted-line spectrum was obtained by exciting with a tenfold increase of the laser power to highlight photoexcitation effects. (Authors: J. Ibáñez and others, based on Ibáñez et al., J. Crystal Growth, 2007).



**Evolució de l'estructura cristal·lina de la forsterita sota pressió. (Autor: Jordi Ibáñez).**

Evolución de la estructura de la forsterita bajo presión. (Autor: Jordi Ibáñez).

Evolution of the forsterite structure under hydrostatic pressure. (Author: Jordi Ibáñez).

lid, la geofísica i fins i tot la microbiologia o la tecnologia d'aliments. Cal tenir present que la major part de la matèria en l'Univers es troba sotmesa a condicions extremes de pressió i temperatura. Així, per exemple, en el límit entre el mantell superior i inferior de la Terra, a uns 650 km de profunditat, la pressió és d'uns 24 GPa, i augmenta fins als 140 GPa a la regió més profunda del mantell inferior, just a la transició al nucli (a uns 2.600 km de profunditat). Així doncs, els experiments a altes pressions hidrostàtiques permeten reproduir les condicions extremes dels minerals a l'interior de la Terra.

La figura de la pàg. 180 mostra l'evolució sota pressió de l'estructura cristal·lina del silicat de magnesi forsterita ( $Mg_2SiO_4$ ). La figura mostra la seva estructura ortoròmbica a pressió ambient, mentre que al voltant de 15 GPa, a temperatura ambient, experimenta una transició de fase i adquireix una estructura de tipus espinel·la (ringwoodita). A pressions majors, ~ 23 GPa a altes temperatures, el mineral es dissocia en un compost amb estructura tipus perovskita ( $MgSiO_3$ ) i periclasi ( $MgO$ ). A pressions molt grans (~ 140 GPa), corresponents a la zona de transició entre el mantell i el nucli terrestre, té lloc la transició de fase perovskita a postperovskita. Les propietats bàsiques de tots aquests minerals en funció de la pressió i la temperatura determinen les propietats reològiques (viscositat, deformació, etc.) i de convecció del mantell terrestre.

Els experiments sota pressió permeten determinar paràmetres termodinàmics bàsics en els materials cristal·lins. Així, mitjançant DRX sota pressió es pot mesurar la compressibilitat isoterma i l'equació d'estat P-V dels materi-

punto los procesos de emisión banda a banda de las muestras están dominados por el desorden cristalino. En general, las muestras que emiten y absorben en longitudes de onda similares presentan alta cristalinidad, mientras que aquellas que lo hacen en longitudes de onda sensiblemente distintas presentan un desorden cristalino mucho mayor. Estas medidas ópticas amplían y complementan los estudios realizados mediante espectroscopia Raman en relación a la calidad cristalina y la incorporación de impurezas.

#### *Propiedades ópticas y vibracionales de la materia cristalina bajo altas presiones*

La aplicación de altas presiones hidrostáticas resulta una herramienta muy valiosa en campos tan diversos como la física y química del estado sólido, la geofísica e incluso la microbiología o la tecnología de alimentos. Hay que tener presente que la mayor parte de la materia en el Universo se encuentra sometida a condiciones extremas de presión y temperatura. Así por ejemplo, en el límite entre el manto superior e inferior de La Tierra, a unos 650 km de profundidad, la presión es de unos 24 GPa, y aumenta hasta los 140 GPa en la región más profunda del manto inferior, justo en la transición al núcleo (a unos 2.600 Km de profundidad). Así pues, los experimentos a altas presiones hidrostáticas permiten reproducir las condiciones extremas de los minerales en el interior de la tierra.

La figura pàg. 180 muestra la evolución bajo presión de la estructura cristalina del silicato de magnesio forsterita ( $Mg_2SiO_4$ ). La figura muestra su estructura ortorròmbica a presión ambiente, mientras que alrededor de 15 GPa, a temperatura ambiente, experimenta una transición de fase y adquire una estructura de tipo

als cristal·lins. Per la seva banda, la mesura mitjançant espectroscòpia Raman de la freqüència dels modes normals de vibració sota pressió permet determinar els paràmetres de Grüneisen dels modes, relacionats al seu torn amb altres paràmetres termodinàmics com la compressibilitat i la capacitat calorífica. Així mateix, els estudis sota pressió permeten determinar l'evolució de la seva estructura electrònica i de paràmetres físics com els potencials de deformació.

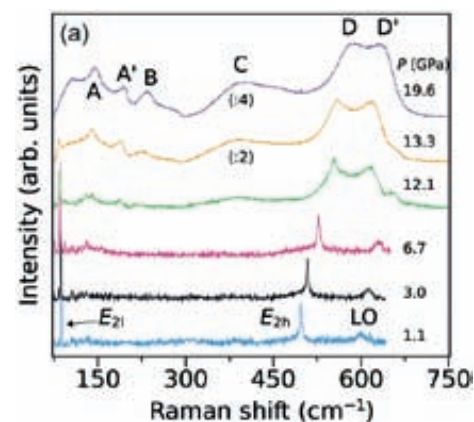
La determinació experimental de totes aquestes propietats és crucial no només per a la caracterització de materials cristal·lins, sinó que a més permet contrastar la validesa de prediccions basades en càlculs computacionals mecanicoquàntics de primers principis (*ab initio*).

La figura pàg. 182 mostra un exemple d'aplicació de la pressió hidrostàtica a l'estudi de les propietats vibracionals del InN, que té estructura de wurtzita a pressió ambient. A la figura s'observa com la freqüència dels fonons òptics  $E_{2h}$  i longitudinal òptic (LO) augmenta amb la pressió, a causa de l'enduriment de l'enllaç químic entre els ions de In i N. Per contra, s'observa un estovament del mode de baixa freqüència  $E_{2l}$ , que està relacionat amb la reestructuració de l'estructura cristal·lina per a la posterior transició a la fase rocksalt (tipus NaCl), que té lloc a pressions al voltant de 12 GPa. En efecte, la figura mostra com els espectres Raman adquirits a pressions superiors a 12 GPa presenten bandes amples que no apareixen en els espectres de InN fase wurtzita sinó que corresponen a InN de tipus rocksalt. Mitjançant una anàlisi de l'evolució dels diferents modes observats en les dues fases, l'estudi va permetre determi-

espinela (ringwoodita). A presiones mayores, ~23 GPa a altas temperaturas, el mineral se disocia en un compuesto con estructura tipo perovskita ( $MgSiO_3$ ) y periclasa (MgO). A presiones mucho mayores (~140 GPa), correspondientes a la zona de transición entre el manto y el núcleo terrestre, tiene lugar la transición de fase perovskita  $\rightarrow$  post-perovskita. Las propiedades básicas de todos estos minerales en función de la presión y la temperatura determinan las propiedades reológicas (viscosidad, deformación, etc.) y de convección del manto terrestre.

Las experiencias bajo presión permiten determinar parámetros termodinámicos básicos en los cristales. Así, mediante DRX bajo presión se puede medir la compresibilidad isoterma y la ecuación de estado P-V de los cristales. Por su parte, la medida mediante espectroscopia Raman de la frecuencia de los modos normales de vibración bajo presión permite determinar los parámetros de Grüneisen de los modos, relacionados a su vez con otros parámetros termodinámicos como la compresibilidad y la capacidad calorífica. Asimismo, los estudios bajo presión permiten determinar la evolución de su estructura electrónica y de parámetros físicos como los potenciales de deformación. La determinación experimental de todas estas propiedades es crucial no sólo para la caracterización de cristales, sino que además permite contrastar la validez de predicciones basadas en cálculos computacionales mecánico-cuánticos de primeros principios (*ab initio*).

La figura pág. 182 muestra un ejemplo de aplicación de la presión hidrostática al estudio de las propiedades vibracionales del InN, que tiene estructura wurtzita a presión ambiente. En la figura se observa como la frecuencia de los fonones



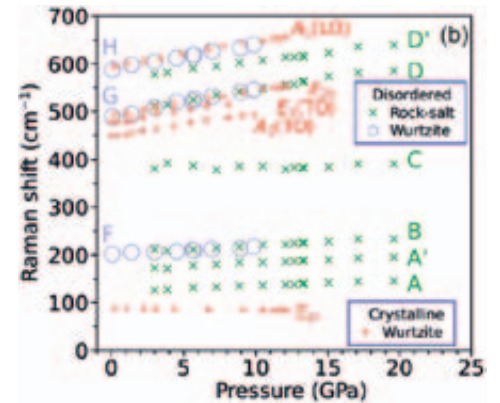
**Espectres Raman de InN en funció de la pressió hidrostàtica. Cap a 12 GPa comencen a aparèixer noves bandes que indiquen la transició de fase wurtzita a fase rocksalt. (Autors: J. Ibáñez i altres, basat en Ibáñez et al. Phys. Rev B, 2013).**

Espectros Raman de InN en función de la presión hidrostática. Hacia 12 GPa empiezan a aparecer nuevas bandas que indican la transición de fase wurtzita a fase rocksalt. (Autors: J. Ibáñez y otros, basado en Ibáñez et al. Phys. Rev B, 2013).

InN Raman spectra as a function of hydrostatic pressure. At around 12 GPa new bands emerge indicating the wurtzite to rocksalt phase transition. (Autors: J. Ibáñez and others, based on Ibáñez et al. Phys. Rev B, 2013).

nar el paràmetre de Grüneisen de diferents fonons òptics per a ambdues fases del InN. Els càlculs *ab initio* realitzats van demostrar una gran concordança amb les dades experimentals obtingudes.

óptics  $E_{2h}$  y longitudinal óptico (LO) aumenta con la presión, debido al endurecimiento del enlace químico entre los iones de In y N. Por contra, se observa un ablandamiento del modo de baja frecuencia  $E_{2l}$  que está relacionado con la reestructuración del cristal para su posterior transición a la fase rocksalt (tipo NaCl), que ocurre a presiones alrededor de 12 GPa. En efecto, la figura muestra como los espectros Raman adquiridos a presiones superiores a 12 GPa presentan bandas anchas que no aparecen en los espectros de InN fase wurtzita sino que corresponden a InN de tipo rocksalt. Mediante un análisis de la evolución de los diferentes modos observados en ambas fases, el estudio permitió determinar el parámetro de Grüneisen de distintos fonones ópticos para ambas fases del InN. Los cálculos *ab initio* realizados demostraron una gran concordança con los datos experimentales obtenidos.



**Gràfic en què es mostra la dependència amb la pressió de les freqüències dels modes del InN en fase wurtzita i en fase rocksalt. (Autors: J. Ibáñez i altres, basat en Ibáñez et al. Phys. Rev B, 2013).**

Gràfica en la que se muestra la dependencia con la presión de las frecuencias de los modos del InN en fase wurtzita y en fase rocksalt. (Autors: J. Ibáñez y otros, basado en Ibáñez et al. Phys. Rev B, 2013).

Plot of the pressure dependence of the InN vibrational-mode frequencies for the wurtzite-type and the rocksalt-type phases. (Autors: J. Ibáñez and others, based on Ibáñez et al. Phys. Rev B, 2013).



# CANVIS AMBIENTALS EN EL REGISTRE GEOLÒGIC

## CAMBIOS AMBIENTALES EN EL REGISTRO GEOLÓGICO

### ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE GEOLOGICAL RECORD

Santiago Giralt\*, Pere Anadón, Miriam Gómez-Paccard, Juan Cruz Larrasoaña, Elisabet Beamud, Jose Luis Fernández Turiel, Agustín Lobo, Rosa Utrilla, Antonio Vázquez

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*

#### ■ Introducció

Des de la creació de l'Institut Jaume Almera (IJA) l'any 1965 fins a començament dels anys 1970, la recerca sobre el registre sedimentari d'ambients recents i passats, i el seu marc climàtic estava estretament lligada a les càtedres universitàries de l'antiga Secció de Ciències Geològiques de la Universitat de Barcelona (UB) i les seccions germanes de l'IJA. Quasi no hi havia personal investigador del CSIC, malgrat que moltes de les tesis doctorals de la Secció de Ciències Geològiques d'aquell temps i dels anys 1970 es van fer gràcies a beques predoctorals del CSIC. L'arribada del Dr. Oriol Riba des de la Universitat de Saragossa l'any 1968 per ocupar la Càtedra d'Estratigrafia de la UB i la creació subseqüent de la Secció d'Estratigrafia i Sedimentologia del CSIC a l'IJA, va donar un nou impuls a aquest tipus d'estudis. Es van realitzar diverses tesis doctorals sobre Estratigrafia i Sedimentologia (Terciari de la conca de l'Ebre, Triàsic de Catalunya) i van començar els estudis de Geologia Marina amb la Tesi Doctoral d'Andrés Maldonado (1972), en part gràcies a una beca del CSIC.

La incorporació d'investigadors de plantilla (en l'escala de col·laboradors científics del CSIC) a l'IJA al llarg dels anys 1970 va donar

#### ■ Introducción

Desde la fundación del Instituto Jaume Almera (IJA) en el año 1965 hasta inicios de los años 70, la investigación sobre el registro sedimentario de ambientes recientes y pasados y su marco climático estaba estrechamente ligado a las cátedras universitarias de la antigua Sección de Ciencias Geológicas de la Universitat de Barcelona (UB) y a las secciones hermanas del IJA. Casi no había personal investigador del CSIC, a pesar que muchas de las tesis doctorales de la sección de Ciencias Geológicas de aquel tiempo y de los años 70 se realizaron gracias a becas predoctorales del CSIC. La llegada del Dr. Oriol Riba desde la Universidad de Zaragoza en el año 1968 para ocupar la cátedra de Estratigrafía de la UB y la subsecuente creación de la sección de Estratigrafía y Sedimentología del CSIC en el IJA dieron un nuevo impulso a este tipo de estudios. Se realizaron varias Tesis Doctorales sobre Estratigrafía y Sedimentología (Terciario de la cuenca del Ebro, Triásico de Catalunya) y se iniciaron los estudios en Geología Marina con la Tesis Doctoral de Andrés Maldonado (1972), en parte gracias a una beca del CSIC.

La incorporación de investigadores de plantilla (en la escala de colaboradores científicos del

#### ■ Introduction

Since the establishment of the Institut Jaume Almera (IJA) in 1965 until the beginning of the 1970s, research on the sedimentary record of recent and past environments and their climate framework was closely linked to the university chairs of the old section of Geological Sciences of the University of Barcelona (UB) and the relevant sections of the IJA. There was virtually no research staff of the CSIC, although numerous theses of the Geological Sciences Section at that time and the 1970s were produced, thanks to the CSIC doctoral scholarships. The arrival of Dr Oriol Riba, from the Zaragoza University in 1968 to manage the chair of Stratigraphy in the UB, and the consequent creation of a section of Stratigraphy and Sedimentology of the CSIC at the IJA, gave new impetus to this type of study. Several PhD theses on Stratigraphy and Sedimentology (Tertiary of the Ebro Basin, Triassic of Catalonia) were realized and Marine Geology studies started with the PhD of Andrés Maldonado (1972), accomplished in part with a CSIC grant.

The incorporation of staff investigators (CSIC scientific collaborators) in the IJA throughout the 1970s gave a major boost to studies about the sedimentological record of paleoenviron-

un bon impuls als estudis sobre el registre sedimentològic dels paleoambients: Salvador Reguant (1970-1972), Antoni Obrador (1972-1974), Mateu Esteban (1972-1983), Andrés Maldonado (1974-1986), Isabel Zamarreño (1977-1996), Ramón Julià (1979-2015) i Pere Anadón (1981). Amb les tesis doctorals i altres treballs, els investigadors comencen l'estudi detallat de les fàcies sedimentàries com a registres dels ambients moderns i del passat. En particular, a través de la recerca en diversos tòpics, per exemple, els registres carbonatats moderns i del passat, amb especial èmfasi a les algues (I. Zamarreño), la reconstrucció dels esculls messinians del Mediterrani i les característiques dels carbonats formats en exposició subaèria i al carst (M. Esteban), les fàcies sedimentàries al Miocè marí de Menorca (A. Obrador), el registre climàtic en els dipòsits carbonatats recents lacustres o terrestres (R. Julià) i els dipòsits lacustres i al·luvials terciaris de la conca de l'Ebre i de la Serralada Ibèrica (P. Anadón).

La Tesi Doctoral d'A. Maldonado (1972) inicia els estudis de Geologia Marina a l'IJA, els quals s'intensifiquen amb la seva incorporació com a col·laborador científic del CSIC (1974) i amb la creació de la Unitat de Geologia Marina i Regional (1979) i la Unitat de Geologia Marina (1982). Després de la transferència de la Unitat a l'Institut de Ciències del Mar (ICM, 1986), I. Zamarreño i A. Vázquez van romandre a l'IJA treballant en sediments carbonatats d'ambients marins del Neogen i del Quaternari.

L'actual Grup de Recerca Canvis Ambientals en el Registre Geològic va ser oficialment reconegut el 2010 i avui en dia està format per 7 investigadors permanents, 1 científic contrac-

CSIC) al IJA a lo largo de los años 70 dio un buen impulso a los estudios sobre el registro sedimentológico de los paleoambientes: Salvador Reguant (1970-1972), Antoni Obrador (1972-1974), Mateu Esteban (1972-1983), Andrés Maldonado (1974-1986), Isabel Zamarreño (1977-1996), Ramón Julià (1979-2015) y Pere Anadón (1981). Con estas tesis doctorales y los trabajos posteriores, los investigadores empiezan el estudio detallado de las facies sedimentarias como registros de los ambientes modernos y del pasado. En particular, a través de la investigación en varios tópicos, como por ejemplo los registros carbonatados modernos y antiguos, con especial énfasis en las algas (I. Zamarreño), la reconstrucción de los arrecifes mesinienses del Mediterráneo y las características de los carbonatos formados bajo exposición subaérea y de karst (M. Esteban), las facies sedimentarias en el Mioceno marino de Menorca (A. Obrador), el registro climático en los depósitos carbonatados recientes lacustres o terrestres (R. Julià) y los depósitos lacustres y aluviales terciarios de la cuenca del Ebro y del Sistema Ibérico (P. Anadón).

La Tesis Doctoral de A. Maldonado (1972) inicia los estudios de Geología Marina en el IJA, los cuales se intensifican con su incorporación como colaborador científico del CSIC (1974) y la creación de la Unidad de Geología Marina y Regional (1979) y la Unidad de Geología Marina (1982). Después de la transferencia de dicha unidad al ICM (1986), I. Zamarreño y A. Vázquez permanecieron en el IJA trabajando en sedimentos carbonatados de ambientes marinos del Neógeno y del Cuaternario.

El actual Grupo de Investigación de Cambios Ambientales en el Registro Geológico fue ofi-

ments: Salvador Reguant (1970-1972), Antoni Obrador (1972-1974), Mateu Esteban (1972-1983), Andrés Maldonado (1974-1986), Isabel Zamarreño (1977-1996), Ramón Julià (1979-2015) and Pere Anadón (1981). In the theses and subsequent works, the researchers begin the detailed study of sedimentary facies as records of modern and past environment features. In particular through research on diverse topics i.e., carbonates from the modern and fossil records, especially algae (I. Zamarreño), the reconstruction of the Mediterranean Messinian reefs and characteristics of carbonates formed from subaerial exposures and karst (M. Esteban), the sedimentary facies of the marine Miocene from Menorca (A. Obrador), the climate record in recent lacustrine or terrestrial carbonate deposits (R. Julià) and on the Tertiary alluvial and lacustrine deposits of the Ebro Basin and the Iberian Range (P. Anadón).

The PhD thesis of A. Maldonado (1972) initiates the study of Marine Geology at the IJA, which intensified after its incorporation as a collaborator of the CSIC (1974) and the creation of the Regional and Marine Geology Unit (1979) and the Marine Geology Unit (1982). After the transfer of the unit to the Instituto de Ciencias del Mar (ICM, 1986), I. Zamarreño and A. Vázquez remained in the IJA, working on carbonate sediments of Neogene and Quaternary marine environments.

The present Research Group Environmental Changes in the Geological Record was officially consecrated in 2010 and nowadays constitutes 7 permanent scientific researchers, one contract scientist and 2 PhD students. At present, 5 research topics have been developed at the Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA)

tat i 2 estudiants de doctorat. A l'actualitat es desenvolupen 5 línies de recerca que es descriuen a continuació. Totes aquestes línies de recerca tenen en comú la caracterització geològica de la cobertura sedimentària de la Terra i el registre dels canvis climàtics que hi són presents.

#### **Les propietats magnètiques de les roques: aplicacions paleoambientals i geocronològiques**

Hi ha dos aspectes crítics quan s'estudien els canvis paleoambientals registrats en seqüències sedimentàries que són: *a)* l'establiment de models d'edat d'alta resolució i *b)* el desenvolupament de paràmetres per als diferents processos ambientals. Les tècniques paleomagnètiques ofereixen una eina addicional per datar seqüències sedimentàries a través del reconeixement dels canvis del camp geomagnètic registrats en els sediments i per identificar la variabilitat paleoambiental a través del seu impacte en el tipus, concentració i mida de gra dels minerals magnètics, els quals són ubics en la majoria de sediments i roques sedimentàries.

El camp magnètic de la Terra es pot descriure com generat per un imant gegantí situat en el seu centre, i que forma un lleuger angle (aprox. 11°) amb el seu eix de rotació. Aquest camp magnètic està generat pel moviment convectiu de mesclades de ferro fos al nucli extern de la Terra, del qual varien en el temps tant les propietats direccionals com les d'intensitat. El caràcter aleatori d'aquestes variacions és el que dona al paleomagnetisme el potencial geocronològic. Totes les aplicacions de datació del paleomagnetisme es basen en el reconeixement dels canvis del camp magnètic de

cialment reconegut en 2010 y en la actualidad está formado por 7 investigadores permanentes, 1 científico contratado y 2 estudiantes de doctorado. En la actualidad se desarrollan 5 temas de investigación que describen a continuación. Todos estos temas de investigación tienen en común la caracterización geológica de la cobertura sedimentaria de la Tierra y su registro de los cambios ambientales y climáticos presentes en ella.

#### **Las propiedades magnéticas de las rocas: aplicaciones paleoambientales y geocronológicas**

Hay dos aspectos críticos cuando se estudian los cambios paleoambientales registrados en secuencias sedimentarias que son: *a)* el establecimiento de modelos de edad de alta resolución y *b)* el desarrollo de parámetros para los diferentes procesos ambientales. Las técnicas paleomagnéticas ofrecen una herramienta adicional para datar secuencias sedimentarias a través del reconocimiento de los cambios del campo geomagnético registrados en los sedimentos y para identificar la variabilidad paleoambiental a través de su impacto en el tipo, concentración y tamaño de grano de los minerales magnéticos, los cuales son ubicuos en la mayoría de sedimentos y rocas sedimentarias.

El campo magnético de la Tierra se puede describir como generado por un imán gigantesco situado en su centro y formando un ligero ángulo (aprox. 11°) con su eje de rotación. Este campo magnético está generado por el movimiento convectivo de mezclas de hierro fundido del núcleo exterior de la Tierra, de las cuales varían en el tiempo tanto sus propiedades direccionales como de intensidad. El carácter aleatorio

and are described below. All these research topics have in common the geological characterization of the sedimentary cover of the Earth and the record of climate changes within it.

#### **The magnetic properties of rocks: geochronological and paleoenvironmental applications**

Two critical issues faced when studying paleoenvironmental changes recorded in sedimentary sequences are *a)* the establishment of high-resolution age models and *b)* the development of proxies for different environmental processes. Paleomagnetic techniques offer an additional tool for dating sedimentary sequences through the recognition of geomagnetic field changes as recorded in sediments, and for identifying paleoenvironmental variability through its impact in the type, concentration and grain size of magnetic minerals, which are ubiquitous in most sediments and sedimentary rocks.

The Earth's magnetic field can be described as being generated by a giant bar magnet located at the center of the Earth tilted at a small angle (~11°) with respect to its rotation axis. This magnetic field is generated by convective fluid motion of molten iron alloys in the Earth's outer core, and varies over time both in intensity and in directional properties. It is the random character of these variations that gives paleomagnetism its geochronological potential. All dating applications of paleomagnetism are based on the recognition of changes of the Earth's magnetic field, which are recorded by magnetic minerals that act as minute fossil compasses within sediments, and their correlation to a reference pattern of change.

Paleomagnetism is part of the toolkit that is used to date continental sequences of Holocene age,



**Vista general del complex de producció de ceràmica d'illa Fradera pertanyent a la ciutat romana de Baetulo (l'actual Badalona), el qual ha contribuït al desenvolupament de la corba de variacions seculars del camp magnètic de la Península Ibèrica. (Autora: Miriam Gómez-Paccard).**

Vista general del complejo de producción de cerámica de la isla Fradera perteneciente a la ciudad romana de Baetulo (la actual Badalona), que ha contribuido en el desarrollo de la curva de variaciones seculares de la Península Ibérica [Autora: Miriam Gómez-Paccard].

General view of the Illa Fradera pottery production complex from the Roman city of Baetulo (present-day Badalona), which has contributed to development of the secular variation curve for the Iberian Peninsula [Author: Miriam Gómez-Paccard].

la Terra, els quals són registrats pels minerals magnètics que actuen com a brúixoles minúscules dins dels sediments, i la seva correlació amb patrons de canvi de referència.

El paleomagnetisme és part del conjunt d'eines que s'utilitzen per datar seqüències continentals holocenes, a partir del reconeixement en els sediments dels canvis en la declinació, inclinació i intensitat del camp magnètic terrestre que resulta de la deriva aleatòria (a escala de centenars d'anys) dels seus pols magnètics al voltant dels pols geogràfics (per exemple,

de estas variaciones es lo que da al paleomagnetismo su potencial geocronológico. Todas las aplicaciones de datación del paleomagnetismo se basan en el reconocimiento de los cambios del campo magnético de la Tierra, los cuales son registrados por los minerales magnéticos que actúan como minúsculas brújulas dentro de los sedimentos, y su correlación con patrones de cambio de referencia.

El paleomagnetismo es parte del conjunto de herramientas que se utilizan para datar secuencias continentales holocenas, la cual se realiza

which is performed by recognizing in the sediments the changes in the declination, inclination and intensity of the Earth's magnetic field that result from the random (over centennial time-scales) wandering of its magnetic poles around the geographic poles (e.g., geomagnetic secular variations). One of the main challenges faced by the geochronological application of secular variations is the establishment of well resolved local reference curves that can account for the regional variability of the Earth's magnetic field (i.e. the variability not related to its dipolar gi-

les variacions seculars geomagnètiques). Un dels principals reptes que afronta l'aplicació geocronològica de les variacions seculars és l'establiment de corbes de referència locals ben resoltes que puguin indicar la variabilitat regional del camp magnètic de la Terra (per exemple, la variabilitat no lligada al gegant imant dipolar). Les seqüències sedimentàries datades mitjançant aquesta tècnica inclouen registres sedimentaris lacustres i al·luvials de la Península Ibèrica i d'Àsia. A causa de les possibles incerteses, associades amb la precisió amb què els minerals magnètics registren el camp magnètic terrestre a la velocitat requerida, la datació mitjançant els canvis de variació secular sempre es combina amb altres mètodes de datació, com el radiocarboni o la luminescència. A més dels sediments, també es pot datar material arqueològic cremat, com ara forns i xemeneies, perquè també contenen minerals magnètics que registren la direcció i intensitat del camp magnètic terrestre del moment en què es van refredar. Per afinar la corba de referència de variació secular de la Península Ibèrica, els investigadors de l'ICTJA utilitzen material arqueològic cremat ben datat per mètodes independents i seqüències sedimentàries. A més d'això, l'establiment de les corbes de variació paleosecular és fonamental per incrementar el nostre coneixement sobre les característiques fonamentals del vector complet del camp magnètic de la Terra. Per exemple, un estudi arqueomagnètic recent portat a terme pels investigadors de l'ICTJA demostra que, en la història recent del camp magnètic terrestre, han succeït canvis d'intensitat molt ràpids (d'almenys  $20 \mu\text{T}/\text{segle}$ ). Aquesta taxa de canvi és molt més elevada del que es creia. La comparació entre les corbes

a partir del reconocimiento en los sedimentos de los cambios en la declinación, inclinación e intensidad del campo magnético terrestre que resulta de la deriva aleatoria (a escala de centenares de años) de sus polos magnéticos alrededor de los polos geográficos (por ejemplo, las variaciones seculares geomagnéticas). Uno de los principales retos a los que se enfrenta la aplicación geocronológica de las variaciones seculares es el establecimiento de curvas de referencia locales bien resueltas que puedan indicar la variabilidad regional del campo magnético de la Tierra (por ejemplo, la variabilidad no ligada al gigantesco imán dipolar). Las secuencias sedimentarias datadas mediante esta técnica incluyen registros sedimentarios lacustres y aluviales de la Península Ibérica y de Asia. Debido a las posibles incertidumbres, asociadas con la precisión con que los minerales magnéticos registran el campo magnético terrestre a la velocidad requerida, la datación mediante los cambios de variación secular siempre se combina con otros métodos de datación como el radiocarbono o la luminescencia. Además de los sedimentos, también se pueden datar material arqueológico quemado, como kilns y hearths, porque también contienen minerales magnéticos que registran la dirección e intensidad del campo magnético terrestre del momento en que se enfriaron. Para afinar la curva de referencia de variación secular de la Península Ibérica, los investigadores del ICTJA utilizaron material arqueológico quemado, bien datado por métodos independientes, y secuencias sedimentarias. Además, el establecimiento de las curvas de variación paleosecular es fundamental para incrementar nuestro conocimiento sobre las características fundamentales del vector completo del campo

ant magnet). Sedimentary sequences dated by this technique include Holocene lacustrine and alluvial sedimentary sequences from Spain and Asia. Due to potential uncertainties associated with the accuracy of magnetic minerals in recording the Earth's magnetic field at the required speed, dating through secular variation changes must always be combined with other dating tools such as radiocarbon or luminescence methods. In addition to sediments, archeological-burnt material (such as kilns and hearths) can be also dated because they also contain magnetic minerals that record the direction and intensity of the Earth's magnetic field at the time they cooled. For refining the reference secular variation curve for the Iberian Peninsula, researchers at the ICTJA use independently dated archeological-burnt material and sedimentary sequences. Besides this, the establishment of paleosecular variation curves is essential to increase our knowledge of the fundamental characteristics of the full-vector Earth's magnetic field. For example, a recent archeomagnetic study carried out by the ICTJA researchers demonstrates that very rapid intensity changes (of at least  $20 \mu\text{T}$  per century) took place in Europe in the recent history of the Earth's magnetic field. This rate of change is much greater than previously believed. The comparison between regional paleosecular variation curves provides new insights about the dipolar or non-dipolar origin of the different observed geomagnetic field features.

At longer timescales, variations of the Earth's magnetic field that are of interest in geochronology correspond to periods at which the position of the bar magnet centered in the Earth's core

regionals de variacions paleoseculars aporta noves idees sobre l'origen dipolar o no dipolar de les diferents característiques del camp geomagnètic observat. A escales de temps més llargues, les variacions del camp magnètic de la Terra que són interessants per a la geocronologia corresponen a períodes on la posició de l'imant magnètic centrat en el nucli terrestre canvia la polaritat de manera que els pols magnètics nord i sud intercanvien les posicions. Els canvis de polaritat magnètica poden observar-se com a instantanis i sincrònics a escala global quan es comparen amb la duració (de centenars de milers a milions d'anys) dels períodes d'estabilitat de la polaritat (anomenats crons). La combinació d'anomalies magnètiques dels registres marins amb dades paleomagnètiques de successions sedimentàries terrestres a escala mundial ha permès la construcció detallada d'un patró de "codi de barres" d'interval de polaritat que va fins al Paleozoic antic i que es coneix com a "escala temporal de polaritat geomagnètica" (GPTS, de la denominació en anglès). La identificació dels intervals de polaritat en els registres sedimentaris permet la datació de successions sedimentàries a partir de la identificació del patró d'interval de polaritat amb porcions del "codi de barres" intrínsecament distintius. La magnetostratigrafia ha esdevingut una de les eines més àmpliament emprades per situar els registres marins i continentals en una escala temporal comuna. Per contra, la magnetostratigrafia només pot aplicar-se de forma fiable a seqüències sedimentàries més o menys contínues i potents on hi hagi disponible un control temporal bàsic, ja que d'una altra forma la correlació dels canvis de polaritat amb porcions úniques del "codi de barres" pot ser errònia.

magnético de la Tierra. Por ejemplo, un estudio arqueomagnético reciente llevado a cabo por los investigadores del ICTJA demuestra que, en la historia reciente del campo magnético terrestre, sucedieron cambios de intensidad muy rápidos (de al menos 20  $\mu\text{T}/\text{siglo}$ ). Esta tasa de cambio es mucho más elevada de lo que se creía. La comparación entre las curvas regionales de variaciones paleoseculares aporta nuevas ideas sobre el origen dipolar o no-dipolar de las diferentes características del campo geomagnético observado. A escalas de tiempo más largas, las variaciones del campo magnético de la Tierra que son interesantes para la geocronología, corresponden a periodos donde la posición del imán magnético centrado en el núcleo terrestre cambia su polaridad de tal forma que los polos magnéticos norte y sur intercambian sus posiciones. Los cambios de polaridad magnética pueden considerarse como instantáneos y sincrónicos a nivel global cuando se comparan con la duración (de centenares de miles a millones de años) de los periodos de estabilidad de la polaridad (llamados crones). La combinación de las anomalías magnéticas de registros marinos con datos paleomagnéticos de las sucesiones sedimentarias terrestres a escala mundial ha permitido la construcción detallada de un patrón de "código de barras" de intervalos de polaridad que va hasta el Paleozoico antiguo y que se conoce como "escala temporal de polaridad geomagnética" (GPTS, en inglés). La identificación de los intervalos de polaridad en los registros sedimentarios permite la datación de sucesiones sedimentarias a partir de la identificación del patrón de intervalos de polaridad con porciones del "código de barras" intrínsecamente distintivos. La magnetoestratigrafía se ha convertido en una

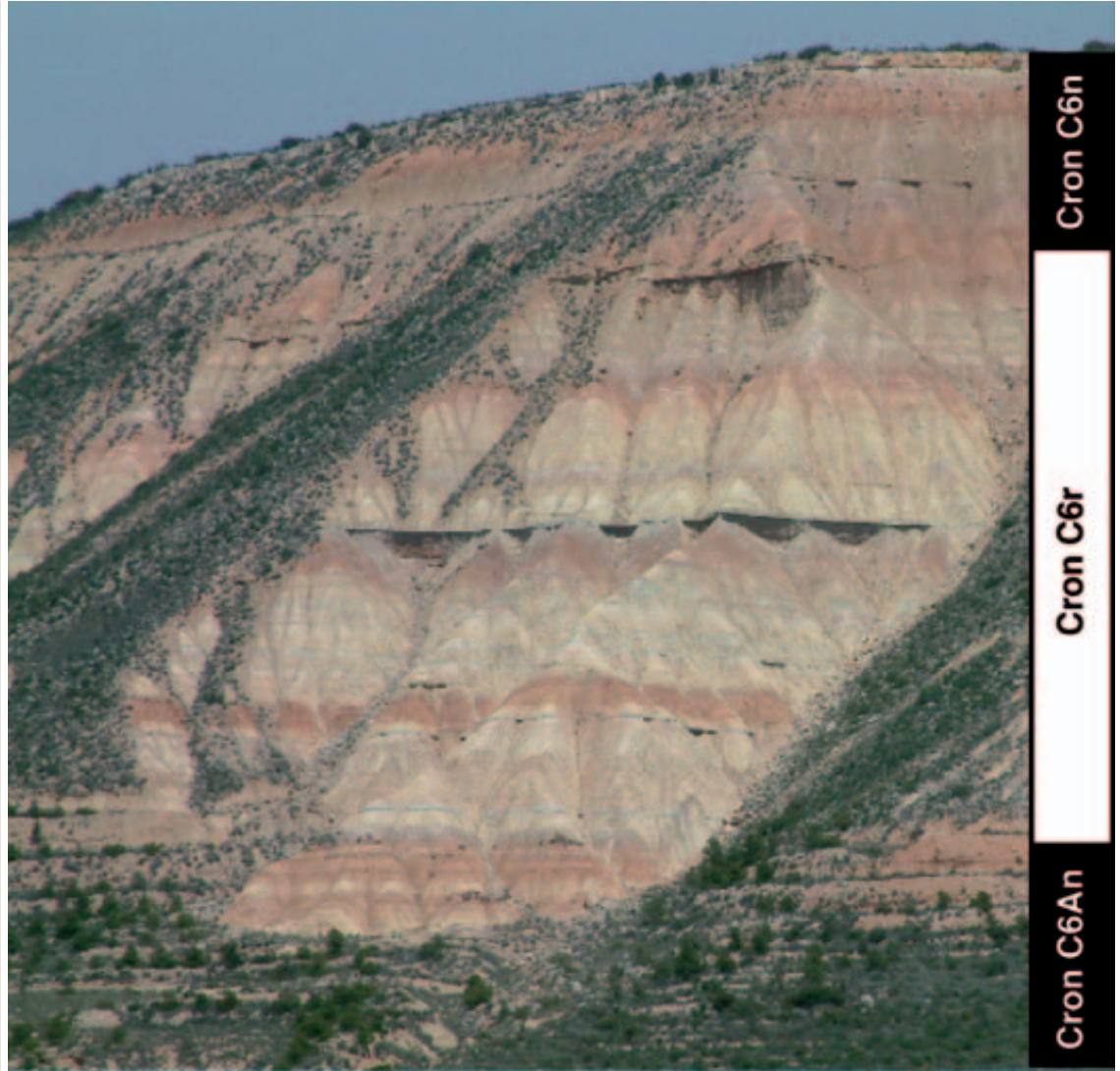
flips its polarity, so that the north and south magnetic poles exchange their positions. Polarity changes can be regarded as instantaneous and globally synchronous compared to the duration (i.e. hundreds of thousands to millions of years) of intervening periods of stable polarity (termed chrons). The combination of marine magnetic anomalies with paleomagnetic data of terrestrial sedimentary successions worldwide has enabled detailed construction of a "bar code" pattern of polarity intervals that goes back to Late Paleozoic times, and is called the "geomagnetic polarity timescale" (or GPTS). Identification of polarity intervals in sedimentary sequences enables the dating of sedimentary successions by matching the pattern of polarity intervals to distinctively unique portions of the "bar code". Magnetostratigraphy has become the most widely used tool to place the marine and continental record within a common timescale. Unfortunately, magnetostratigraphy can only be reliably applied to thick and laterally continuous sedimentary sequences for which a basic age control is available, otherwise the correlation of polarity changes to unique portions of the "bar code" can be misleading.

The Paleomagnetism Group at the ICTJA has a solid expertise in applying magnetostratigraphic techniques to date both marine and continental sedimentary sequences from locations as diverse as Iran, China, Italy or the Iberian Peninsula, and with ages ranging from Cretaceous to Quaternary. Especially relevant is the dating of Neogene and Quaternary continental sediments from the Zagros folded belt (Iran) and the south Pyrenean, Ebro and Guadalquivir basins (Spain), where the paucity of fossils had prevented development of high-resolution age

**Vista general de la secció del Miocè inferior de Peñarroya (Bárdenas Reales de Navarra, N Espanya), la qual mostra una evident ciclicitat lligada a variacions astronòmiques. El registre paleomagnètic va permetre datar aquesta seqüència entre els crons C6An (aprox. 21 Ma) i C6n (aprox. 19.5 Ma). (Autor: Juan Cruz Larrasoaña).**

Vista general de la secció del Mioceno inferior de Peñarroya (Bárdenas Reales de Navarra, N España), mostrando una evidente ciclicidad ligada a variaciones astronómicas. El registro paleomagnético permitió datar esta secuencia entre los crones C6An (aprox. 21 Ma) y C6n (aprox. 19.5 Ma). (Autor: Juan Cruz Larrasoaña).

General view of the Early Miocene Peñarroya section (Bardenas Reales de Navarra, N Spain), which displays a clear sedimentary cyclicity linked to astronomical variations. The paleomagnetic record allowed to date this sequence between crons C6An (ca. 21 Ma) and C6n (ca. 19.5 Ma). (Author: Juan Cruz Larrasoaña).



**El Grup de Recerca de Paleomagnetisme de l'ICTJA té una sòlida experiència en aplicar tècniques magnetostratigràfiques per datar tant seqüències sedimentàries marines com continentals de localitats tant diverses com l'Iran, la Xina, Itàlia o la Península Ibèrica, amb edats que abasten des del Cretaci al Quaternari. És de remarcar la datació dels sediments continentals neògens i quaternaris del cinturó de plegaments de Zagros (Iran), del sud dels Pirineus i de les conques de l'Ebre i del Guadalquivir (Espanya), on la manca de fòssils**

de las herramientas más ampliamente usadas para situar los registros marinos y continentales en una escala temporal común. Por contra, la magnetoestratigrafía sólo puede aplicarse de forma fiable a secuencias sedimentarias más o menos continuas y potentes donde haya disponible un control temporal básico, ya que, de otra forma, la correlación de los cambios de polaridad con porciones únicas del "código de barras" puede ser erróneo.

El Grupo de Paleomagnetismo del ICTJA tiene una sólida experiencia en aplicar técnicas

models suited to unravelling the rate of processes such as tectonic deformation, sedimentation, basin evolution, or climatic and biotic change.

Magnetic minerals are very sensitive to physico-chemical conditions prevailing during sedimentation and, therefore, can be used as paleoenvironmental proxies. These so-called environmental magnetic proxies are best applied in combination with other proxies, which enables the unraveling of the impact of climate variability based on different physical, chemical or biological processes that affect sediment

havia dificultat el desenvolupament de models d'edat d'alta resolució que permetessin aportar llum sobre processos rellevants, com ara la deformació tectònica, la sedimentació, l'evolució de la conca o els canvis biòtics i climàtics.

Els minerals magnètics són molt sensibles a les condicions fisicoquímiques predominants durant la sedimentació i, per tant, es poden emprar com a paràmetres paleoambientals. Els anomenats paràmetres de magnetisme ambiental tenen una millor aplicació quan es combinen amb altres paràmetres, cosa que permet desxifrar l'impacte de la variabilitat climàtica basada en diferents processos físics, químics o biològics que afecten la producció de sediment i la seva acumulació. El Grup de Paleomagnetisme de l'ICTJA té una llarga experiència en aquest camp. El Grup ha contribuït a posar en evidència la variabilitat climàtica registrada en sediments marins i continentals situats entre el Miocè i l'Holocè. Un exemple representatiu prové del llac de Sanabria (nord-oest d'Espanya), el llac d'origen glacial més gran de la Península Ibèrica. La combinació de paràmetres de magnetisme ambiental, biològics i geoquímics d'un testimoni de sediment del llac de Sanabria indica que la sedimentació en el llac per al període situat entre 26.000 i 13.000 anys abans de l'actualitat la va controlar l'erosió de la farina glacial en un moment on hi havia glacialisme a la conca. El canvi abrupte en les propietats magnètiques i en els altres paràmetres entre 13.000 i 12.600 anys abans d'ara reflecteix la retirada extremament ràpida de les glaceres de la conca, fet que va donar pas a la sedimentació controlada per l'escolament superficial fluvial. Altres estu-

magnetoestratigràfics para datar tanto secuencias sedimentarias marinas como continentales de localidades tan diversas como Irán, China, Italia o la Península Ibérica, con edades que abarcan desde el Cretácico al Cuaternario. Cabe remarcar la datación de los sedimentos continentales Neógenos y Cuaternarios del cinturón de plegamientos de Zagros (Irán), del sur de los Pirineos y de las cuencas del Ebro y del Guadalquivir (España), donde la falta de fósiles había dificultado el desarrollo de modelos de edad de alta resolución que permitiesen arrojar luz sobre los procesos relevantes, como la deformación tectónica, la sedimentación, la evolución de la cuenca o los cambios bióticos y climáticos.

Los minerales magnéticos son muy sensibles a las condiciones físico-químicas predominantes durante la sedimentación y, por tanto, se pueden utilizar como parámetros paleoambientales. Los llamados parámetros de magnetismo ambiental tienen una mejor aplicación cuando se combinan con otros parámetros, lo que permite descifrar el impacto de la variabilidad climática basada en diferentes procesos físicos, químicos o biológicos que afectan a la producción de sedimento y su acumulación. El Grupo de Paleomagnetismo del ICTJA tiene una larga experiencia en este campo. El Grupo ha contribuido a poner en evidencia la variabilidad climática registrada en sedimentos marinos y continentales situados entre el Mioceno y el Holoceno. Un ejemplo representativo proviene del lago de Sanabria (NO España), el cual es el lago de origen glacial más grande de la Península Ibérica. La combinación de parámetros de magnetismo ambiental, biológicos y geoquímicos de un testigo de sedimento del

production and accumulation. The Paleomagnetism Group at the ICTJA has extensive experience in this field. The Group has contributed to disentangling climate variability as recorded in marine and continental sediments ranging between Miocene and Holocene in age. A representative example comes from Lake Sanabria (NW Spain), which is the largest lake of glacial origin in the Iberian Peninsula. The combination of environmental magnetic, biological and geochemical proxies to a sediment core recovered from Lake Sanabria indicates the erosion of glacial flour-controlled sedimentation in the lake between 26,000 and 13,000 years ago at a time when the whole catchment was glaciated. The sharp change in magnetic properties and other proxies observed between 13,000 and 12,600 years ago reflects the extremely rapid retreat of glaciers in the catchment, which then gave way to a sedimentation driven by fluvial runoff. Other representative studies involve the identification, based on magnetic properties, of sedimentary cycles associated with climatic variations driven by changes in the Earth's orbit. Since the tempo of these variations is precisely known from astronomical solutions, such sedimentary cyclicity provides an exceptional opportunity to provide high-resolution age models in which climate variability and other processes can be accurately framed and assessed.

#### **Remote imagery characterization of the Earth surface processes**

Remote sensing, which consists of observing objects through sensors from a distance, has been used in Earth Sciences since the times of photo-interpretation of aerial photography and, thus, the transition towards images provided by more sophisticated instruments and





**Vista general del llac de Sanabria (Zamora, NO Espanya) on s'han caracteritzat les propietats magnètiques dels seus sediments a alta resolució. (Autor: Santiago Giralt).**

Vista general del lago de Sanabria (Zamora, NO España) donde se han caracterizado las propiedades magnéticas de sus sedimentos a alta resolución. (Autor: Santiago Giralt).

General view of Lake Sanabria (Zamora, NW Spain) where high-resolution magnetic sediment properties were characterized. (Author: Santiago Giralt).

dis representatius impliquen la identificació, basada en propietats magnètiques, de cicles sedimentaris associats amb variacions climàtiques controlades per canvis en l'òrbita de la Terra. Com que el patró temporal d'aquestes variacions es coneix de forma detallada per solucions astronòmiques, aquesta ciclicitat sedimentària dóna una oportunitat excepcional per establir models d'edat d'alta resolució que permeten acotar i estudiar amb detall la variabilitat climàtica i altres processos associats.

#### **Caracterització dels processos superficials de la Terra mitjançant imatges remotes**

La teledetecció, la qual consisteix a observar objectes mitjançant sensors distants, s'ha emprat en Ciències de la Terra des del temps de la fotointerpretació de la fotografia aèria i, per tant, la transició cap a imatges captades per instruments i plataformes més sofisticades va ser el més natural en aquest camp. Mentre que la teledetecció va començar utilitzant avions com a plataformes, i encara es fan servir per a fotografia aèria i per a instruments sofisticats, l'ús dels satèl·lits va accelerar la utilització de la teledetecció i va esperonar el desenvolupament d'aplicacions. Els satèl·lits van ser la plataforma habitual per a l'observació de la Terra

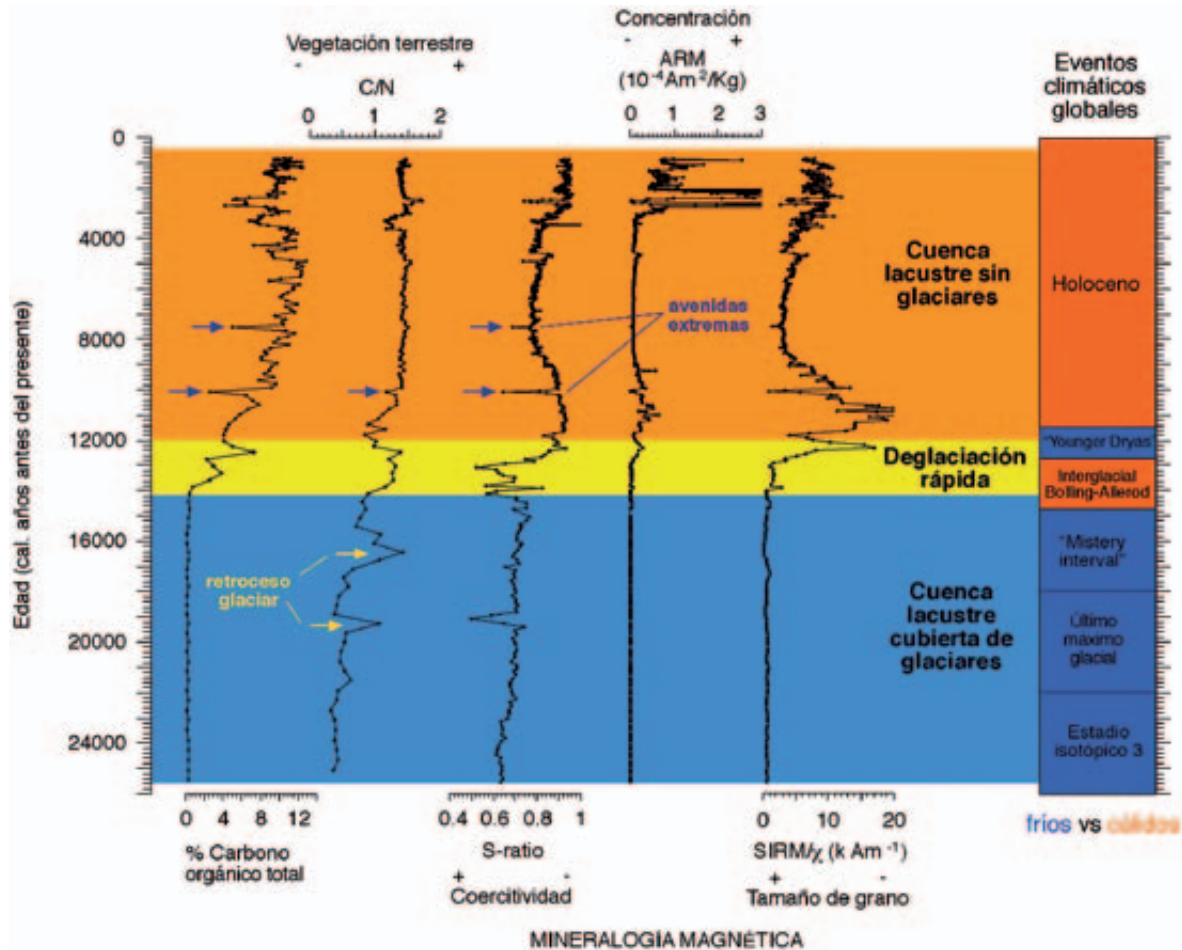
lago de Sanabria indica que la sedimentación en el lago para el periodo situado entre los 26.000 y los 13.000 años antes de la actualidad estuvo controlada por la erosión de la harina glacial en un momento en que toda la cuenca estaba glaciada. El cambio abrupto en las propiedades magnéticas y de los otros parámetros entre los 13.000 y los 12.600 años antes de la actualidad refleja la retirada extremadamente rápida de los glaciares de la cuenca, lo que dió paso a la sedimentación controlada por la escorrentía superficial fluvial. Otros trabajos representativos implican la identificación, basada en propiedades magnéticas, de ciclos sedimentarios asociados con variaciones climáticas controladas por cambios en la órbita de la Tierra. Como el patrón temporal de estas variaciones se conoce de forma detallada por soluciones astronómicas, esta ciclicitad sedimentaria ofrece una oportunidad excepcional para establecer modelos de edad de alta resolución que permitan acotar y estudiar con detalle la variabilidad climática y otros procesos asociados.

#### **Caracterización de los procesos superficiales de la Tierra mediante imágenes remotas**

La teledetección, que consiste en observar

platforms was a natural one in this field. While remote sensing started using airplanes as platforms (and they still are common for both aerial photography and sophisticated instruments), satellites greatly accelerated the use of remote sensing and fueled the development of its applications. Satellites became a common platform for Earth Observation with the Landsat and National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA-AVHRR) programs in 1972 and 1978 respectively. Images provided by these instruments, which actually were the only relatively common source of digital images at that time, rapidly spread among scientists of all fields related to the study of the Earth surface, and were used in the IJA since the pioneering work of Lluís Solé Sugrañes.

The success of satellite imagery has been so great and the space missions so many that it is nowadays difficult to select among Earth Observation satellites without resorting from a database such as <http://database.eohandbook.com/>. One reason of this success is that satellites provide a unique view of the Earth surface at a scale that is impossible to gather from the ground and that integrates a complex reality, often calling for



Comparació dels paràmetres geoquímics i magnètics estudiats en un testimoni de sondeig de sediment del llac de Sanabria, el llac d'origen glacial més gran de la Península Ibèrica. La coercitivitat del conjunt de minerals magnètics indica un canvi molt ràpid en la sedimentació, la qual estava dominada per l'erosió de la farina glacial abans dels 14.000 anys calendari abans de l'actualitat i per material alterat pedogènicament després dels 12.000 anys calendari abans de l'actualitat. Aquestes dades confirmen la ràpida deglaciació de la conca del llac, deduïda a partir del contingut en carboni orgànic i de la relació C/N i que testimonia l'ocurrència d'un canvi generalitzat de la cobertura vegetal a la conca després dels 12.000 anys calendari actual. (Autor: Juan Cruz Larrasoña, basat en Borruel-Abadia et al).

Comparación de los parámetros geoquímicos y magnéticos estudiados en un testigo de sedimento del lago de Sanabria, el lago de origen glacial más grande de la Península Ibérica. La coercitividad del conjunto de minerales magnéticos indica un cambio muy rápido en la sedimentación, la cual estaba dominada por la erosión de la harina glacial antes de los 14.000 años calendario antes de la actualidad y por material alterado pedogénicamente después de los 12.000 años calendario antes de la actualidad. Estos datos confirman la rápida deglaciación de la cuenca del lago deducida a partir del contenido en carbono orgánico y de la relación C/N, y que atestigua la ocurrencia de un cambio generalizado de la cobertura vegetal en la cuenca sólo después de los 12.000 años calendario. (Autor: Juan Cruz Larrasoña, basado en Borruel-Abadia y otros).

Comparison of geochemical and magnetic parameters studied in a sediment core from Lake Sanabria, the largest lake of glacial origin in the Iberian Peninsula. The coercitivity of the magnetic mineral assemblage indicates a rapid shift in sedimentation, which is dominated by erosion of a glacial flour before 14,000 cal. yr BP and of pedogenically-altered material after 12,000 cal. yr BP. These data corroborate the rapid deglaciation of the lake basin inferred from organic carbon contents and C/N ratios, which attest to the occurrence of a widespread vegetation cover in the lake catchment only after 12,000 cal. yr BP. (Author: Juan Cruz Larrasoña, based on Borruel-Abadia and others).

amb els programes Landsat (1972) i Administració Nacional Atmosfèrica i Oceànica - Radiòmetre Avançat de Molt Alta Resolució (1978, NOAA-AVHRR, de la denominació en anglès). Les imatges subministrades per aquests instruments, els quals eren l'única font relativa d'imatges digitals per a aquell temps, ràpidament es van estendre entre tots els científics relacionats amb l'estudi de la superfície terrestre, i eren utilitzades a l'IJA amb el treball iniciador de Lluís Solé Sufràies.

L'èxit de les imatges satel·litals ha estat tan gran, amb tantes missions espacials, que a l'actualitat és difícil seleccionar entre els satèl·lits d'observació de la Terra sense referir-se a bases de dades (<http://database.eohandbook.com>). Una raó d'aquest èxit és que els satèl·lits donen

objetos mediante sensores distantes, ha sido utilizada en Ciencias de la Tierra desde el tiempo de la fotointerpretación de la fotografía aérea y, por tanto, la transición hacia imágenes captadas por instrumentos y plataformas más sofisticadas fue lo más natural en este campo. Mientras la teledetección comenzó utilizando aviones como plataformas, y aún lo son para la fotografía aérea y para otros instrumentos sofisticados, el uso de los satélites aceleró el empleo de la Teledetección e impulsó el desarrollo de aplicaciones. Los satélites fueron la plataforma habitual en la observación de la Tierra con los programas Landsat (1972) y Administración Nacional Atmosférica y Oceánica - Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (1978, NOAA-AVHRR, en inglés). Las

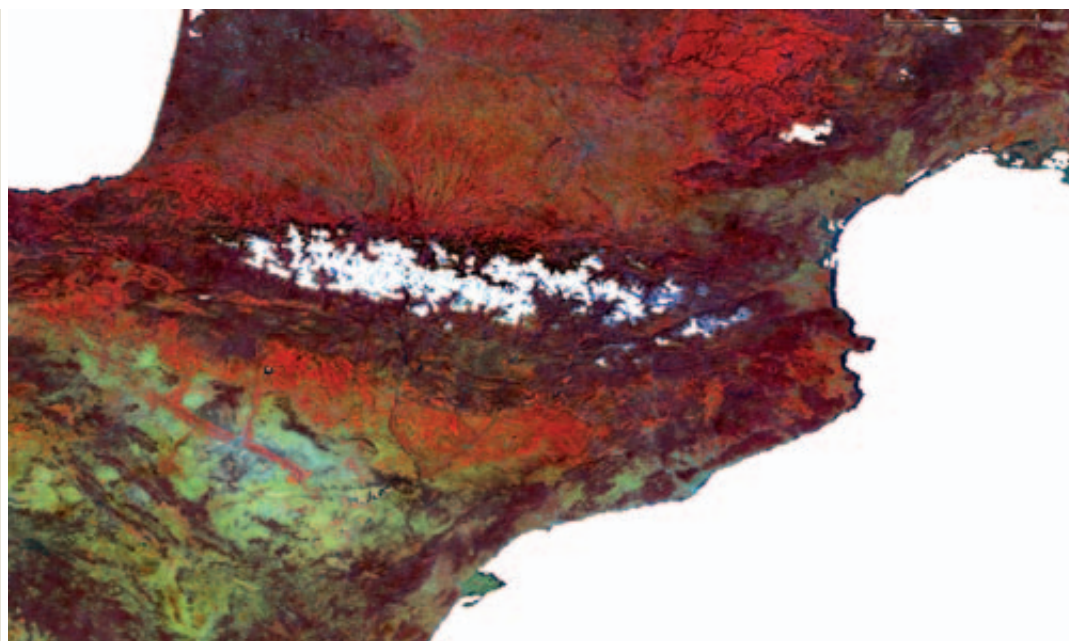
knowledge across several disciplines. A second reason is that digital images can be quantitatively analyzed.

In a simplified description, cameras for aerial photography are optical sensors consisting of 2D arrays of elements that detect solar radiation reflected by the Earth surface in the visible part of the electromagnetic spectrum. Colors visible by humans originate from the fact that different materials differently reflect solar light along wavelength within the visible range. Common digital photographic cameras have sensors with independent elements ("pixels") for each of 3 bands of blue, green and red wavelengths. Light reaching each pixel (radiance) is digitally recorded and the intensity of the reflected light at each band for all pixels is saved as a layer.

**Imatge del nord de la Península Ibèrica adquirida per l'instrument MERIS a bord de l'ENVISAT, el qual va estar operatiu des del 2002 al 2012. (Autor: Agustín Lobo a partir d'imatges multispectrals proporcionades per l'ESA).**

El norte de la Península Ibérica en una imagen adquirida por el instrumento MERIS a bordo del ENVISAT, que estuvo operativo desde 2002 al 2012. (Autor: Agustín Lobo a partir de imágenes multispectrales proporcionadas por ESA).

The Northern Iberian Peninsula in an image acquired by the MERIS instrument aboard ENVISAT, which was operational from 2002 to 2012. (Author: Agustín Lobo from multispectral imagery provided by ESA).



una visió única de la superfície terrestre a una escala que és impossible d'obtenir des de terra i que integra una realitat complexa, que habitualment requereix el coneixement de diverses disciplines. Una segona raó és que les imatges digitals es poden analitzar quantitativament.

En una descripció simplificada, les càmeres per a fotografia aèria són sensors òptics que consisteixen en arranjaments en 2D d'elements que detecten la radiació solar reflectida per la superfície de la Terra dins de la part visible de l'espectre electromagnètic. Els colors que són visibles per als humans s'originen com a conseqüència del fet que els diferents materials reflecteixen diferents longituds d'ona dins del rang visible de la llum solar. Les càmeres fotogràfiques digitals habituals tenen sensors amb elements independents (píxels) per a cada una de les tres longituds d'ona (blava, verda i vermella). La llum que arriba a cada píxel (radiància) és registrada digitalment i la intensitat de la llum reflectida per a cada longitud d'ona per a tots els píxels es guarda com una capa. Aquests valors de radiància "del sensor" s'han de convertir en reflectància superficial per corregir els efectes de l'atmosfera i normalitzar per la irradiància solar que arriba.

Les diferències de reflectància espectral entre els materials continua més enllà del rang visible humà. Per tant, molt sovint els sensors de les plataformes satel·litals ofereixen imatges multiespectrals que expandeixen el nostre rang visible per poder guanyar informació de cara a discriminar diferents materials i/o estats d'aquests materials de la superfície terrestre. Per exemple, la sèrie de sensors Landsat, molt utilitzats pels investigadors de l'ICTJA, ha subministrat imatges multies-

imatges suministradas por estos instrumentos, los cuales eran la relativa única fuente de imágenes digitales de aquel tiempo, se extendieron rápidamente entre todos los científicos relacionados con el estudio de la superficie terrestre, y fueron utilizadas en el IJA en el trabajo pionero de Lluís Solé Sugrañes.

El éxito de las imágenes satelitales ha sido tan grande con tantas misiones espaciales que en la actualidad es difícil seleccionar entre los satélites de observación de la Tierra sin referirse a bases de datos (<http://database.eohandbook.com/>). Una clave de este éxito es que los satélites dan una visión única de la superficie terrestre a una escala que es imposible de obtener desde tierra y que integra una realidad compleja, habitualmente requiriendo del conocimiento de varias disciplinas. Una segunda clave es que las imágenes digitales se pueden analizar cuantitativamente.

En una descripción simplificada, las cámaras de fotografía aérea son sensores ópticos que consisten en alineaciones 2D de elementos que detectan la radiación solar reflejada por la superficie de la Tierra dentro de la parte visible del espectro electromagnético. Los colores que son visibles para los humanos se originan como consecuencia que los diferentes materiales reflejan diferentes longitudes de onda dentro del rango visible de la luz solar. Las cámaras fotográficas digitales habituales tienen sensores con elementos independientes ("píxeles") para cada una de las tres longitudes de onda azul, verde y roja. La luz que llega a cada píxel (radiància) se registra digitalmente y la intensidad de la luz reflejada para cada longitud de onda para todos los píxeles se guarda como una capa. Estos valores de radiància "del-sensor" tienen que convertirse en reflectància super-

Each pixel is thus characterized by 3 radiance values that correspond to the blue, green and red bands. These "at-sensor" radiance values have to be converted into ground reflectance to correct for the atmospheric effects and to normalize by incoming solar irradiance.

Differences in spectral reflectance among materials continue beyond the human visible range. Therefore, sensors in satellite platforms most often provide multi-spectral images that expand our visible range in order to gain information to discriminate between different materials and/or different states of these materials on the Earth surface. For example, the Landsat series of sensors, very often used by researchers of the ICTJA, has been providing multi-spectral images in bands blue, green, red, near-infrared, short-wave infrared and thermal. Most typically, Landsat images have a spatial resolution of 30 m in scenes of 170 km x 180 km, which turned out to be a good compromise to include both a regional perspective and sufficient resolution for thematic mapping. Landsat imagery has been extensively used in many applications and has been (and still is) of paramount importance to document the spectacular landcover change that the planet has undergone in the last 5 decades. The Remote Sensing and Spatial Analysis of the Environment Research Group has used Landsat imagery, as well as other subsequent similar systems such as the Satellite pour l'Observation de la Terre (SPOT), for thematic mapping based on multivariate methods, including image segmentation and machine learning. Developing innovative methods rather than completely relying on commercial software has been a characteristic of work undergone in this field by this research

pectrals en les bandes blava, verda, vermella, infraroig proper, infraroig d'ona curta i tèrmica. Típicament, les imatges Landsat tenen una resolució espacial de 30 m en paisatges de 170 km x 180 km, la qual ha esdevingut un bon compromís per incloure tant una bona perspectiva regional com suficient resolució per a un mapatge temàtic. Les imatges Landsat s'han emprat extensivament en diferents aplicacions i han estat (i encara ho són) d'importància fonamental per documentar el canvi espectacular de la cobertura que el planeta ha patit les darreres 5 dècades. El Grup de Recerca de Teledetecció i Anàlisi Espacial del Medi Ambient ha utilitzat les imatges Landsat, així com altres sistemes posteriors similars com el satèl·lit per a l'observació de la Terra (SPOT, de la denominació en francès), per al mapatge temàtic basat en mètodes multivariats, que inclouen la segmentació d'imatges i l'aprenentatge mecànic. Des de l'inici, la característica fonamental del treball desenvolupat en aquest camp per aquest grup de recerca de l'ICTJA ha estat el desenvolupament de mètodes innovadors més que l'ús de programari comercial, i continua a l'actualitat amb la utilització i el desenvolupament de programari lliure.

Una propietat prominent de la superfície de la Terra és que no sols varia geogràficament sinó que també ho fa al llarg del temps, tant de forma estacional com interanual. La dinàmica de la superfície terrestre s'estudia principalment utilitzant sistemes d'observació terrestre satel·lital que subministren imatges diàries molt extenses geogràficament a costa d'una resolució més baixa. Una part important de la dinàmica superficial és deguda a la fenologia del teixit verdós de la vegetació, la qual repre-

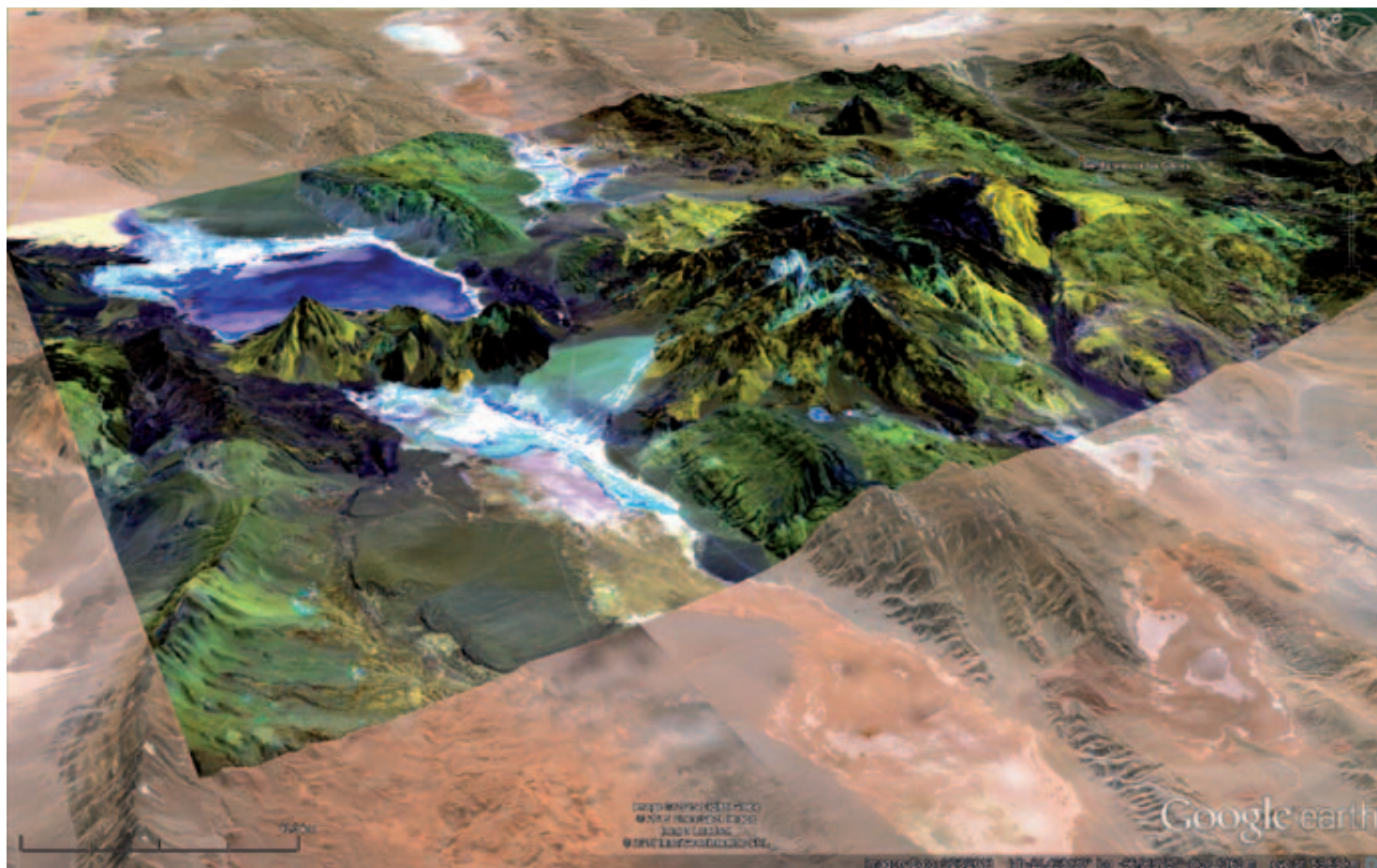
ficial para corregir los efectos de la atmósfera y normalizar por la irradiancia solar que llega.

Las diferencias de reflectancia espectral entre los materiales se extiende más allá del rango visible humano. Por tanto, muy frecuentemente, los sensores de las plataformas satelitales ofrecen imágenes multispectrales que expanden nuestro rango visible para poder ganar información para discriminar diferentes materiales y/o estados de estos materiales en la superficie terrestre. Por ejemplo, la serie de sensores Landsat, muy utilizados por los investigadores del ICTJA, han estado suministrando imágenes multispectrales en las bandas azul, verde, roja, infrarroja cercana, infrarrojo de onda corta y térmica. Típicamente, las imágenes Landsat tienen una resolución espacial de 30 m en paisajes de 170 km x 180 km, la cual ha resultado ser un buen compromiso para incluir tanto una buena perspectiva regional como suficiente resolución para un mapeado temático. Las imágenes Landsat han sido extensivamente utilizadas en diferentes aplicaciones y han sido (y aún lo son) de importancia fundamental para documentar el espectacular cambio de la cobertura que el planeta ha sufrido en las cinco últimas décadas. El Grupo de Investigación de Teledetección y Análisis Espacial del Medio Ambiente ha utilizado las imágenes Landsat, así como otros sistemas posteriores similares, como el Satélite para la Observación de la Tierra (SPOT, en francés), para el mapeado temático basado en métodos multivariados, que incluyen la segmentación de imágenes y el aprendizaje mecánico. Desde el inicio, la característica fundamental del trabajo llevado a cabo en este campo por este grupo de investigación del ICTJA ha sido el desarrollo de

group at ICTJA since early times, and is continued through the use and development of Open Software.

A salient property of the Earth surface is that it varies not only geographically but also through time, both seasonally and inter-annually. The dynamics of the Earth surface have mainly been studied using satellite Earth Observation systems that provide daily, large-extent images at the expense of coarser resolution. An important part of the surface dynamics is due to the phenology of the green tissues of vegetation, which represents the approximately cyclic deployment and degradation of a light-interception apparatus for photosynthesis. Phenology is closely related to climate and sets the rhythm of Carbon fixation, which makes it crucial for understanding global change and in evaluating the consequences of extreme events. We have analyzed this kind of dynamic imagery to describe the bio-climatic structure of the Iberian Peninsula and the Mediterranean Basin, as well as in analyzing the consequences of extreme droughts at semi-continental scales in the SW-European and NW African regions. We also keep on with the analysis of this kind of imagery for the study of the role of the soil-vegetation-atmosphere relationship in the dynamics of atmospheric CO<sub>2</sub> in collaboration with the Catalan Institute of Climate Research (IC3).

At a longer time scale, the dynamics of the Earth surface are driven by landcover change - mostly caused by direct human activities but also by catastrophic events - erosion and river dynamics. Topography, in the form of Digital Elevation Models (DEM), has also greatly advanced thanks to the use of Interferometric Synthetic Aperture Radar. At a global scale, NASA's Shut-



**El Salar del Rincón, a la regió de Salta (Argentina). Imatge adquirida pel sensor ETM a bord del Landsat 7 i sobreposada a Google Earth. Aquesta imatge és un compost en fals color amb dues bandes d'infraroig (2,09-2,35  $\mu\text{m}$  i 1,55-1,75  $\mu\text{m}$ ) i una banda verda (0,52-0,60  $\mu\text{m}$ ). Aquesta àrea, quasi totalment sense vegetació, ens permet observar la riquesa de respostes espectrals dels materials geològics més enllà del rang visible, i les seves relacions amb el relleu topogràfic. Compareu-la amb l'àrea del voltant mostrada utilitzant el color natural dins el rang visible de l'espectre. (Autor: Agustín Lobo a partir d'imatges multispectrals proporcionades per USGS). (Crèdits de la imatge Google Earth: ©2015 Digital Globe; ©2015 Cnes/ Spot Image; Image Landsat; ©2015 Inav/Geosistees SRL)**

El Salar del Rincón, en la regió de Salta (Argentina). Imagen adquirida por el sensor ETM a bordo del Landsat 7 y sobrepuesta en Google Earth. Esta imagen es un compuesto en falso color con dos bandas de infrarrojo (2,09 - 2,35  $\mu\text{m}$  y 1,55 - 1,75  $\mu\text{m}$ ) y una banda verde (0,52 - 0,60  $\mu\text{m}$ ). Esta área, casi totalmente sin vegetación, nos permite observar la riqueza de respuestas espectrales de los materiales geológicos más allá del rango visible, y sus relaciones con el relieve topográfico. Comparar el área de los alrededores mostrada utilizando el color natural dentro del rango visible del espectro. (Autor: Agustín Lobo a partir de imágenes multispectrales proporcionadas por USGS). (Créditos de la imagen Google Earth: ©2015 Digital Globe; ©2015 Cnes/Spot Image; Image Landsat; ©2015 Inav/Geosistees SRL)

El Salar del Rincón, in the region of Salta (Argentina). Image acquired by sensor ETM aboard Landsat 7 overlaid on Google Earth. This image is a false color composite with two infrared bands (2.09 - 2.35  $\mu\text{m}$  and 1.55 - 1.75  $\mu\text{m}$ ) and a green band (0.52 - 0.60  $\mu\text{m}$ ). This area, almost totally unvegetated, lets us observe the richness of spectral responses of geologic materials beyond visible range, and its relationship to topographic relief. Compared to the surrounding area it is brighter, the former displayed using natural color in the visible range of the spectrum. (Author: Agustín Lobo from multispectral imagery provided by USGS). (Attributions of Google Earth image: ©2015 Digital Globe; ©2015 Cnes/Spot Image; Image Landsat; ©2015 Inav/Geosistees SRL)

senta aproximadament el desplegament i la degradació de l'aparell d'intercepció de llum per a la fotosíntesi. La fenologia està íntimament lligada al clima i estableix el ritme de la fixació del carboni, la qual cosa la fa fonamental per entendre el canvi global i avaluar les conseqüències dels esdeveniments extrems. Nosaltres hem analitzat aquest tipus d'imatges dinàmiques per descriure l'estructura bioclimàtica de la Península Ibèrica i de la conca mediterrània, així com per analitzar les conseqüències de les sequeres extremes a escales semicontinental a les regions del SO

métodos innovadores, más que el uso de programario comercial y continúa en la actualidad con el uso y desarrollo de Software Libre.

Una propiedad prominente de la superficie de la Tierra es que no sólo varía geográficamente si no que también lo hace a lo largo del tiempo, tanto de forma estacional como interanualmente. La dinámica de la superficie terrestre se estudia principalmente utilizando sistemas de observación terrestre satelital que suministran imágenes diarias geográficamente muy extensas a costa de una resolución más grosera. Una parte importante de la dinámica superficial se

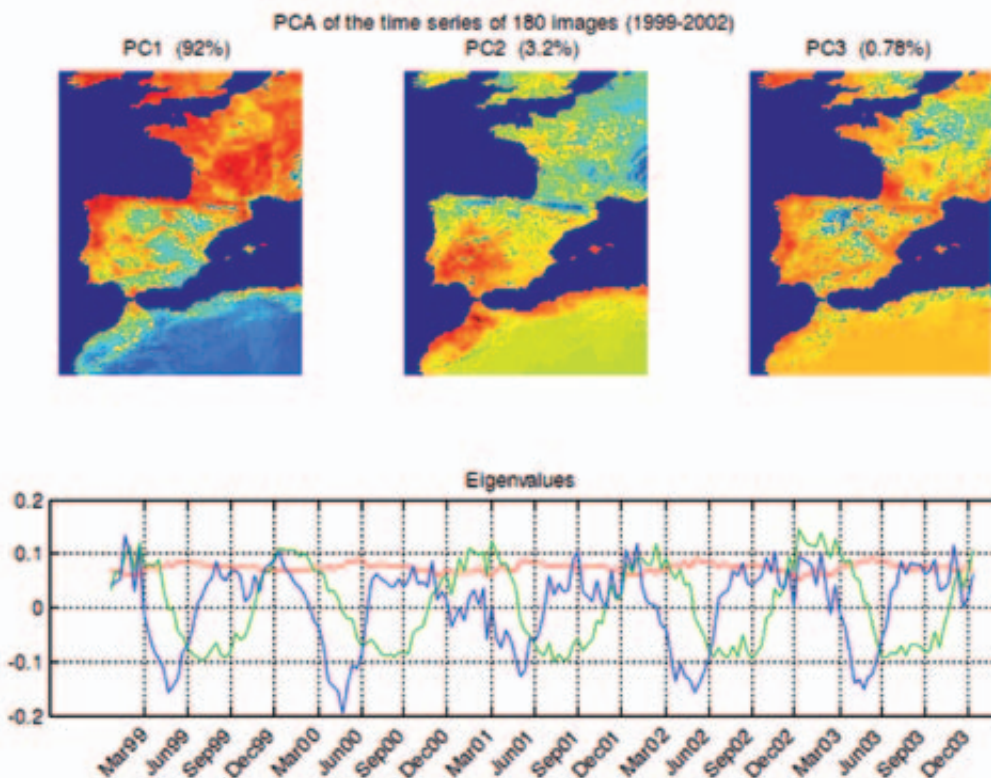
tle Radar Topography Mission (SRTM) aboard the Space Shuttle Endeavour in 2000 produced a DEM at a resolution of 3 arcseconds (i.e. 90 m) and 1 arcsecond for selected regions. A similar interferometric method can be applied to higher resolution European Remote Sensing satellites (ERS) data of specific areas to derive estimates of the relative deformation of the surface between periods, extremely valuable to calculate ground subsidence and tectonic deformation due to earthquakes.

Hyperspectral imagery is the development of multi-spectral imagery towards providing vir-

**Anàlisi de components principals d'una sèrie temporal d'índex de camps de vegetació calculada a partir d'imatges satel·litals multiespectrals. El primer vector propi, i per tant el major component de la variabilitat espaciotemporal, és proporcional a la productivitat total, mentre que el segon i tercer vectors propis mostren els principals patrons fenològics. (Autor: Agustín Lobo a partir d'imatges proporcionades per VITO).**

Análisis de componentes principales de una serie temporal de índices de campos de vegetación calculada a partir de imágenes satelitales multiespectrales. El primer vector propio, y por tanto la mayor componente de la variabilidad espacio-temporal, es proporcional a la productividad total, mientras que los vectores propios segundo y tercero muestran los principales patrones fenológicos. (Autor: Agustín Lobo a partir de imágenes proporcionadas por VITO).

Principal Component Analysis of a time series of vegetation index fields calculated from multi-spectral satellite imagery. The first eigenvector, thus the major component of spatio-temporal variability, is proportional to total productivity, while the second and third eigenvectors stand for the main phenology patterns. (Author: Agustín Lobo from imagery provided by VITO).



europèu o NO africà. També estem treballant en l'anàlisi d'aquest tipus d'imatges per a l'estudi del paper de les relacions sòl-vegetació-atmosfera en la dinàmica del CO<sub>2</sub> atmosfèric, en col·laboració amb l'Institut Català de Recerca Climàtica (IC3).

A una escala temporal més llarga, la dinàmica de la superfície de la Terra està governada per canvis en la cobertura —la major part causada per les activitats humanes directes però també per esdeveniments catastròfics—, erosió i dinàmica fluvial. La topografia, en forma de models d'elevació digital (DEM, de la denominació en anglès) també ha progressat molt gràcies al radar d'obertura sintètica interferomètrica. A escala global, la missió topogràfica de radar del transbordador (SRTM, de la denominació en anglès) de l'any 2000 a bord del transbordador espacial Endeavour va permetre obtenir DEM a una resolució de 3 (90 m) i 1 segons d'arc de determinades regions. Un mètode similar d'interferometria es pot aplicar a satèl·lits europeus de teledetecció (ERS, de la denominació en anglès) amb més resolució a àrees específiques per derivar estimacions de deformacions superficials relatives entre períodes, les quals són extremament valuoses per calcular la subsidència i la deformació tectònica deguda als terratrèmols.

Les imatges hiperespectrals són el desenvolupament de les imatges multiespectrals que aporten pràcticament un espectre continu a cada píxel, la qual cosa porta la teledetecció prop del camp de l'espectrometria. Les tècniques d'espectrometria de laboratori i de camp eren importants per a la Geologia abans de l'arribada de les imatges hiperespectrals, i hi havia diversos mètodes ja disponibles.

debe a la fenología del tejido verdoso de la vegetación, que representa aproximadamente el despliegue y degradación del aparato de interceptación de luz para la fotosíntesis. La fenología está íntimamente ligada al clima y establece el ritmo de la fijación del carbono, lo cual la hace fundamental para entender el cambio global y evaluar las consecuencias de los eventos extremos. Nosotros hemos analizado este tipo de imágenes dinámicas para describir la estructura bioclimática de la Península Ibérica y de la cuenca mediterránea, así como para analizar las consecuencias de las sequías extremas a escala semicontinentales en las regiones del SO europeo o NO africano. También estamos trabajando en el análisis de este tipo de imágenes para el estudio del papel de las relaciones suelo-vegetación-atmosfera en la dinámica del CO<sub>2</sub> atmosférico y con la colaboración del Institut Català de Recerca Climàtica (IC3).

A escala temporal más larga, la dinámica de la superficie de la Tierra está gobernada por cambios en la cobertura - la mayor parte causada por las actividades humanas directas pero también por eventos catastróficos - erosión y dinámica fluvial. La topografía, en forma de modelos digitales del terreno (DEM, en inglés) también ha progresado mucho gracias al radar de la teledetección, mediante el uso del radar de apertura sintética interferométrica. A escala global, la misión topográfica de radar del transbordador (SRTM, en inglés) del año 2000 a bordo del transbordador espacial Endeavour permitió obtener DEMs a una resolución de 3 (90 m) y 1 segundos de arco de determinadas regiones. Un método similar de interferometría se puede aplicar a satélites europeos de tele-

usually continuous spectra for each pixel, which brings remote sensing closer to the field of spectroscopy. Laboratory and field spectroscopy were important techniques in Geology before the advent of Hyperspectral imagery, and many analytical methods were already available. Most hyperspectral instruments (AVIRIS, CASI, HyMAP etc.) are airborne, but some satellite hyperspectral missions (i.e. Hyperion and CHRIS) have been demonstrated and fully operational missions are close to launching (ENMAP, PRISMA, HISUI). Researchers at the ICTJA use Hyperion imagery to map lithological units in the Andes, with particular interest paid to volcanic rocks around the Cerro Blanco complex, and will be thus ready to take full advantage of the new generation of hyperspectral instruments aboard satellites.

Remote sensing is now being revolutionized again, this time because of the joint explosive development of light Unmanned Aerial Systems (also known as drones) and miniaturized sensors. These systems provide the ability to explore the surface of the Earth at very detailed scales and user-defined angles of view. The research group is actively involved with the application of this technology to the Earth Sciences, for which it has teamed up with actors from the commercial sector.

### **Geochemical impact of large-scale geologic processes**

From the geochemical point of view, ICTJA researchers work in the characterization of natural processes and their geochemical signatures in the geological record as well as their alteration by anthropogenic activities. They combine fundamental and applied research and their scientific projects cover geological and envi-



La majoria dels instruments hiperspectrals (AVIRIS, CASI, HyMAP, etc.) són aerotransportats, però s'han dut a terme algunes missions hiperspectrals satel·litals demostratives (Hyperion, CHRIS) i estan a prop de llançar-se missions plenament operacionals (ENMAP, PRISMA, HISUI). Els investigadors de l'ICTJA estan emprant imatges Hyperion per realitzar mapes de les unitats litològiques dels Andes, amb l'interès particular de les roques volcàniques del voltant del complex de Cerro Blanco, i estan preparats per aprofitar tots els avan-

detección (ERS, en inglés) con más resolución en áreas específicas para derivar estimaciones de deformaciones superficiales relativas entre periodos, las cuales son extremadamente valiosas para calcular tasa de subsidencia y de formación tectónica debida a los terremotos.

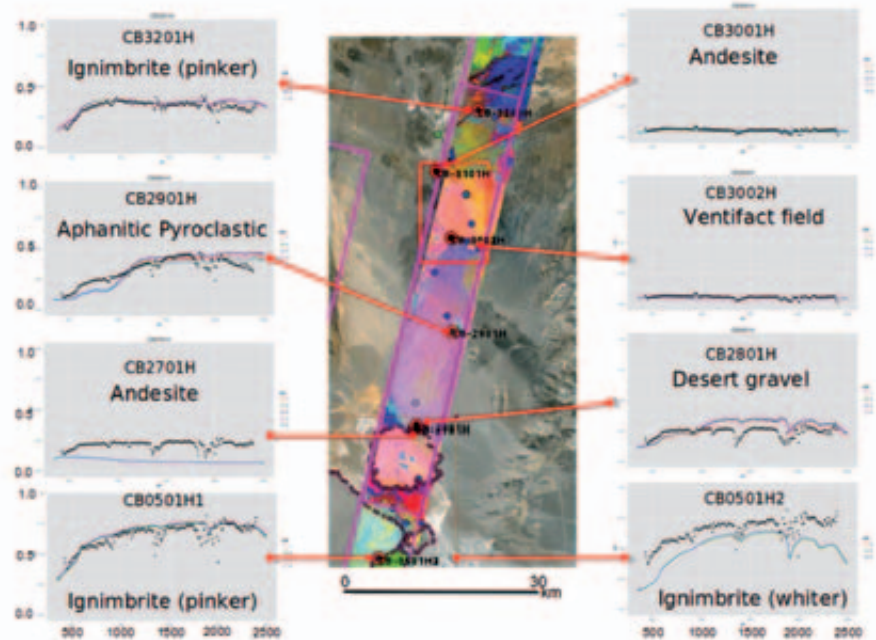
Las imágenes hiperspectrales son el desarrollo de las imágenes multispectrales pero aportando prácticamente un espectro continuo a cada píxel, lo que lleva a la teledetección cerca del campo de la espectrometría. Las técnicas de espectrometría de laboratorio y de campo

ronmental issues across multiple spatial and temporal scales. This research also addresses a wide range of issues related to the mobility of chemical elements, mainly trace elements, that includes the onset of weathering; the formation, weathering and erosion of soils, river sediments and rocks; the effects of these processes on water resources and their impact on local, regional and global geochemical cycles, as well as laboratory experiments and numerical modeling at different spatial and temporal scales. Furthermore, in this area of research, we work on the

**Imatge hiperspectral del sensor Hyperion de la regió d'Antofagasta de la Sierra (Argentina). Els colors corresponen a un compost de falsos colors utilitzant els tres primers components principals de les 220 bandes originals, ja que resulta un mètode molt útil per obtenir una primera visió de la variabilitat espectral geogràfica. Els gràfics indiquen els perfils espectrals de determinats píxels de la imatge, així com els perfils espectrals de laboratori - mesures de mostres recollides als mateixos llocs. (Autor: Agustín Lobo a partir d'imatges hiperspectrals proporcionades per USGS).**

Imagen hiperspectral del sensor Hyperion de la región de Antofagasta de la Sierra (Argentina). Los colores corresponden a un compuesto de falsos colores utilizando los tres primeros componentes principales de las 220 bandas originales, ya que resulta un método muy útil para obtener una primera visión de la variabilidad espectral geográfica. Los gráficos indican los perfiles espectrales de determinados píxeles de la imagen, así como los perfiles espectrales de laboratorio - mediciones de muestras recogidas en los mismos lugares. (Autor: Agustín Lobo a partir de imágenes hiperspectrales proporcionadas por USGS).

Hyperspectral image from the Hyperion sensor in the region of Antofagasta de la Sierra (Argentina). Colors correspond to a false color composite using the first 3 Principal Components of the 220 original bands, a very useful method to gather a cursory visual sense of the geographic spectral variability. The graphics indicate spectral profiles of particular pixels in the image, as well as the spectral profiles of laboratory-measured samples collected at the same sites. (Author: Agustín Lobo from hyperspectral imagery provided by USGS).



tatges de la nova generació d'instruments hiperespectrals a bord dels satèl·lits.

La teledetecció es troba novament en una revolució, aquesta vegada deguda al desenvolupament explosiu conjunt de sistemes aeris no pilotats (també coneguts com a drons) i a la miniaturització dels sensors. Aquests sistemes aporten l'habilitat d'explorar la superfície de la Terra a escales molt detallades i amb punts de vista definits per l'usuari. Nosaltres estem molt activament involucrats en l'aplicació d'aquesta tecnologia a les Ciències de la Terra, per la qual cosa ens hem associat amb representants del sector comercial.

#### **Impacte geoquímic de processos geològics**

Des del punt de vista geoquímic, els investigadors de l'ICTJA treballen en la caracterització dels processos naturals i la definició de la seva signatura en el registre geològic, així com en la seva distorsió per processos antropogènics. Els investigadors combinen la recerca fonamental amb l'aplicada i els projectes que es duen a terme abasten qüestions geològiques i mediambientals a través de múltiples escales espaciotemporals. Aquests investigadors també aborden una àmplia gamma de temes relacionats amb la mobilitat dels elements, principalment traces en el medi natural, que inclouen l'inici de la meteorització de les roques; la formació, meteorització i erosió de sòls, sediments fluvials i roques; els efectes d'aquests processos en els recursos hídrics i el seu impacte en els cicles geoquímics locals, regionals i globals, així com experiments de laboratori i la modelització numèrica a diferents escales espaciotemporals. A més, en aquesta línia es treballa sobre la gestió ambiental de l'impacte geoquímic de diverses activitats

ya eran importantes para a la Geología antes de la llegada de las imágenes hiperespectrales, y había diversos métodos ya disponibles. La mayoría de los instrumentos hiperespectrales (AVIRIS, CASI, HyMAP, ...) son aerotransportados pero algunas misiones hiperespectrales satelitales (Hyperion, CHRIS) han demostrado y están cerca de lanzarse misiones plenamente operacionales (ENMAP, PRISMA, HISUI). Los investigadores del ICTJA están usando imágenes HYPERION para realizar mapas de las unidades litológicas de los Andes, con el interés focalizado en las rocas volcánicas de los alrededores del complejo de Cerro Blanco y están listos para extraer todas las ventajas de la nueva generación de instrumentos hiperespectrales a bordo de los satélites.

La teledetección se encuentra nuevamente en una nueva revolución, esta vez debido al desarrollo explosivo conjunto de sistemas aéreos no pilotados (también conocidos como drones) y a la miniaturización de los sensores. Estos sistemas aportan la habilidad de explorar la superficie de la Tierra a escalas muy detalladas y mediante puntos de vista definidos por el usuario. Nosotros estamos involucrados muy activamente en la aplicación de esta tecnología a las Ciencias de la Tierra, por lo que nos hemos asociado con actores del sector comercial.

#### **Impacto geoquímico de procesos geológicos**

Desde el punto de vista geoquímico, los investigadores del ICTJA trabajan en la caracterización de los procesos naturales y la definición de su signatura en el registro geológico, así como su distorsión por procesos antropogénicos. Se combina la investigación fundamental con la aplicada y los proyectos que se realizan dichos investigadores abarcan cuestiones geológicas

environmental management of the geochemical impact of several anthropogenic activities in relation to geological resources, such as water treatment, coal combustion in power plants, and restoration of coal and metal mining as well as of contaminated soils.

A key issue working at the frontier of knowledge that is being currently developed by ICTJA researchers is technological progress in analytical chemistry. ICTJA researchers have pioneered the development and application of analytical methods for water, rocks, minerals and several environmental matrices (plants, air filters, etc.). Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was the analytical technique that greatly facilitated the achievements.

The accessibility to the ICP-MS allowed us to undertake pioneer and leading projects in the areas of water analysis, both water management at the watershed level (origin, evolution of groundwater and surface water after mixing) and water treatment (water quality). The availability of a complete hydrogeochemical information, with more than 60 parameters for the first time, offered new perspectives in the analysis of factors controlling water quality, both surficial (e.g., Ter and Llobregat rivers) and groundwater resources (e.g., Madrid Basin and Llobregat Delta). These applications were quickly transferred to other geographical regions (e.g., China and Argentina). In the case of the Southern Cone, this research demonstrated the link between high concentrations of arsenic in groundwater in large parts of the Chacopampean Plain and ashes of volcanic eruptions that occurred thousands of years ago. These ash deposits have been recognized in the geologic record and have been studied in detail.

---

**La recerca sobre la qualitat del carbó en els seus jaciments i sobre els processos de combustió a les centrals tèrmiques ha contribuït a reduir l'impacte geoquímic ambiental d'aquesta font energètica. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

La investigación de la calidad del carbón en sus yacimientos y de los procesos de combustión en las centrales térmicas ha contribuido a reducir el impacto geoquímico ambiental de esta fuente energética. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

The research concerning the quality of carbon in their outcrops and of the combustion processes in power plants has contributed to a decrease of the environmental geochemical impact of this energetic source (Author: J. L. Fernández Turiel).



antròpiques en relació amb els recursos geològics, com ara la potabilització de l'aigua, la combustió de carbó en centrals tèrmiques, la restauració d'activitats de mineria de carbó i metàl·lica, i la recuperació de sòls contaminats.

Una qüestió clau quan es treballa a la frontera del coneixement dels processos geoquímics referits és el desenvolupament tecnològic de la química analítica. Els investigadors de l'ICTJA han estat pioners en el desenvolupament i l'aplicació de metodologies analítiques per a aigües, roques, minerals i diverses matrius mediambientals (plantes, filtres atmosfèrics, etc.). L'espectrometria de masses amb font acoblada per inducció o ICP-MS, de l'acrònim en anglès, ha estat la tècnica analítica que ha facilitat en gran manera els èxits aconseguits.

La disponibilitat d'una tècnica com ara la ICP-MS va permetre dur a terme projectes pioners i capdavanters en temes d'anàlisi d'aigües, tant pel que fa a la gestió de la qualitat d'aigües a escala de conca (origens, evolució de mescles d'aigües subterrànies i superficials) com a processos de potabilització. La disponibilitat per primer cop d'una informació hidrogeoquímica completa de més de 60 paràmetres va obrir noves perspectives en l'anàlisi de factors de control en la qualitat d'aigua, tant de recursos subterranis (per exemple, la conca de Madrid i el Delta del Llobregat) com superficials (per exemple, els rius Llobregat i Ter). Aquestes aplicacions es van traslladar ràpidament a altres regions (per exemple, a la Xina i a l'Argentina). En el cas del Con Sud-americà s'ha demostrat la vinculació d'elevades concentracions d'arsènic a les aigües subterrànies d'extenses regions de la plana Chaco-Pampeana

y medioambientales a través de múltiples escalas espacio-temporales. Estos investigadores también abordan una amplia gama de temas relacionados con la movilidad de los elementos, principalmente trazas en el medio natural, que incluyen el inicio de la meteorización de las rocas; la formación, meteorización y erosión de suelos, sedimentos de río y rocas; los efectos de tales procesos en los recursos hídricos y su impacto en los ciclos geoquímicos locales, regionales y globales, así como experimentos de laboratorio y el modelado numérico a diferentes escalas espacio-temporales. Además, en esta línea se trabaja sobre la gestión del impacto geoquímico ambiental de diversas actividades antrópicas en relación con los recursos geológicos, como la potabilización del agua, la combustión de carbón en centrales térmicas, la restauración en actividades de minería de carbón y metales o de suelos contaminados.

Una cuestión clave cuando se trabaja en la frontera del conocimiento de los procesos geoquímicos referidos es el desarrollo de las técnicas de química analítica. Investigadores del ICTJA han sido pioneros en el desarrollo y aplicación de metodologías analíticas para aguas, rocas, minerales y diversas matrices medioambientales (plantas, filtros atmosféricos, etc.). La espectrometría de masas con fuente acoplada por inducción o ICP-MS, en su acrónimo en inglés, ha sido la técnica analítica que ha facilitado en gran manera los logros conseguidos.

La accesibilidad a una técnica como la ICP-MS permitió acometer en su día proyectos pioneros y punteros en temas de análisis de aguas, tanto por lo que respecta a la gestión de la calidad de aguas a nivel de cuenca (origenes, evolución de mezclas de aguas subterráneas

Identifying new and significant challenges in geochemical research of environmental changes in the geologic record led researchers to assess the contribution of volcanism to the natural trace element balance mainly in relation to volcanic ash deposits in the Southern American Cone, Iceland and the Canary Islands. The lack of information in this field introduces great uncertainties in mobility models of trace elements at the local, regional and global scales, such that this research is a priority at international level. Although the volcanic ash represents a significant contribution to the Earth's surface material, and it may have one of the highest rates of spatial dispersion for a solid material (up to thousands of square kilometres), geochemical information about its behavior on the land surface is scarce. Therefore, the incorporation of volcanic ash falls to geochemical balance models involves a high degree of uncertainty, both in terms of major elements, including typical macronutrients as K, Ca, Fe, and P, as trace element, whether micronutrients like B, Cu, and Mo, or potentially toxic elements such as As, Pb, Tl, and Sb. Thus, the geochemical study of the volcanic ash is a major challenge in the field of Earth Sciences. The main working regions for the ICTJA researchers in this topic are the Central and Southern Andes, one of the most volcanically active areas on the planet, and with a paradigmatic Quaternary geological record to observe the geochemical impact of eruptions over geological and human time scales.

At a methodological level, one of the major issues to be solved in this research area consists of obtaining standardized leaching methods for volcanic ash in order to model the process of interaction between volcanic ash and water. In

**La salinitat de l'aigua del riu Llobregat mostra una signatura marina però... d'una sal de fa milions d'anys. La lixiviació de les sals marines eocenes de la conca mitjana del Llobregat és un factor determinant de la seva qualitat de l'aigua. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

La salinidad del agua del río Llobregat muestra una signatura marina pero... de una sal de hace millones de años. La lixiviación de las sales marinas eocenas de la cuenca media del Llobregat es un factor determinante de su calidad del agua. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

The water salinity of the Llobregat River shows a marine signature but ... from a salt several millions of years old. The leaching of Eocene marine salts present in the middle catchment area is a key factor determining the quality of the water of this river. (Author: J. L. Fernández Turiel).



**amb cendres d'erupcions volcàniques que es van produir fa milers d'anys i que s'han reconegut en el registre geològic.**

**La identificació de nous i significatius reptes en la investigació geoquímica dels canvis mediambientals en el registre geològic va conduir a avaluar la contribució del vulcanisme en els balanços naturals d'elements traça sobretot a partir dels resultats obtinguts en els dipòsits de cendra volcànica del Con Sud-americà, Islàndia i Canàries. La manca d'informació en aquest camp introdueix grans incerteses en els models de mobilitat d'elements traça a escala local, regional i global, de manera que el seu estudi és una prioritat en l'àmbit internacional. Tot i que la cendra volcànica repre-**

superficial) así como en procesos de potabilización (calidad del agua). La disponibilidad de una información hidrogeoquímica completa por primera vez de más de 60 parámetros abrió nuevas perspectivas en el análisis de factores de control en la calidad de agua, tanto de recursos subterráneos (ej., cuenca de Madrid y Delta del Llobregat) como superficiales (ej., río Llobregat y río Ter). Estas aplicaciones se trasladaron rápidamente a otras regiones (ej., China y Argentina). En el caso del Cono Sur americano se ha demostrado la vinculación de elevadas concentraciones de arsénico en las aguas subterráneas de extensas regiones de la Llanura Chacopampeana con cenizas de erupciones volcánicas que se produjeron hace

this regard, the ICTJA researchers have developed several laboratory experimental models whose data have been used for numerically modeling the geochemical contributions of volcanic eruptions, from the less explosive (generating a few cubic hectometres of ash), to those of large magnitude that can produce deposits of several thousand cubic kilometres of pyroclastic materials.

As an example of the results of these investigations, it is worth noting the discovery of the largest eruption on Earth for the last 5000 years, the Volcanic Complex of Cerro Blanco in the south of the Puna, Central Andes. This eruption scattered more than 110 km<sup>3</sup> of ash over a surface of about 400,000 km<sup>2</sup>. Discoveries of this type



**El complex volcànic de Cerro Blanco al sud de Puna, al nord-oest d'Argentina, va generar una de les erupcions de major magnitud dels darrers 10.000 anys a la Terra. La caldera que s'observa a la part central de la imatge té 5 km de diàmetre. (Autor: F. J. Pérez Torrado).**

El Complejo Volcánico de Cerro Blanco en el sur de la Puna, noroeste de Argentina, generó una de las erupciones de mayor magnitud de los últimos 10.000 años en la Tierra. La caldera que se observa en la parte central de la imagen tiene 5 km de diámetro. (Autor: F.J. Pérez Torrado).

The Cerro Blanco Volcanic Complex (S Puna - NE Argentina) originated one of the largest-magnitude volcanic eruptions of the last 10,000 years. The caldera from the center of the image is 5 km in diameter. (Author: F. J. Pérez Torrado).

sent a una aportació considerable de material a la superfície terrestre i que pot tenir un dels majors índexs de dispersió espacial per a un material sòlid (de fins a milers de quilòmetres quadrats), la informació geoquímica sobre el seu comportament en la superfície terrestre és escassa. Aquest fet fa que la seva incorporació als models de balanços geoquímics comporti un elevat grau d'incertesa, tant quant a elements majoritaris, incloent-hi macronutrients típics com K, Ca, Fe, i P, com a elements traça, com a micronutrients com B, Cu, i Mo, o elements potencialment tòxics com As, Pb, Tl, i Sb. Així doncs, l'estudi geoquímic de la cendra volcànica és un gran repte en el camp de les Ciències de la Terra. Les àrees de treball principals dels investigadors de l'ICTJA són els Andes Centrals i del Sud, una de les regions amb més activitat volcànica del planeta i amb uns registres geològics quaternaris paradigmàtics per observar l'impacte geoquímic de les erupcions en les escales temporals geològica i humana.

Pel que fa a metodologia, una de les principals qüestions a resoldre d'aquesta investigació és l'estandardització dels mètodes de lixiviació de cendra volcànica per poder modelar el procés d'interacció entre la cendra volcànica

miles de años y que han sido reconocidas en el registro geológico.

La identificación de nuevos y significativos retos en la investigación geoquímica de los cambios medioambientales en el registro geológico condujo a evaluar la contribución del volcanismo en los balances naturales de elementos traza sobre todo a partir de los resultados obtenidos sobre depósitos de ceniza volcánica en el Cono Sur Americano, Islandia y Canarias. La falta de información en este campo introduce grandes incertidumbres en los modelos de movilidad de elementos traza a escala local, regional y global, por lo que su estudio es una prioridad a nivel internacional. A pesar de que la ceniza volcánica representa un aporte de material considerable a la superficie terrestre y que puede tener uno de los mayores índices de dispersión espacial para un material sólido (hasta miles de kilómetros cuadrados), la información geoquímica sobre su comportamiento en la superficie terrestre es escasa. Este hecho hace que su incorporación a los modelos de balances geoquímicos conlleve un elevado grado de incertidumbre, tanto a nivel de elementos mayoritarios, incluyendo macronutrientes típicos como K, Ca, Fe y P, como de elementos traza, ya sean micronutrientes como

are of great interest from many different perspectives. For example, deposits of volcanic ash are a precise temporal marker in the geologic record owing to eruptions usually lasting only a few days and, therefore, they can be considered as an instantaneous event in geologic terms. In addition, they have had and still have significant environmental implications, like the impact of the aforementioned Cerro Blanco eruption 4200 years ago had on the existing hunter-gatherer people in the Southern Cone. On the other hand, these large eruptions are ultimately responsible for high arsenic concentrations in groundwater of extensive areas of the Southern Cone, which disables its use for human, livestock and even agricultural consumption.

The geologic record, therefore, provides us with unique opportunities to reconstruct the past, from climatic variations to changes in water quality, being the key to understand, predict and prevent geological risks.

### **Sedimentary environments and the environmental and climate drivers**

In this section, studies on present and past environmental features, from the point of view of their record in the sediments and their climate

i l'aigua. Investigadors de l'ICTJA han desenvolupat diversos models experimentals al laboratori i aquesta informació ha servit per a la modelització numèrica de les aportacions geoquímiques procedents de les erupcions volcàniques, des de les de menys explosivitat, capaces de generar pocs hectòmetres cúbics de cendra, fins a les de magnitud més gran, que poden arribar a produir dipòsits de milers de quilòmetres cúbics de materials piroclàstics.

Com a exemple dels resultats d'aquestes investigacions, podem esmentar el descobriment de l'erupció de major magnitud del planeta dels últims 5.000 anys, que va ser la del complex volcànic de Cerro Blanco al sud de Puna, als Andes Centrals. Aquesta erupció va produir més de 110 km<sup>3</sup> que es van dipositar en una àrea de més de 400.000 km<sup>2</sup>. Descobriments d'aquest tipus tenen gran interès des de

B, Cu y Mo, o elementos potencialmente tóxicos como As, Pb, Tl y Sb. Así pues, el estudio geoquímico de la ceniza volcánica es un gran reto en el campo de las Ciencias de la Tierra. Las áreas de trabajo principales de los investigadores del ICTJA son los Andes Centrales y del Sur, una de las regiones con mayor actividad volcánica del planeta y con unos registros geológicos cuaternarios paradigmáticos para observar el impacto geoquímico de las erupciones en las escalas temporales geológica y humana.

A nivel metodológico, una de las principales cuestiones a resolver de esta investigación es la estandarización de los métodos de lixiviación de ceniza volcánica para poder modelar el proceso de interacción entre la ceniza volcánica y el agua. Al respecto, investigadores del ICTJA han desarrollado diversos modelos experimentales en el laboratorio cuyos datos

framework, are considered. From this perspective, environments can be studied from their deposits, the organic remains within, the physical and chemical properties of the components of sediments and fossils, and the climate scenario under which the sedimentation took place.

Paleoenvironmental studies at the ICTJA, in the 1980s and 1990s were developed mainly on sedimentological and stratigraphic prospects. At this time, apart from Marine Geology, studies focused on marine Miocene series of the Mediterranean, initiated by M. Esteban, on the Messinian reefs, and then by I. Zamarreño, R. Utrilla and A. Vázquez on the relationship between the recorded sedimentary cyclicity and the late Miocene climatic variations. Studies of recent and ancient marine carbonates also developed (I. Zamarreño, A. Vázquez, and C. Taberner). We should also include the studies

**Dipòsit de cendra d'una erupció volcànica de gran magnitud a la Zona Volcànica Central dels Andes (Cafayate, Salta, Argentina), format a més de 200 km del focus emissor. Erupcions de gran explosivitat, com la que va generar aquest dipòsit, es repeteixen cada pocs milers d'anys a la regió andina i causen importants impactes sobre la qualitat de l'aigua i sobre els éssers vius de les regions afectades. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

Depósito de ceniza de una erupción volcánica de gran magnitud en la Zona Volcánica Central de los Andes (Cafayate, Salta, Argentina), formado a más de 200 km del foco emisor. Erupciones de gran explosividad como la que generó este depósito se repiten cada pocos miles de años en la región andina y causan importantes impactos sobre la calidad del agua y los seres vivos de las regiones afectadas (Autor: J. L. Fernández Turiel).

Ash deposit from a large-magnitude volcanic eruption from the Central Volcanic Andean Zone (Cafayate, Salta, Argentina), and formed at more than 200 km away from the emitting source. High explosivity eruptions like that which generated this deposit are recurrent every few thousand years in the Andean region and they have large impacts on the water quality and on the humans living within the affected regions. (Author: J. L. Fernández Turiel).



diferents perspectives. Els dipòsits de cendra volcànica són un marcador temporal de gran precisió en el registre geològic, ja que aquests esdeveniments solen durar pocs dies. A més tenen implicacions ambientals molt notables, de manera que la reconstrucció de com va impactar una gran erupció, com aquesta del Cerro Blanco de fa 4.200 anys sobre els pobladors caçadors-recol·lectors que hi ha al Con Sud-americà, és una qüestió de gran transcendència en els estudis arqueològics. En un altre ordre temàtic, probablement aquesta erupció, juntament amb d'altres, sigui la responsable última del fet que extenses regions del Con Sud tinguin aigües subterrànies amb concentracions d'arsènic tan elevades que les inhabilita per a consum humà, de bestiar i fins i tot per a l'agricultura. El registre geològic, per tant, ens ofereix oportunitats úniques per reconstruir el passat, des de variacions climàtiques fins a canvis en la qualitat de l'aigua, i és la clau per entendre, predir i prevenir els riscos geològics.

#### **Els ambients sedimentaris i els factors ambiental i climàtic**

En aquesta secció es consideren els estudis de les particularitats ambientals presents i passades des del punt de vista del seu registre en els sediments i el seu marc climàtic. Des d'aquesta perspectiva, els ambients es poden estudiar pels seus dipòsits, les restes orgàniques incloses, les propietats físiques i químiques dels components dels sediments i dels fòssils, i els escenaris climàtics sota els quals va tenir lloc la sedimentació.

Els estudis paleoambientals a l'ICTJA dels anys 1980 i 1990 es van desenvolupar bàsicament des de perspectives sedimentològiques i estratigràfiques. En aquell temps, a part de

han servido para el modelado numérico de los aportes geoquímicos procedentes de las erupciones volcánicas, desde las de menos explosividad, capaces de generar unos pocos hectómetros cúbicos de ceniza, hasta las de mayor magnitud que pueden llegar a producir depósitos de varios miles de kilómetros cúbicos de materiales piroclásticos.

Como ejemplo de los resultados de estas investigaciones, podemos citar el descubrimiento de la erupción de mayor magnitud del planeta de los últimos 5.000 años, que fue la del Complejo Volcánico de Cerro Blanco en el sur de la Puna, en los Andes Centrales. Esta erupción produjo más 110 km<sup>3</sup> que cayeron en un área de más de 400.000 km<sup>2</sup>. Descubrimientos de este tipo tienen gran interés desde muchos puntos de vista. Los depósitos de ceniza volcánica son un marcador temporal de gran precisión en el registro geológico, ya que estos eventos suelen durar unos pocos días. Además tienen implicaciones ambientales muy notables, por lo que la reconstrucción de cómo impactó esta erupción hace 4.200 años sobre los pobladores cazadores-recolectores existentes en el Cono Sur Americano es una cuestión de gran trascendencia en los estudios arqueológicos. En otro orden temático, probablemente esta erupción, junto con otras, sea la responsable última de que extensas regiones del Cono Sur tengan aguas subterráneas con concentraciones de arsénico tan elevadas que las inhabilita para consumo humano, de ganado e incluso para la agricultura. El registro geológico, por tanto, nos ofrece oportunidades únicas para reconstruir el pasado, desde variaciones climáticas hasta cambios en la calidad del agua, siendo la clave para entender, predecir y prevenir los riesgos geológicos.

on travertine and lacustrine deposits and their relationship to recent climate changes (R. Julià, S. Giralt) and the studies on continental fossil algae (I. Zamarreño, P. Anadón, R. Utrilla). It is also worth mentioning studies of ancient lake deposits from Cenozoic basins of the Iberian Range and the Ebro and Baza basins (P. Anadón, R. Julià, R. Utrilla, A. Vázquez, I. Zamarreño). The scientists worked closely with other agencies through agreements and contracts that included research studies on the sedimentary record of several sedimentary basins: Non-marine basins from NE Spain (MAGNA mapping Plan, Instituto Geológico y Minero de España, IGME), study of the Tertiary in the Tarragona-Lleida area, (Geological Survey of Catalonia), the geological mapping and stratigraphic study of Montserrat (Barcelona Provincial Council).

The paleoenvironmental reconstruction methods used in the ICTJA until a few decades ago were based on classic Sedimentology. They gave information about the physical, and often paleobiological features of the depositional environments. The objective of this line from mid-1980s onwards was the reconstruction of the characteristics of sedimentary environments in the most comprehensive way possible not only using sedimentological and stratigraphic data but, especially, by combining paleoecologic and geochemical approaches. The purpose of this target is a better understanding of the physical, chemical and biological features of depositional environments, to quantify these various parameters and to specify the environmental changes of the past and its origins. Since the mid-1980s, researchers began to apply geochemical methods in sediments and biogenic carbonates for paleoenvironmental reconstructions, especially in marine, lacustrine and terrestrial carbonates. P.



la Geologia Marina, els estudis es focalitzaven en les sèries marines del Miocè del Mediterrani, iniciats per M. Esteban, sobre els esculls messinians, i després per I. Zamarreño, R. Utrilla i A. Vázquez sobre les relacions entre la sedimentació cíclica enregistrada i les variacions climàtiques del Miocè tardà. També es van desenvolupar treballs sobre els carbonats marins recents i antics (I. Zamarreño, A. Vázquez i C. Taberner). Cal afegir els treballs sobre dipòsits lacustres i travertínics i la seva relació amb els canvis climàtics recents (R. Julià, S. Giralt), i els estudis sobre algues continentals fòssils (I. Zamarreño, P. Anadón, R. Utrilla). També cal destacar els treballs sobre els dipòsits lacustres antics de les conques cenozoiques de la Serralada Ibèrica i de les conques de l'Ebre i Baza (P. Anadón, R. Julià, R. Utrilla, A. Vázquez, I. Zamarreño). Els científics implicats van treballar estretament amb altres agències a partir d'acords i contractes que incloïen treballs científics del registre sedimentari a diverses conques: conques no marines del NE d'Espanya (mapes del Pla MAGNA de l'Institut Geològic i Miner d'Espanya, IGME), l'estudi del Terciari de l'àrea de Tarragona-Lleida (Servei Geològic de Catalunya), la confecció del mapa i l'estudi estratigràfic de Montserrat (Diputació Provincial de Barcelona).

Els mètodes de reconstrucció paleoambiental emprats a l'ICTJA fins fa poques dècades estaven basats en la Sedimentologia clàssica. Aquests mètodes donaven informació sobre les característiques físiques, i molt sovint paleobiològiques, dels ambients deposicionals. Des de mitjan dels anys 1980 cap endavant, l'objectiu d'aquesta línia de treball va ser la reconstrucció de les característiques dels

### **Los ambientes sedimentarios y los factores ambiental y climático**

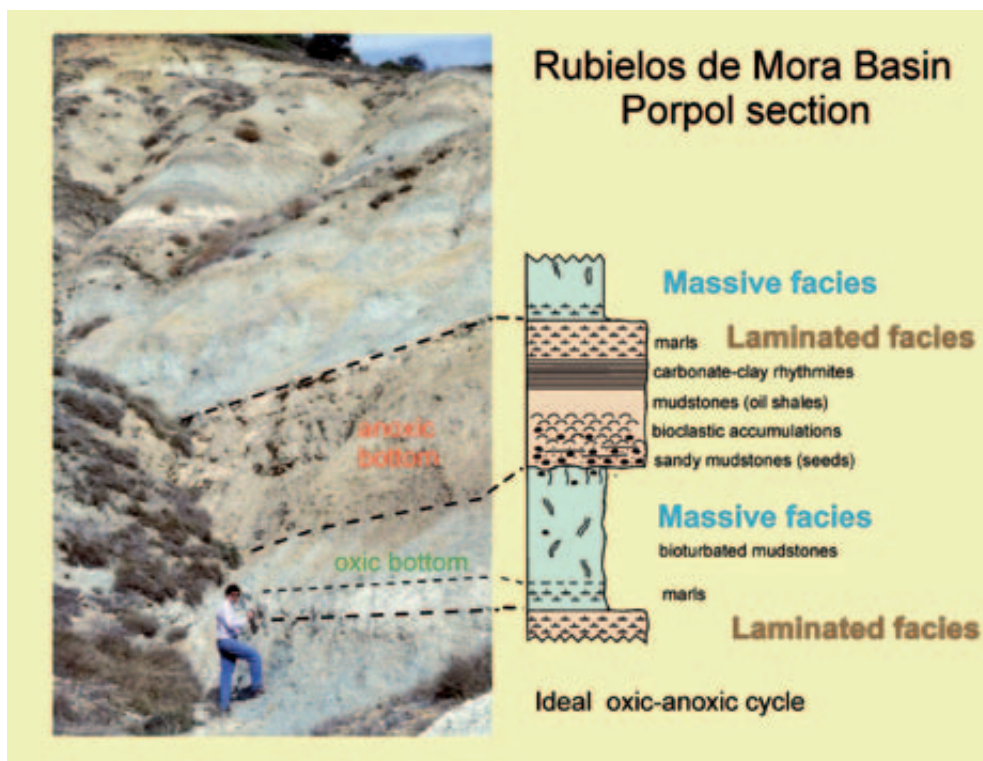
En esta sección se consideran los estudios de las particularidades ambientales actuales y del pasado desde el punto de vista de su registro en el sedimento y su marco climático. Desde esta perspectiva, los ambientes se pueden estudiar por sus depósitos, los restos orgánicos incluidos, las propiedades físicas y químicas de los componentes de los sedimentos y de los fósiles y los escenarios climáticos bajo los cuales tuvo lugar la sedimentación.

Los estudios paleoambientales en el ICTJA de los años 80 y 90 se desarrollaron básicamente desde la perspectiva sedimentológica y estratigráfica. En aquellos tiempos, aparte de la Geología Marina, los estudios focalizaban en las series marinas del Mioceno del Mediterráneo, iniciados por M. Esteban, sobre los arrecifes mesinienses, y después por I. Zamarreño, R. Utrilla y A. Vázquez sobre las relaciones entre la sedimentación cíclica registrada y las variaciones climáticas del Mioceno tardío. También se desarrollaron trabajos sobre los carbonatos marinos recientes y antiguos (I. Zamarreño, A. Vázquez y C. Taberner). También hay que incluir los trabajos sobre depósitos lacustres y travertínicos y su relación con los cambios climáticos recientes (R. Julià, S. Giralt) y los estudios sobre algas continentales fósiles (I. Zamarreño, P. Anadón, R. Utrilla). Cabe destacar los trabajos sobre depósitos lacustres antiguos de las cuencas cenozoicas del Sistema Ibérico y de las cuencas del Ebro y Baza (P. Anadón, R. Julià, R. Utrilla, A. Vázquez, I. Zamarreño). Los científicos implicados trabajaron estrechamente con otras agencias a partir de acuerdos y contratos que incluían

Anadón, R. Julià, C. Taberner, R. Utrilla, A. Vázquez and I. Zamarreño developed these works.

The use of stable isotope geochemistry and the trace-element and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios in biogenic carbonates for paleoenvironmental reconstruction is because the isotopic compositions and the trace-element contents reflect in diverse ways the features of the environments where the calcifying organism formed (i.e. the paleohydrology, hydrochemical composition, and changes in salinity and/or water temperature). The remains of organisms from the studied sediments are selected because of their potential use in paleoclimatic and paleoenvironmental interpretations, depending on their abundance and importance as contributors to carbonate sedimentation, and for their paleobiological significance. The most used biogenic carbonates in these studies, developed by P. Anadón, R. Utrilla and A. Vázquez, are the shells from molluscs and ostracods (small microcrustaceans that produce carapaces formed by two calcite valves) and charophycean algae calcifications.

Therefore, from the second half of the 1980s, the Paleoenvironmental Reconstruction Group has carried out projects in which the classical autoecological and sedimentological techniques of paleoenvironmental interpretation are fully combined with analytical methods, such as atomic emission spectrometry inductively coupled plasma (ICP-AES) and isotope-ratio mass spectrometry (stable C and O isotopes), mainly used in biogenic carbonates. These combined methods have been used for paleoenvironmental reconstructions of lacustrine sequences from the Miocene to the present (Bicorb, Villarroya and Baza basins, Spain). In some cases when



**Seqüència cíclica òxica-anòxica al Cerro Porpol (Miocè, conca de Rubielos de Mora, Terol). Aquesta successió es va dipositar en una rampa marginal de la conca lacustre amb aigües estratificades de forma permanent, a causa de les fluctuacions en el nivell de les aigües anòxiques del fons. La fàcies massiva es va originar per sobre del límit d'aigües òxiques-anòxiques; la fàcies laminada es va formar per sota d'aquest límit. (Autor: P. Anadón, basat en Anadón, Cabrera i Julià, 1998).**

Secuencia cíclica óxica-anóxica en el Cerro Porpol (Mioceno, cuenca de Rubielos de Mora, provincia de Teruel). Esta sucesión se depositó en una rampa marginal de la cuenca del lago debido a las fluctuaciones en el nivel de las aguas de fondo anóxicas en un lago con aguas estratificadas de forma permanente. La facies masiva se originó por encima del límite de aguas óxicas-anóxicas; la facies laminada se formó por debajo de este límite. (Autor: P. Anadón, basado en Anadón, Cabrera y Julià, 1998).

Oxic-anoxic cyclical sequence in the Cerro Porpol (Miocene, Rubielos de Mora Basin, Teruel Province). This succession was deposited in a marginal ramp of a lake basin due to fluctuations in the level of anoxic bottom waters in a lake with permanent stratified waters. The massive facies originated above the limit of oxic-anoxic waters; the laminated facies formed below that limit. (Author: P. Anadón, based on Anadón, Cabrera and Julià, 1988).

ambients sedimentaris de la forma més comprensible possible, no només utilitzant dades sedimentològiques i estratigràfiques, sinó especialment, combinant aproximacions paleoecològiques i geoquímiques. El propòsit era una millor comprensió de les característiques físiques, químiques i biològiques dels ambients deposicionals, la quantificació d'aquests paràmetres i definir els canvis ambientals del passat i el seu origen. Des de mitjan dels anys 1980, els investigadors (P. Anadón, R. Julià, C. Taberner, R. Utrilla, A. Vázquez i I. Zamarreño) van començar a aplicar mètodes geoquímics a l'estudi dels sediments i dels carbonats biogè-

trabajos científicos del registro sedimentario en diversas cuencas sedimentarias: cuencas no marinas del NE de España (mapas del Plan MAGNA del Instituto Geológico y Minero de España, IGME), el estudio del Terciario del área de Tarragona-Lleida (Servei Geològic de Catalunya), la confección del mapa y el estudio estratigráfico de Montserrat (Diputació Provincial de Barcelona).

Los métodos de reconstrucción paleoambiental utilizados en el ICTJA hasta hace pocas décadas estaban basados en la Sedimentología clásica. Estos métodos suministraban

other paleoclimatic proxies such as pollen data have been available, the paleoclimatic approach has been compared (Villarroya, Pliocene, Spain; Valle di Castiglione, Pleistocene and Holocene, Italy and Holocene, Lake Lemán, Switzerland). The same methods for paleoenvironmental interpretations have been used in biogenic carbonates from brackish and marginal marine sequences from the Miocene of Italy.

In recent years, our studies have focused the geochemical and mineralogical features of shells from molluscs and ostracods and calcifications made by charophycean algae, cyanobacteria and microorganisms. Given that in some lakes

tics marins, lacustres i continentals (al·luvials, travertins, etc.) per dur a terme reconstruccions paleoambientals.

La geoquímica d'isòtops estables, d'elements traça i de la relació isotòpica de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  en els carbonats biogènics per a reconstruccions paleoambientals s'utilitza perquè les composicions isotòpiques i el contingut en elements traça reflecteixen de diverses formes les característiques de l'ambient en el qual es va desenvolupar l'organisme calcificador (paleohidrologia, composició hidroquímica i canvis en la salinitat i/o temperatura de l'aigua). S'escullen les restes dels organismes presents en els sediments pel seu potencial ús en les interpretacions paleoclimàtiques i paleoambientals, en funció de la seva abundància i importància com a contribuïdors a la sedimentació carbonatada i per la seva significació paleobiològica. Els carbonats biogènics més emprats en aquests treballs desenvolupats per P. Anadón, R. Utrilla i A. Vázquez són les conquilles de mol·luscs i ostràcodes (petits microcrustacis que produeixen closques formades per dues valves) i les calcificacions d'algues carofícies.

Per tant, des de la segona meitat dels anys 1980, el Grup de Reconstrucció Paleoambiental ha portat a terme projectes de recerca on les tècniques clàssiques d'interpretació paleoambiental, d'autoecologia i sedimentologia s'han complementat amb mètodes analítics, com ara l'espectrometria d'emissió atòmica amb plasma acoblat per inducció (ICP-AES) i l'espectrometria de masses de relacions isotòpiques (isòtops estables de C i O), bàsicament aplicades als carbonats biogènics. Aquests mètodes combinats s'han emprat per a reconstruccions paleoambientals de registres

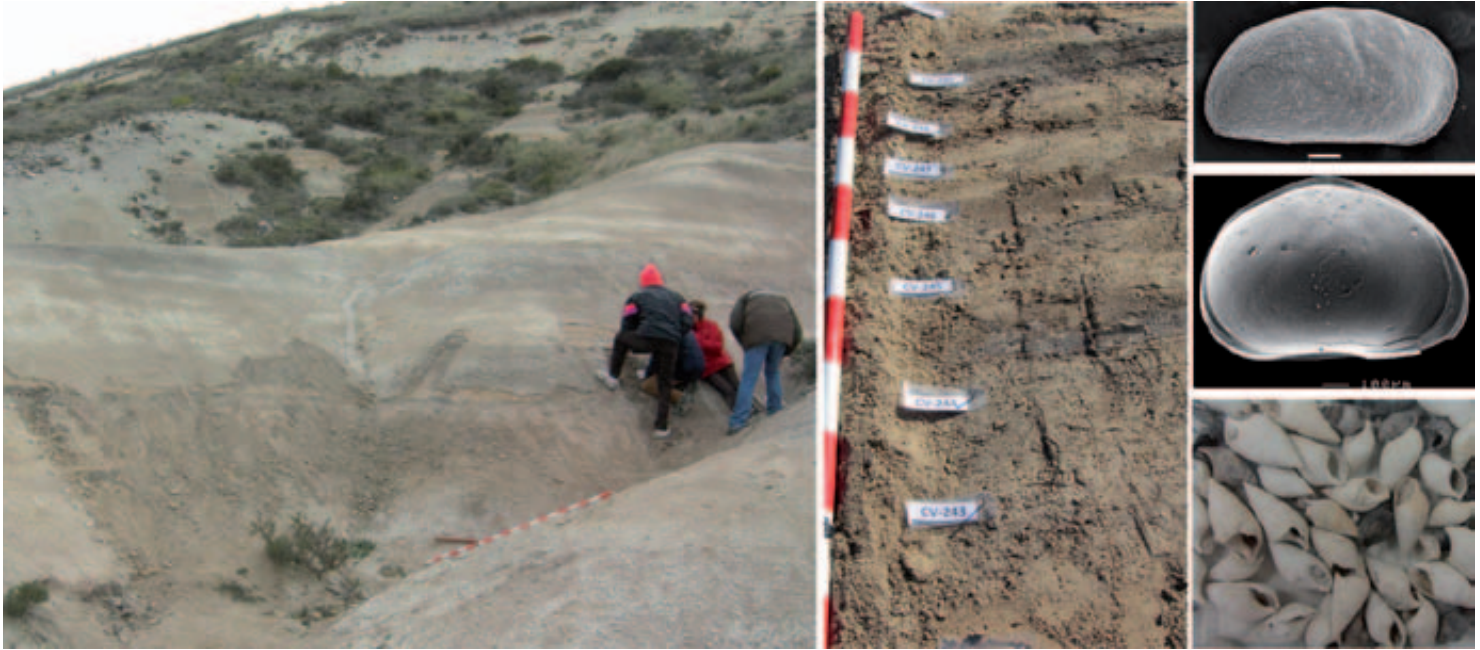
información sobre las características físicas, i muy frecuentemente paleobiológicas, de los ambientes deposicionales. Desde mediados de los años 80 hacia adelante, el objetivo de esta línea de trabajo fue la reconstrucción de las características de los ambientes sedimentarios de la forma más comprensible posible, no sólo utilizando datos sedimentológicos y estratigráficos, pero especialmente, combinando aproximaciones paleoecológicas y geoquímicas. El propósito es una mejor comprensión de las características físicas, químicas y biológicas de los ambientes deposicionales, la cuantificación de estos parámetros y determinar los cambios ambientales del pasado y su origen. Desde mediados de los años 80, los investigadores han empezado a aplicar métodos geoquímicos a los sedimentos y a los carbonatos biogénicos para obtener reconstrucciones paleoambientales, especialmente en carbonatos marinos, lacustres y continentales. P. Anadón, R. Julià, C. Taberner, R. Utrilla, A. Vázquez y I. Zamarreño desarrollaron estos trabajos.

Se utiliza la geoquímica de isótopos estables, de los elementos traza y de la relación de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  presentes en los carbonatos biogénicos para las reconstrucciones paleoambientales porque las composiciones isotópicas y el contenido en elementos traza refleja de diversas formas las características de los ambientes cuando se formó el organismo calcificador (paleohidrologia, composición hidroquímica y cambios en la salinidad y/o temperatura del agua). Se escogen los restos de los organismos presentes en los sedimentos por su potencial uso en las interpretaciones paleoclimáticas y paleoambientales, en función de su abundancia e importancia como contribuïdors a la

the carbonates formed by charophytes are the most abundant sediment, we have boosted the knowledge of the mineralogy and geochemical features of these carbonates and their use for paleoenvironmental interpretations. In this way, we have also worked with experimental cultures of organisms that produce carbonate biomineralizations, especially charophytes, in order to establish the textures that are formed in different experimental conditions and the uptake rates of certain minor, and trace elements in these carbonates. Our studies demonstrated the variability of the mineralogy (calcite, aragonite), textures and trace element uptake (Mg, Sr) in the carbonate biomineralizations of the charophytes (in both stem incrustations and the calcified fruits called gyrogonites) as a function of the chemical composition, the salinity and the temperature of the waters. Therefore, the importance of determining the mineralogy of the charophyte carbonates to be used in paleoenvironmental studies.

For some ostracod taxa, in the temperature range of our cultures, the valve Sr/Ca molar ratios are proportional to the Sr/Ca molar ratios of the waters where the ostracods moulted. The Mg/Ca ratio of the valves seems to be proportional to the Mg/Ca molar ratio of the water and there seems to be a direct relationship between the Mg/Ca and the Sr/Ca of the valves and the temperature of the water where ostracods moulted. The objective of the experiments is to use the results as tools for paleoenvironmental interpretation, especially in current or former lake sequences (i.e. paleolimnology).

Changes in mineralogical and geochemical characteristics have also been studied, together with new minerals that are formed



**Dipòsits lacustres miocens de la zona oriental de la conca del Duero, a Castrillo del Val (Burgos). El mostratge detallat de la seqüència aflorant i la subseqüent selecció del contingut fòssilífer és el primer pas per a les anàlisis geoquímiques de les conques dels diferents taxons (ostràcodes, mol·luscs). La informació geoquímica, junt amb els requeriments ecològics de cada taxó, permet determinar i caracteritzar els canvis ambientals registrats a la seqüència. (Autors: P. Anadón, R. Utrilla, A. Vázquez i J. Rodríguez Lázaro).**

Dipòsits lacustres miocenos de la cuenca este del Duero, en Castrillo del Val (Burgos). El muestreo detallado de la secuencia aflorante y la subsiguiente selección del contenido fósilífero es el primer paso para los análisis geoquímicos de los caparazones de los diferentes taxones (ostrácodos, moluscos). La información geoquímica junto con los requerimientos ecológicos de cada taxón permite determinar y caracterizar los cambios ambientales registrados en la secuencia. (Autores: P. Anadón, R. Utrilla, A. Vázquez y J. Rodríguez Lázaro).

Miocene lacustrine deposits of the Eastern Duero Basin in Castrillo del Val (Burgos). The detailed sampling of the exposed sequence and the subsequent selection of the fossil content is a first step for the geochemical analyses of the shells from the diverse taxa (ostracods, molluscs). The geochemical information together with the ecological requirements of each taxon allows for determining and characterizing the environmental changes recorded in the sequence. (Authors: P. Anadón, R. Utrilla, A. Vázquez and J. Rodríguez Lázaro).

lacustres del Miocè fins al present (conques de Biorb, Villarroya i Baza, Espanya). En alguns casos, quan altres paràmetres paleoclimàtics com ara el pol·len han estat disponibles, aleshores s'han comparat amb l'aproximació paleoclimàtica (Villarroya, Pliocè, Espanya; Valle di Castiglione, Pleistocè i Holocè, Itàlia, i Ilac Leman, Holocè, Suïssa). També s'han utilitzat els mateixos mètodes per a interpretacions paleoambientals en carbonats biogènics de seqüències marines marginals i salabroses del Miocè d'Itàlia.

Recentment, els nostres estudis s'han focalitzat en les característiques geoquímiques i mineralògiques de closques de mol·luscs i

sedimentación carbonatada y por su significación paleobiológica. Los carbonatos biogénicos más utilizados en estos trabajos desarrollados por P. Anadón, R. Utrilla y A. Vázquez son las conchas de moluscos y de ostrácodos (pequeños microcrustáceos que producen caparazones formados por dos valvas) y calcificaciones de algas carofíceas.

Por tanto, desde la segunda mitad de los años 80, el Grupo de Reconstrucción Paleambiental ha llevado a cabo proyectos de investigación donde las técnicas clásicas de interpretación paleoambiental de autoecología y sedimentología se han complementado con métodos analíticos, como la espectrometría de emisión atómica acoplada

after the sedimentation. These changes may affect the initial environmental signals. This branch of research focused on stratigraphic and sedimentological aspects of the record of the environmental changes on the surface of the Earth and the concerned geobiologic and biogeologic studies that allowed the construction of models for environmental changes at different timescales.

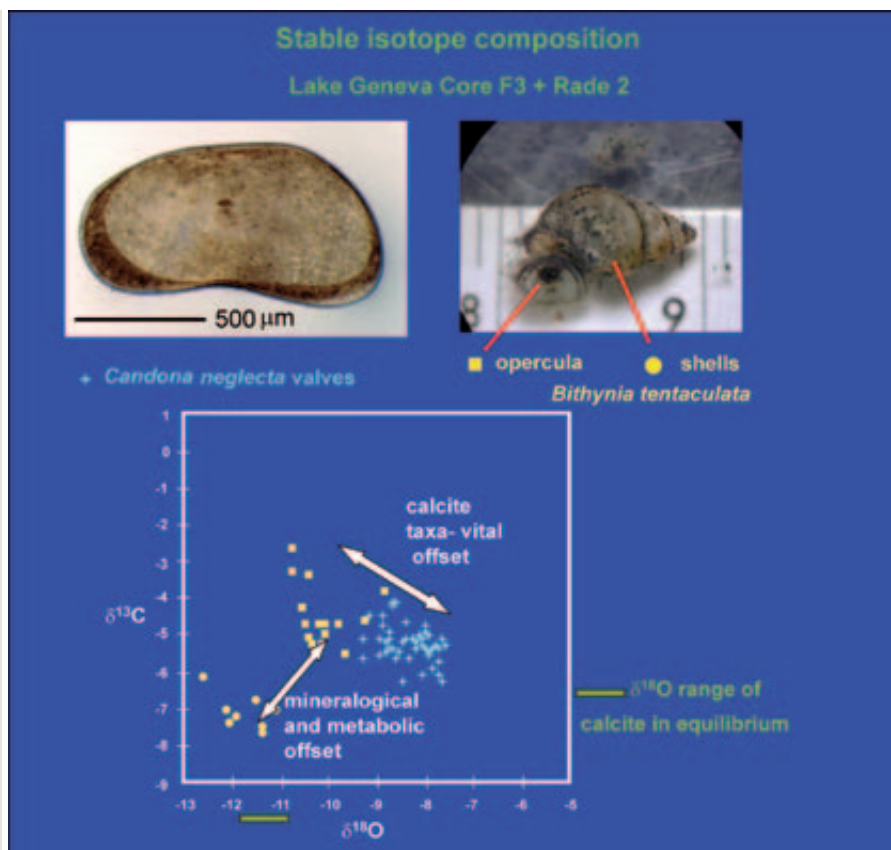
#### **High-resolution temporal reconstruction of the recent climate evolution of the Earth**

The characterization of past climate changes is a critical issue since it allows one to put into a larger temporal perspective than the climate fluctuations evidenced by the meteorolo-

El gràfic il·lustra els diferents registres de la composició isotòpica del C i O de diferents carbonats biogènics d'un testimoni de sondeig de sediments holocènics del llac Lemán. Hi ha un desfasament causat per diferències mineralògiques i metabòliques entre l'aragonita de les closques de gasteròpodes, i la calcita de valves d'ostràcodes i opercles de gasteròpodes. Un altre desfasament dins dels carbonats calcítics es deu a diferents efectes vitals dels taxons, entre els opercles dels gasteròpodes i les valves d'ostràcodes. Els desfasaments cal tenir-los en compte per comparar dades de diferents paràmetres ambientals. (Autors: P. Anadón i J. Rodríguez Lázaro).

El gráfico ilustra los diferentes registros de la composición isotópica del C i del O de diferentes carbonatos biogénicos de un testigo de sedimentos holocenos del lago Lemán. Hay un desfase debido a diferencias mineralógicas y metabólicas entre el aragonito de los caparazones de gasterópodos y la calcita de valvas de ostrácodos y opérculos de gasterópodos. El otro desfase dentro de los carbonatos calcítics es debido a diferentes efectos vitales de los taxones, entre los opérculos de los gasterópodos y las valvas de los ostrácodos. Los desfases hay que tenerlos en cuenta para comparar datos de diferentes parámetros ambientales. (Autores: P. Anadón y J. Rodríguez Lázaro).

The plots illustrate the different record in stable isotopes of C and O provided by diverse biogenic carbonates in a core of Holocene sediments in the Lake Geneva. There is an offset due to mineralogical and metabolic differences between the aragonite from the gastropod shells and the calcite from ostracod valves and gastropod opercula. Another offset within the calcite carbonates is due to the different taxa vital effect, between the gastropod opercula and the ostracod valves. The offsets must be taken into account to compare the data from diverse environmental proxies. (Authors: P. Anadón and Julio Rodríguez Lázaro).



ostràcodes, i en les calcificacions fetes per algues carofícies, cianobacteris i microorganismes. Atès que en alguns llacs els carbonats formats per les carofícies són el sediment més abundant, hem aprofundit en el coneixement de les característiques de la mineralogia i geoquímica d'aquests carbonats i del seu ús per a interpretacions paleoambientals. Així doncs, també hem treballat amb cultius experimentals d'organismes que produeixen biomineralitzacions carbonatades, especial-

ment inductivament a un plasma (ICP-AES) i la espectrometria de masses de relacions isotòpiques (isòtops estables de C i O), bàsicament aplicades a los carbonatos biogénicos. Estos métodos combinados se han utilizado para reconstrucciones paleoambientales de registros lacustres del Mioceno hasta el presente (cuencas de Biorb, Villarroja y Baza, España). En algunos casos, cuando otros parámetros paleoclimáticos, como el polen han estado disponibles, entonces se han comparado con la aproximación paleoclimática

logical instrumental records, and to evaluate them accordingly. The clearest example of this statement can be seen with the present global warming that is affecting our society. The instrumental temperature records of all over the world display that, from ~1880 AD (when reliable near-surface temperature measurements started to be available) to nowadays, the Earth's mean temperature has risen by about 2 °C. Without a larger temporal perspective, it is difficult to assess whether this global warming

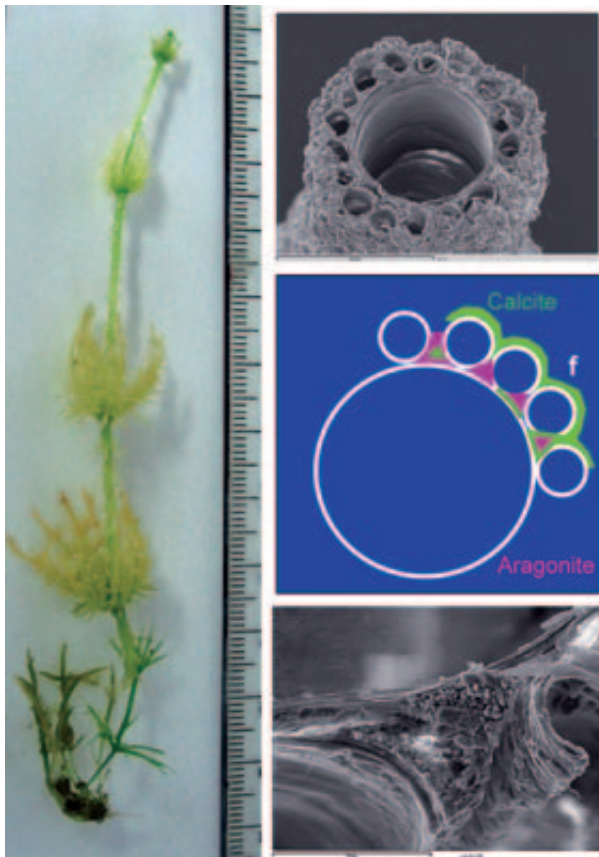
ment carofícies, per tal d'establir les textures que es formen sota diferents condicions experimentals i la incorporació de determinats elements menors i traça en aquests carbonats. Els nostres estudis demostren que la variabilitat mineralògica (calcita, aragonita), de textures i la incorporació d'elements traça (Mg, Sr) en les biomineralitzacions carbonatades de les carofícies (tant en les incrustacions de les tiges com dels fruits calcificats anomenats girogonits) són funció de la composició química

(Villarroya, Plioceno, España; Valle di Castiglione, Pleistoceno y Holoceno, Italia y Lago Lemano, Holoceno, Suiza). También se han utilizado los mismos métodos para las interpretaciones paleoambientales en carbonatos biogénicos de secuencias marinas marginales y salobres del Mioceno de Italia.

Recientemente, nuestros estudios se han focalizado en las características geoquímicas y mineralógicas de los caparzones de moluscos

has a cyclical pattern (and hence it forms part of the natural climate variability of the Earth) or whether it is induced by human activities. The multiple detailed reconstructions of the recent past climate changes have allowed to the scientific community to demonstrate that the global warming that the Earth climate is experiencing today is most probably related to human activity.

There are a large number of natural archives and a huge range of technical approaches (also known



**Carofícies creixent en un cultiu experimental sota condicions controlades de temperatura i de química de l'aigua. La biomineralització de les tiges inclou encrostraments externs de les parets cel·lulars de les cèl·lules externes i rebliments intercel·lulars. La variabilitat de la mineralogia (calcita, aragonita), textures i composició d'elements traça de les biomineralitzacions carbonatades de les carofícies és funció de la composició química, la salinitat i la temperatura de l'aigua i de factors biològics. (Autors: P. Anadón, R. Utrilla, A. Vázquez).**

Carofíceas creciendo en un cultivo experimental bajo condiciones controladas de temperatura y de química del agua. La biomineralización de los tallos incluye encostramientos externos de las paredes celulares de las células externas y rellenos intercelulares. La variabilidad de la mineralogía (calcita, aragonito), texturas y composición de elementos traza de las biomineralizaciones carbonatadas de las carofíceas es función de la composición química, la salinidad y de la temperatura del agua y de factores biológicos. (Autores: P. Anadón, R. Utrilla, A. Vázquez).

Charophyte grown in a culture experiment under controlled temperature and chemistry of the water. The biomineralization in the stems include external encrustations on the cell walls of the external cells and intercellular infills. The variability of the mineralogy (calcite, aragonite), textures and trace element composition in the carbonate biomineralizations of the charophytes is a function of the chemical composition, the salinity and the temperature of the water as well as biological factors. (Authors: P. Anadón, R. Utrilla and A. Vázquez).

ca, de la salinitat i de la temperatura de l'aigua. Per tant, d'aquí la importància de determinar la mineralogia dels carbonats de carofícies per al seu ús en treballs paleoambientals.

En alguns taxons d'ostràcodes, i dins el rang de temperatura dels nostres cultius, la relació molar de Sr/Ca de la valva és proporcional a la relació molar de Sr/Ca de les aigües on els ostràcodes van calcificar. La relació Mg/Ca de les valves sembla ser proporcional a la relació Mg/Ca de l'aigua i sembla existir una relació directa entre les relacions Mg/Ca i Sr/Ca de les valves i la temperatura de l'aigua on els ostràcodes van calcificar. L'objectiu de l'experiment és utilitzar els resultats obtinguts com a eines per a la interpretació paleoambiental, especialment en llacs actuals o antigues seqüències lacustres (paleolimnologia). També s'han estudiat els canvis en les característiques mineralògiques i geoquímiques i els nous minerals que es formen després de la sedimentació. Aquests canvis poden afectar els senyals ambientals inicials. La recerca centrada en aspectes estratigràfics i sedimentològics del registre dels canvis ambientals de la superfície de la Terra, i els corresponents estudis geobiològics i biogeològics, permeten obtenir models de canvis ambientals a diferents escales temporals.

#### **Reconstruccions d'alta resolució temporal de l'evolució climàtica recent de la Terra**

La caracterització dels canvis climàtics del passat és fonamental ja que permet posar en una perspectiva temporal més llarga les fluctuacions climàtiques evidenciades pels registres meteorològics instrumentals i avaluar-los d'acord amb ella. L'exemple més clar d'aquesta afirmació es pot veure amb l'ac-

o ostrácodos y en las calcificaciones hechas por algas carofíceas, cianobacterias y microorganismos. Dado que en algunos lagos los carbonatos formados por las carofíceas es el sedimento más abundante, hemos empujado el conocimiento sobre las características de la mineralogía y la geoquímica de estos carbonatos y su uso en las interpretaciones paleoambientales. Así pues, también hemos trabajado con cultivos experimentales de organismos que producen biomineralizaciones carbonatadas, especialmente carofíceas, con tal de establecer las texturas que se forman bajo diferentes condiciones experimentales y la incorporación de determinados elementos menores y traza en estos carbonatos. Nuestros estudios demuestran que la variabilidad mineralógica (calcita, aragonito), de texturas y la incorporación de elementos traza (Mg, Sr) en las biomineralizaciones carbonatadas de las carofíceas (tanto en las incrustaciones de los tallos como de los frutos calcificados llamados girogonios) son función de la composición química, de la salinidad y de la temperatura del agua. Por tanto, de aquí la importancia de determinar la mineralogía de los carbonatos de carofíceas para su uso en trabajos paleoambientales.

Para algunos de los taxones de ostrácodos, y dentro del rango de temperatura de nuestros cultivos, la relación molar de Sr/Ca de la valva es proporcional a la relación molar de Sr/Ca donde los ostrácodos van a calcificar. La relación Mg/Ca de las valvas parece ser proporcional a la relación Mg/Ca del agua y parece existir una relación directa entre las relaciones Mg/Ca i Sr/Ca de las valvas y la temperatura del agua donde los ostrácodos van a calcificar. El objetivo del experimento es utilizar los re-

as 'proxies') that can be used to reconstruct past climate oscillations. All natural archives have in common that are sensible to climate variables, like precipitation and temperature, and they permanently record them. This vast array of natural archives includes, for example, tree rings, marine and lacustrine sediments, stalagmites and ice caps. The number of techniques or proxies employed to reconstruct past climate variations is huge and it is constantly growing owing to our increasing capacity to analyze smaller samples, and tinier and specific compounds. These proxies can be biological (diatoms, ostracods, pollen, corals), chemical (bulk and compound-specific chemical and/or isotopic compositions), physical (magnetic susceptibility and other properties, p-waves transmission), and geological-sedimentological (mineralogical composition, facies distribution). This large number of potentially interesting natural archives and proxies has led to the research group specializing in one natural archive. They usually collaborate with a large number of different proxy specialists in order to both gain a very detailed knowledge of how past climate fluctuations are recorded in this particular natural archive and obtain robust and reliable past climate reconstructions.

The research on climate reconstructions using recent lacustrine sedimentary archives started at the IJA by the late 1970s when Dr. Ramon Julià published the climate interpretation of Pleistocene lacustrine rythmite sediments from Girona using the changes in ostracod and in pollen contents. He continued to develop his research working with modern lacustrine records from the Pyrenees, central Catalonia (Lake Banyoles) as well as from other regions of the Iberian Peninsula. Arguably his best con-

tual escalfament global que està afectant la nostra societat. Els registres de temperatura instrumentals d'arreu del món mostren que, des d'aproximadament l'any 1880 (quan les mesures fiables de la temperatura superficial de la Terra comencen a estar disponibles) fins a l'actualitat, la temperatura mitjana de la Terra ha pujat aproximadament uns 2 °C. Sense una perspectiva temporal més llarga, és difícil comprovar si aquest escalfament global presenta un patró cíclic (i, per tant, forma part de la variabilitat climàtica natural de la Terra) o està induït per les activitats humanes. Les múltiples reconstruccions detallades de l'evolució climàtica recent han permès a la comunitat científica posar en evidència que és gairebé segur que l'escalfament global que el clima de la Terra està experimentant actualment està relacionat amb les activitats humanes.

Hi ha un gran nombre d'arxius naturals i una immensa quantitat d'aproximacions (també conegudes com a proxies, en anglès) que es poden emprar per reconstruir les oscil·lacions climàtiques passades. Tots els arxius naturals tenen en comú que són sensibles a les variables climàtiques, com ara la precipitació i la temperatura, i que les registren de forma permanent. Aquesta immensa sèrie d'arxius naturals inclouen, per exemple, els anells dels arbres, els sediments lacustres i marins, les estalagmites i els casquets de gel. El nombre de tècniques o proxies que s'utilitzen per reconstruir les variacions climàtiques del passat és realment gran i està creixent constantment a causa de la nostra capacitat progressivament més gran d'analitzar mostres cada vegada més petites, i compostos més específics i concrets. Aquestes tècniques poden ser biològiques

sultados obtenidos como herramientas para la interpretación paleoambiental, especialmente en lagos actuales o antiguas secuencias lacustres (paleolimnología). También se ha estudiado los cambios en las características mineralógicas y geoquímicas y los nuevos minerales que se forman después de la sedimentación. Estos cambios pueden afectar las señales ambientales iniciales. La investigación centrada en aspectos estratigráficos y sedimentológicos del registro de los cambios ambientales de la superficie de la Tierra, y los correspondientes estudios geobiológicos y biogeológicos, permiten obtener modelos de cambios ambientales a diferentes escalas temporales.

#### **Reconstrucciones a alta resolución temporal de la evolución climática reciente de la Tierra**

La caracterización de los cambios climáticos del pasado es fundamental ya que permite poner en una perspectiva temporal más larga las fluctuaciones climáticas evidenciadas por los registros meteorológicos instrumentales y evaluarlos de acuerdo con ella. El ejemplo más claro de esta afirmación se puede observar con el actual calentamiento global que está afectando a nuestra sociedad. Los registros de temperatura instrumentales de alrededor del mundo muestran que, desde aproximadamente el año 1880 (cuando las mediciones fiables de la temperatura superficial de la Tierra empiezan a estar disponibles) hasta la actualidad, la temperatura media de la Tierra ha subido aproximadamente unos 2 °C. Sin una perspectiva temporal más larga, es difícil comprobar si este Calentamiento Global presenta un patrón cíclico (y por tanto forma parte de la variabilidad climática natural de la Tierra) o está inducido por las actividades humanas.

tribution in the paleoclimate arena has been a climate reconstruction for the last 30,000 years carried out by studying the pollen content fluctuations of a 33 m long core extracted in Lake Banyoles (Girona). He was able to identify the terrestrial vegetation response to the abrupt climate fluctuations already described in marine records. This knowledge was also applied to other continental records, such as the Salines playa-lake (Alicante), and carried out by Dr. Francesc Burjachs.

In 2007, this research focus at the ICTJA extended with the incorporation of Dr. Santiago Giralt and other scientific staff, expanding the research geographical areas. At present, this research focus has a double objective: a) to reconstruct at high temporal resolution the long-term evolution of the climate modes that trigger the present-day Earth inter-annual climate variability and b) to develop statistical and mathematical methods to identify and isolate the climate signal from the other environmental signals like anthropogenic activities, volcanic eruptions and earthquakes.

The first objective seeks to quantitatively reconstruct at multiannual/decadal scale 2 of the climate modes that rule most of the present Earth inter-annual climate variability: The El Niño - Southern Oscillation (ENSO) and the North Atlantic Oscillation (NAO). The ENSO is a naturally occurring phenomenon that involves fluctuating ocean temperatures in the equatorial Pacific. For much of the globe, the phenomenon is known as a dominant force causing variations in regional climate patterns. On the other hand, the NAO is a climatic phenomenon that occurs in the North Atlantic Ocean and it is defined as the difference of atmospheric pressure at sea



(diatomees, ostràcodes, pol·len, coralls), químiques (mostra completa o compostos específics i/o composicions isotòpiques), físiques (susceptibilitat magnètica i altres propietats, transmissió d'ones-p) i geològiques-sedimentològiques (composició mineral, distribució de fàcies). Aquesta immensa quantitat d'arxius naturals potencialment interessants i de tècniques ha provocat que els grups de recerca s'hagin especialitzat en un arxiu natural. Aquests grups col·laboren de forma habitual amb un nombre elevat d'especialistes en diferents tècniques tant per entendre de forma molt detallada les fluctuacions climàtiques passades que queden enregistrades en un arxiu climàtic en particular com per obtenir reconstruccions climàtiques robustes i fiables.

La recerca sobre reconstruccions climàtiques utilitzant registres lacustres recents va iniciar-se a l'IJA a final dels anys 1970 quan el Dr. Ramon Julià va publicar la interpretació climàtica d'uns sediments lacustres laminats del Pleistocè de Girona a partir de canvis en el contingut d'ostràcodes (microcrustacis amb una closca carbonatada) i pol·len. El Dr. Julià va continuar desenvolupant la seva recerca en seqüències lacustres modernes dels Pirineus, de la Catalunya Central (estany de Banyoles) i d'altres regions de la Península Ibèrica. Des del punt de vista paleoclimàtic cal destacar la reconstrucció climàtica dels darrers 30.000 anys basada en la caracterització de les fluctuacions del contingut pol·línic d'un testimoni de sediment de 33 m de potència extret de l'estany de Banyoles (Girona). En l'estudi, es va poder identificar la resposta de la vegetació terrestre a les fluctuacions climàtiques abruptes que ja s'havien descrit en registres

Las múltiples reconstrucciones detalladas de los cambios de la evolución climática reciente han permitido a la comunidad científica poner en evidencia que el calentamiento global que el clima de la Tierra está actualmente experimentando está casi con total seguridad relacionado con las actividades humanas.

Hay un gran número de archivos naturales y una inmensa cantidad de aproximaciones (también conocidas como proxies en inglés) que se pueden emplear para reconstruir las oscilaciones climáticas del pasado. Todos los archivos naturales tienen en común que son sensibles a las variables climáticas, como la precipitación y la temperatura, y que estos las registran de forma permanente. Esta inmensa serie de archivos naturales incluye, por ejemplo, los anillos de los árboles, sedimentos lacustres y marinos, estalagmitas y los casquetes de hielo. El número de técnicas o «proxies» que se utilizan para reconstruir las variaciones climáticas pasadas es realmente grande y está constantemente creciendo debido a nuestra capacidad cada vez más grande de analizar muestras cada vez más pequeñas, y compuestos más específicos y concretos. Estas técnicas pueden ser biológicas (diatomeas, ostrácodos, polen, corales), químicas (muestra completa o compuestos específicos i/o composiciones isotópicas), físicas (susceptibilidad magnética y otras propiedades, transmisión de ondas-p) y geológicas-sedimentológicas (composición mineral, distribución de facies). Esta inmensa cantidad de archivos naturales potencialmente interesantes i de tècniques ha provocado que los grupos de investigación se hayan especializado en un archivo natural. Estos grupos colaboran de forma habitual con un número elevado

level between the Icelandic low and the Azores high. Through fluctuations in the strength of this dipole, this climate mode controls the strength and direction of westerly winds and storm tracks across the North Atlantic and, hence, much of the winter precipitation that reaches the European continent.

To fully achieve this first objective, researchers of the ICTJA use high temporal resolution lacustrine sedimentary sequences that are studied using multiple proxies in order to accurately reconstruct the past evolution of these climate modes for the last few millennia. These lacustrine sedimentary records are retrieved from lake bottom sediments all around the world using either a floating raft equipped with a sophisticated coring device or light coring equipment from a boat. The climate modes are being characterized both where they originate (central South Pacific using the lacustrine records of Easter Island for the ENSO or at the Mid North Atlantic Ocean employing lakes from Azores islands) and where they have larger impacts (like the central Andes, the maritime Antarctica islands and the northeastern part of the Iberian Peninsula for the ENSO and most of Spain and Portugal for the NAO).

In this sense, it has been possible, for example, to accurately characterize the ENSO evolution during the last cold spell (the Younger Dryas chronozone, between 12,900 and 11,700 cal years Before Present, BP) just before the onset of the present interglacial period (otherwise known as the Holocene) and its inverse relationship with decadal solar activity. During this very cold period, the ENSO displayed abrupt alternations of decadal periods where this climate mode was active and of short-lived peri-



**La recollida de testimonis de sondeig lacustres es fa utilitzant una plataforma flotant portàtil a sobre de la qual es munta un sistema de perforació complexa. Aquest equipament s'ancora al fons del llac per evitar la migració causada pels corrents dins del llac i els vents. Es poden recuperar del fons dels llacs seqüències de fins a 16 m de potència. (Laguna El Maule, Xile. Autor: Santiago Giralt).**

La recogida de testigos de sondeos lacustres se hace utilizando una plataforma flotante portátil sobre de la cual se monta un sistema de perforación complejo. Este equipamiento se ancla en el fondo del lago para evitar la migración causada por las corrientes dentro del lago y los vientos. Se pueden recuperar del fondo de los lagos secuencias de hasta 16 m de potencia. (Laguna El Maule, Chile, Autor: Santiago Giralt).

The collection of the lacustrine cores is performed using a portable floating raft in which a complete coring system is mounted. This equipment is anchored to the lake floor in order to prevent the drifting owing to lake water currents and winds. Up to 16 m thick sedimentary sequences can be retrieved from the lake floor [Laguna El Maule, Chile, Author: Santiago Giralt].

marins. També va aplicar el seu coneixement a altres registres continentals, com el playa-lake de Salines (Alacant), en col·laboració amb Francesc Burjachs.

L'any 2007 aquesta línia de recerca de l'ICTJA es va expandir amb la incorporació del Dr. Santiago Giralt i altre personal científic, fet que va provocar l'expansió de les àrees geogràfiques de recerca. A l'actualitat, aquesta línia de recerca té una doble objectiu: a) la reconstrucció a alta resolució temporal de l'evolució a llarg termini dels modes climàtics que controlen la variabilitat climàtica interanual de la Terra i b) el desenvolupament de mètodes estadístics i matemàtics per identificar i aïllar el senyal climàtic d'altres senyals ambientals, com ara les activitats antròpiques, les erupcions volcàniques i els terratrèmols.

El primer objectiu persegueix la reconstrucció quantitativa a escala multianual/decennal de dos dels modes climàtics que controlen la variabilitat climàtica interanual de la Terra: El Niño - oscil·lació del sud (ENSO, de la denominació en anglès) i l'oscil·lació de l'Atlàntic Nord (NAO, de la denominació en anglès). L'ENSO és un fenomen natural que implica oscil·lacions de la temperatura oceànica al Pacífic equatorial. A la major part del globus, aquest fenomen és conegut com la força dominant que causa variacions en els patrons climàtics regionals. D'altra banda, la NAO és un fenomen climàtic que succeeix a l'oceà Atlàntic Nord i que es defineix com la diferència normalitzada de pressions atmosfèriques a nivell del mar entre la zona de baixes pressions d'Islàndia i la d'altres pressions de les Açores. A partir de les fluctuacions en la potència d'aquest dipol, aquest mode climàtic controla

de especialistas en diferentes técnicas tanto para entender de forma muy detallada cómo las fluctuaciones climáticas pasadas quedan registradas en un archivo climático en particular como para obtener reconstrucciones climáticas robustas y fiables.

La investigación sobre reconstrucciones climáticas utilizando registros lacustres recientes se inició en el ICTJA a finales de los años 70 cuando el Dr. Ramon Julià publicó la interpretación climática de sedimentos lacustres laminados del Pleistoceno de Girona utilizando cambios en el contenido de ostrácodos (pequeños crustáceos con un caparazón carbonatado) y polen. Continuó desarrollando su investigación trabajando con secuencias lacustres modernas de los Pirineos, de la Catalunya central (lago de Banyoles) así como de otras regiones de la Península Ibérica. Seguramente su mejor contribución a nivel paleoclimático es la reconstrucción climática de los últimos 30.000 años llevada a cabo a partir de la caracterización de las fluctuaciones del contenido polínico de un testigo de sedimento de 33 m de potencia extraído en el lago de Banyoles (Girona). En dicho estudio fue capaz de identificar la respuesta de la vegetación terrestre a las fluctuaciones climáticas abruptas que ya habían sido descritas en registros marinos. También aplicó su conocimiento a otros registros continentales, como el playa-lake de Salines (Alicante) y desarrollado por el Dr. Francesc Burjachs.

En el año 2007, esta línea de investigación se expandió con la incorporación del Dr. Santiago Giralt i otro personal científico, lo que provocó la expansión de las áreas geográficas de investigación. En la actualidad, esta línea de investigación tiene un doble objetivo: a) la re-

ods when it was not. These abrupt climate oscillations triggered rapid fluctuations of regional water availability implying droughts and floods.

Furthermore, the consistent relationship between droughts in the Llobregat River catchment has been demonstrated, as well as an increase of nitrates in this river and La Niña events (positive mode of the ENSO). La Niña events promote year-long droughts, reducing surficial waters runoff and soil moisture, and lowering groundwater levels and Llobregat River discharge. Altogether, this may account for higher-than-usual nitrate storage in the catchment soils of this river. This nitrate excess would be eventually transferred to the river by late-summer and fall precipitation and runoff thus causing nitrate peaks described by the Catalan Water Agency (Agència Catalana de l'Aigua, ACA) and initially attributed to illicit sewage discharges.

The work of the research team dealing with the NAO reconstructions has shown that the signal of this climate mode has changed over the last 2000 years. During the Medieval Climate Anomaly (MCA, the chronozone that spans between 950 AD and 1250 AD), the dominant climate mode was the positive phase of the NAO (i.e. dry and warm conditions in the southwestern European area while wet and cold climate conditions in the northwestern European facade). During the Little Ice Age (LIA, the last cold spell that occurred between 1450 AD and 1850 AD), it was characterized by abrupt fluctuations between the the positive and negative phases (i.e. dry and warm conditions in northwestern European but wet and cold climate conditions in southwestern Europe) of this climate mode.



**El transport de l'equip de sondatge no sempre és una tasca fàcil quan es treballa en àrees especialment remotes, com l'illa de Livingston (Antàrtida marítima). Els trineus tirats pels mateixos investigadors són la millor i més emprada opció encara que és un treball feixuc... (Península de Byers a l'illa de Livingston. Autor: Santiago Giralt).**

El transporte del equipo de sondeo no siempre es una tarea fácil cuando se trabaja en áreas especialmente remotas, como la isla de Livingston (Antártida marítima). Los trineos tirados por los mismos investigadores son la mejor y más empleada opción aunque que es un trabajo arduo... (Península de Byers en la isla de Livingston. Autor: Santiago Giralt).

The transport of the coring material is not an easy task when working on specially protected remote areas, like the Livingston Island (Maritime Antarctica). Sledges pulled by the researchers themselves are the best and most common solution although it is a tough job. (Byers Peninsula on the Livingston Island. Author: Santiago Giralt).

la força i direcció dels vents de l'oest i les rutes de les tempestes que travessen l'Atlàntic Nord i, per tant, gran part de la precipitació d'hivern que arriba al continent europeu.

Per aconseguir el primer objectiu, els investigadors de l'ICTJA utilitzen seqüències sedimentàries lacustres amb una alta resolució temporal que s'estudien mitjançant múltiples tècniques per tal de reconstruir de forma acurada l'evolució d'aquests modes climàtics per als darrers mil·lennis. Aquests registres sedimentaris lacustres s'extreuen dels sediments dipositats en el fons dels llacs d'arreu del món tot emprant una plataforma flotant equipada amb un sofisticat sistema de perforació o bé un equip de sondatge lleuger des d'un bot pneumàtic. Els modes climàtics es caracteritzen on s'originen (la zona central del Pacífic sud tot utilitzant els registres lacustres de l'illa de Pasqua per a l'ENSO o al mig de l'oceà Atlàntic Nord emprant els llacs de les illes Açores) i on tenen el major impacte (com els Andes Centrals, les illes de l'Antàrtida marítima i la zona nord-est de la Península Ibèrica per a l'ENSO i la major part d'Espanya i Portugal per a la NAO).

En aquest sentit, ha estat possible, per exemple, caracteritzar de forma acurada l'evolució de l'ENSO durant el darrer episodi fred (la cronozona del Younger Dryas, que va tenir lloc entre fa 12.900 i 11.700 anys; calendari abans del present (BP, en anglès)) just abans de l'inici de l'actual període interglacial (altrament conegut com a Holocè) i la seva relació inversa amb l'activitat solar decennal. Durant aquest període de fred intens, l'ENSO va mostrar alternances abruptes de períodes decennals on aquest mode climàtic va ser actiu i períodes de temps

construcció a alta resolució temporal de la evolució a largo plazo de los modos climáticos que controlan la variabilidad climática interanual de la Tierra y b) el desarrollo de métodos estadísticos y matemáticos para identificar y aislar la señal climática de otras señales ambientales, como las actividades antrópicas, las erupciones volcánicas y los terremotos.

El primer objetivo persigue la reconstrucción cuantitativa a escala multianual/decadal de dos de los modos climáticos que controlan la variabilidad climática interanual de la Tierra: El Niño - oscilación del sur (ENSO, en inglés) y la oscilación del Atlántico Norte (NAO, en inglés). El ENSO es un fenómeno natural que implica oscilaciones de la temperatura oceánica en el Pacífico ecuatorial. En la mayor parte del globo terráqueo, este fenómeno es conocido como la fuerza dominante que causa variaciones en los patrones climáticos regionales. Por otro lado, la NAO es un fenómeno climático que sucede en el océano Atlántico Norte y que se define como la diferencia normalizada de presiones atmosféricas a nivel del mar entre la zona de bajas presiones de Islandia y la de altas presiones de las Azores. A partir de las fluctuaciones en la potencia de este dipolo, este modo climático controla la fuerza y dirección de los vientos del oeste y las rutas de las tormentas que atraviesan el Atlántico Norte y, por tanto, mucha de la precipitación de invierno que llega al continente europeo.

Para conseguir el primer objetivo, los investigadores del ICTJA utilizan secuencias sedimentarias lacustres con una alta resolución temporal que son estudiadas mediante múltiples técnicas para reconstruir de forma precisa la evolución de estos modos climáticos para los últimos

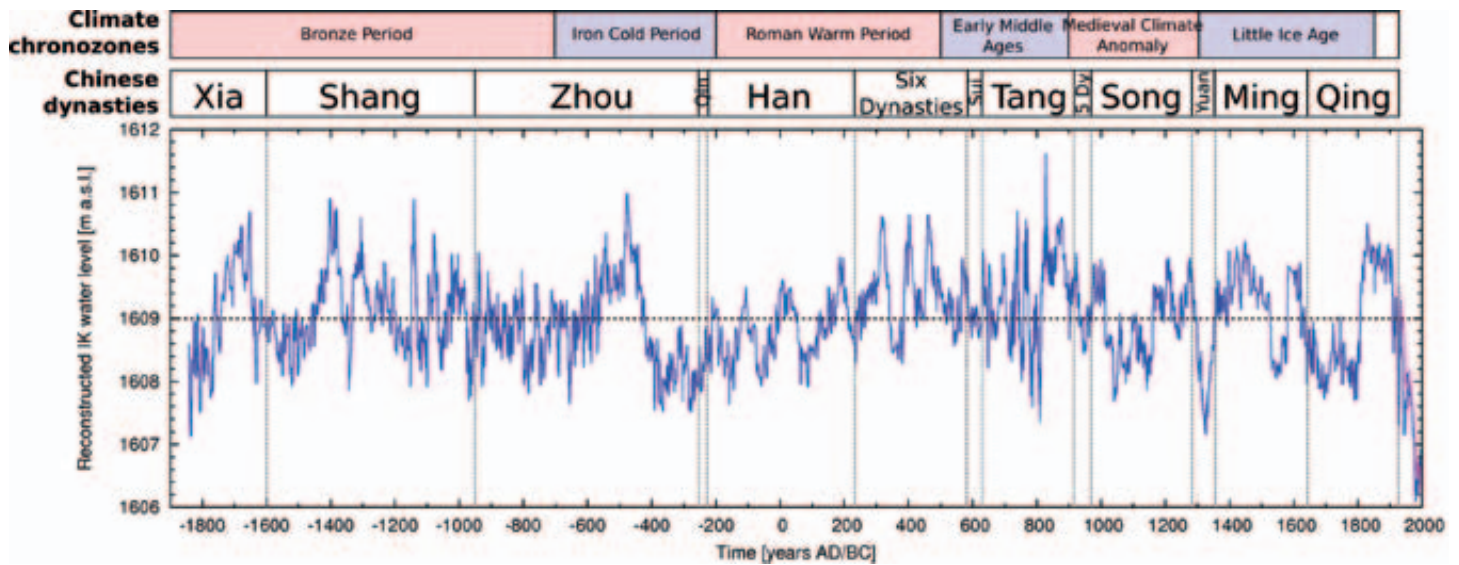
The second objective, i.e. the development of statistical techniques for paleoclimate purposes, is being fulfilled by using classical and cutting-edge statistical tools that help to identify and isolate the climate signal from the other environmental signals present in the sediments, and quantitatively to reconstruct these climate signals. For that, exhaustive climate studies are carried out using both meteorological instrumental and reanalysis datasets (i.e. high-temporal resolution climate data obtained by climate modeling from sparse instrumental climate data). Once it is well established how the different climate modes act on the lakes and in which season or period of time they have their maximum impact, then an accurate model is established between the limnological behavior and previous climate information. Afterwards, advanced mathematical tools, like the Bayesian inference, are used on selected proxies such as the chemical composition of the lacustrine sediments obtained by X-ray fluorescence analysis to reconstruct the impact of the previously identified climate modes on the studied region. In this sense, the research team has recently obtained the quantitative reconstruction of the impact of the NAO mode in the Central Range for the last 2000 years. These reconstructions also show that the MCA was dominated by the positive NAO mode whereas the LIA displayed an alternation between positive and negative NAO conditions.

Very recently, the research focus has benefited from the incorporation of another researcher (Dr. Valentí Rull) who works within the field of Ecological Paleoecology, using a variety of palynological and paleoecological methods (i.e. non-pollen palynomorphs, macrofossils,

curt on no ho va ser. Aquestes oscil·lacions climàtiques abruptes van provocar fluctuacions ràpides de la disponibilitat hídrica regional, i van implicar sequeres i inundacions.

milenios. Estos registros sedimentarios lacustres se extraen de los sedimentos depositados en el fondo de los lagos de alrededor del mundo mediante el uso tanto de una plataforma flo-

and phytoliths) from bogs and lake sediments, aims to reconstruct past communities and their trends over time. This new research branch focuses on making progresses in understanding



**Reconstrucció quantitativa i a alta resolució temporal del nivell del llac Issyk-Kul (Kirguizstan, Àsia Central) en els darrers 4.000 anys obtinguda a partir de la caracterització multiparamètrica dels sediments del fons del llac. La línia rosada correspon a mesures instrumentals del nivell del llac que van permetre convertir la reconstrucció qualitativa del nivell del llac en quantitativa (línia blava). Quan es compara aquesta reconstrucció del nivell del llac amb la duració de les dinasties xineses, es pot observar una clara influència en aquestes de les oscil·lacions climàtiques. Així, quasi totes les dinasties xineses que van durar poc temps i la major part de les caigudes de les dinasties corresponen o bé a períodes àrids abruptes o amb fluctuacions climàtiques de llarg termini. (Autor: Santiago Giral, basat en Giral, 2015).**

Reconstrucción cuantitativa del nivel del lago y a alta resolución temporal para los últimos 4.000 años obtenida a partir de la caracterización multiparamétrica de los sedimentos del fondo del lago Issyk-Kul (República del Kyrgyzstan, Asia Central). La línea rosada corresponde a mediciones instrumentales del nivel del lago que permitieron convertir la reconstrucción cualitativa del nivel del lago en cuantitativa (línea azul). Cuando se compara esta reconstrucción del nivel del lago con las dinastías chinas, se puede observar una clara influencia de las oscilaciones climáticas. Casi todas las dinastías chinas que duraron poco tiempo y la mayor parte de las caídas de las dinastías corresponden o bien con periodos áridos abruptos o con fluctuaciones climáticas de largo plazo. (Autor: Santiago Giral, basado en Giral, 2015).

High-temporal resolution quantitative lake level reconstruction for the last 4,000 years obtained from the multiproxy characterization of the lake bottom sediments of Lake Issyk-Kul (Republic of Kyrgyzstan, Central Asia). The pink line corresponds to the instrumental lake level measurements that allowed for converting the qualitative lake level reconstruction (blue line) into a quantitative one. When comparing this lake level reconstruction with the Chinese dynasties, a clear influence of the climate oscillations arises. Almost all short-living Chinese dynasties and most of the dynasties that fell correspond either to abrupt arid periods or to long-term climate fluctuations. (Based on Giral, 2015).

A més, s'ha posat en evidència la ferma relació entre les sequeres que afecten la conca del riu Llobregat, l'increment de nitrats en aquest riu i els esdeveniments de La Niña (el mode positiu de l'ENSO). Els anys de La Niña promouen sequeres que duren la major part de l'any, i redueixen l'escolament superficial i la humitat del sòl, fet que fa baixar els nivells dels aqüífers i la descàrrega del riu Llobregat. Tot plegat pot provocar una acumulació de nitrats més alta de l'habitual en els sòls de la conca d'aquest riu. Aquest excés de nitrats pot ser eventualment transferit al riu per les precipitacions i l'escolament de final de l'estiu - principi de la tardor, i causar pics de nitrats descrits per l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) i inicialment atribuïts a abocaments il·legals de purins.

Els treballs del nostre Grup de Recerca respecte a les reconstruccions de la NAO han posat en evidència que aquest mode climàtic ha anat canviant al llarg dels darrers 2000 anys. Durant l'Anomalia Climàtica Medieval (MCA, de la denominació en anglès, la cronozona situada entre els anys 950 i 1250) el mode climàtic dominant va ser la fase positiva de la NAO (condicions seques i càlides en el sud-oest d'Europa i, en canvi, condicions humides i fredes al nord-oest de la façana europea). La Petita Edat de Gel (LIA, de la denominació en anglès; el darrer episodi fred que va succeir entre els anys 1450 i 1850) es va caracteritzar per fluctuacions abruptes entre les fases positives i negatives (condicions seques i càlides al nord-oest europeu i condicions fredes i humides al sud-oest de la façana europea) d'aquest mode climàtic.

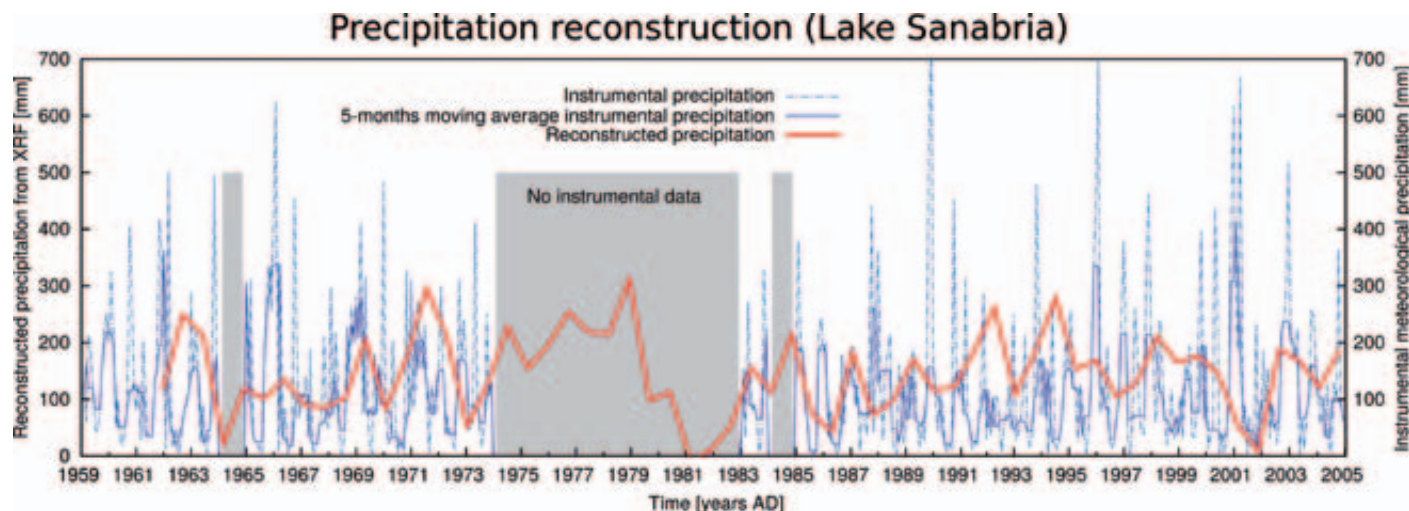
El segon objectiu, és a dir, el desenvolupament de tècniques estadístiques per a propòsits

tante equipada con un sofisticado sistema de perforación como un equipo de sondeo ligero desde un bote neumático. Los modos climáticos se caracterizan donde se originan (la zona central del Pacífico sur usando los registros lacustres de la isla de Pascua para el ENSO o en el medido del océano Atlántico Norte empleando los lagos de las islas Azores) y donde tienen el mayor impacto (como los Andes centrales, las islas de la Antártida marítima y la zona noroeste de la Península Ibérica para el ENSO y la mayor parte de España y Portugal para la NAO).

En este sentido, ha sido posible, por ejemplo, caracterizar de forma precisa la evolución del ENSO durante el último episodio frío (la cronozona del Younger Dryas, entre los 12.900 y los 11.700 años calendario antes del presente (BP, en inglés)) justo antes del inicio del actual periodo interglacial (también conocido como Holoceno) y su relación inversa con la actividad solar decadal. Durante este periodo de intenso frío, el ENSO mostró alternancias abruptas de periodos decadales donde este modo climático fue activo y cortos periodos de tiempo donde no lo fue. Estas oscilaciones climáticas abruptas provocaron fluctuaciones rápidas de la disponibilidad hídrica regional, implicando sequías e inundaciones.

Además, se ha puesto de manifiesto la relación consistente entre las sequías que afectan a la cuenca del río Llobregat, el incremento de nitratos en este río y los eventos de La Niña (el modo positivo del ENSO). Los años Niña promueven sequías que duran la mayor parte del año, reduciendo la escorrentía superficial, la humedad del suelo, bajando los niveles de los acuíferos y la descarga del río Llobregat. Todo junto puede provocar la acumulación de

the role of human and climatic drivers as causes of ecological change, unraveling the evolutionary relevance of environmental changes in relation to the generation of extant biodiversity changes, and improving predictions on biotic responses to eventual future climatic scenarios.



**Reconstrucció quantitativa (línia vermella gruixuda) de les precipitacions pel període 1959-2005 deduïda a partir de la composició química dels sediments del fons del llac de Sanabria (Zamora, Espanya). Aquesta reconstrucció climàtica ens va permetre omplir el buit dels registres meteorològics instrumentals (línies blaves fines). La comparació d'aquesta reconstrucció amb les dades meteorològiques instrumentals procedents dels voltants mostra que el llac actua com un filtre de baixa freqüència, eliminant les oscil·lacions d'alta freqüència i només registrant les tendències de precipitació a escala decenal. (Autor: Santiago Giralt, basat en Giralt et al., 2009).**

Reconstrucción cuantitativa (línea roja gruesa) de la precipitación obtenida a partir de la composición química de los sedimentos del fondo del lago de Sanabria (Zamora, España) para el periodo de 1959 - 2005. Esta reconstrucción climática nos permitió llenar el vacío en los registros meteorológicos instrumentales (líneas azules finas). La comparación de esta reconstrucción de la precipitación con la precipitación procedente de datos meteorológicos instrumentales procedentes de los alrededores muestra que el lago actúa como un filtro de baja frecuencia, eliminando las oscilaciones de alta frecuencia y sólo registrando las tendencias de la precipitación a escala decenal. (Autor: Santiago Giralt, basado en Giralt et al. 2009).

Quantitative precipitation reconstruction (red thick line) carried out using the chemical composition of the lake bottom sediments of Lake Sanabria (Zamora, Spain) for the 1959-2005 period. This climate reconstruction allowed us to fill in the gap of the instrumental meteorological records (thin blue lines). The comparison of this precipitation reconstruction with the meteorological instrumental precipitation record located nearby shows that the lake acted as a low-pass filter, eliminating the high-frequency oscillations and only recording the decadal precipitation trends. (Based on Giralt et al. 2009).

paleoclimàtics, s'aconsegueix utilitzant eines estadístiques clàssiques i capdavanteres, les quals permeten la identificació i l'aïllament del senyal climàtic respecte d'altres senyals ambientals presents en els sediments i la seva reconstrucció quantitativa. Per això, es porten a terme treballs climàtics exhaustius que utilitzen tant dades meteorològiques instru-

nitratos más alta de lo habitual en los suelos de la cuenca de este río. Este exceso de nitratos puede ser eventualmente transferido al río por las precipitaciones y la escorrentía de finales del verano - principios del otoño, causando picos de nitratos descritos por la Agència Catalana de l'Aigua (ACA) e inicialmente atribuidos a vertidos ilegales de purines.



mentals com de reanàlisi (dades climàtiques d'alta resolució temporal obtingudes a partir de la modelització climàtica de dades climàtiques instrumentals disperses). Una vegada està ben establert com els diferents modes climàtics actuen en els llacs i en quina estació o període de temps tenen el seu màxim impacte, aleshores es realitza una modelització acurada entre el comportament limnològic i la informació climàtica prèviament indicada. Posteriorment, s'utilitzen tècniques matemàtiques avançades, com la inferència bayesiana sobre determinats paràmetres, com ara la composició química dels sediments lacustres obtinguda mitjançant l'anàlisi per fluorescència de raigs X, per reconstruir quantitativament l'impacte dels modes climàtics prèviament identificats a la regió objecte d'estudi. Així, el Grup de Recerca ha obtingut recentment la reconstrucció quantitativa de l'impacte de la NAO en el Sistema Central per als darrers 2000 anys. Aquestes reconstruccions també mostren que la MCA va estar dominada pel mode positiu de la NAO mentre que la LIA va presentar una alternança entre condicions de predominança de NAO positiva i negativa.

Molt recentment, la línia de recerca s'ha beneficiat de la incorporació d'un altre investigador (Dr. Valentí Rull), que treballa en el camp de la Paleoecologia Ecològica. En aquesta disciplina, i utilitzant una gran varietat de mètodes palinològics i paleoecològics (palinomorfs no pol·línics, microfòssils, fitòlits) presents en sediments lacustres i torberes, es pretén reconstruir les comunitats vegetals del passat i les seves tendències temporals. Aquesta nova línia de recerca s'enfoca a millorar la comprensió del paper dels motors climàtic i

Los trabajos de nuestro Grupo de Investigación respecto a las reconstrucciones de la NAO han puesto de manifiesto que este modo climático ha ido cambiando a lo largo de los últimos 2000 años. Durante la Anomalía Climática Medieval (MCA, en inglés, la cronozona situada entre los años 950 y 1250) el modo climático dominante fue la fase positiva de la NAO (condiciones secas y cálidas en el sudoeste de Europa mientras hay condiciones húmedas y frías al noroeste de la fachada europea). Durante la Pequeña Edad de Hielo (LIA, en inglés, el último pulso frío que ocurrió entre los años 1450 y 1850) se caracterizó por fluctuaciones abruptas entre las fases positivas y negativas (condiciones secas y cálidas en el noroeste europeo y condiciones frías y húmedas en el sudoeste de la fachada europea) de este modo climático.

El segundo objetivo, es decir, el desarrollo de técnicas estadísticas para propósitos paleoclimáticos, se consigue utilizando herramientas estadísticas clásicas y punteras, que permiten la identificación y aislamiento de la señal climática de otras señales ambientales presentes en los sedimentos y su reconstrucción cuantitativa. Para ello, se llevan a cabo trabajos climáticos exhaustivos utilizando tanto datos meteorológicos instrumentales como de reanálisis (datos climáticos de alta resolución temporal obtenidos a partir de la modelización climática de datos climáticos instrumentales dispersos). Una vez está bien establecido como los diferentes modos climáticos actúan en los lagos y en que estación o periodo de tiempo tienen su máximo impacto, se realiza una modelización detallada entre el comportamiento limnológico del lago y la información climática previamente indicada. Posteriormente, técni-



**La dominància a llarg termini d'un mode climàtic com la NAO ha tingut grans i profunds impactes en ecosistemes vulnerables com llacs i rius. Molts dels llacs d'alta muntanya van estar gelats bona part de l'any durant la LIA mentre que quasi no van desenvolupar una coberta de gel a la MCA (Laguna Mediana, Sistema Central).**

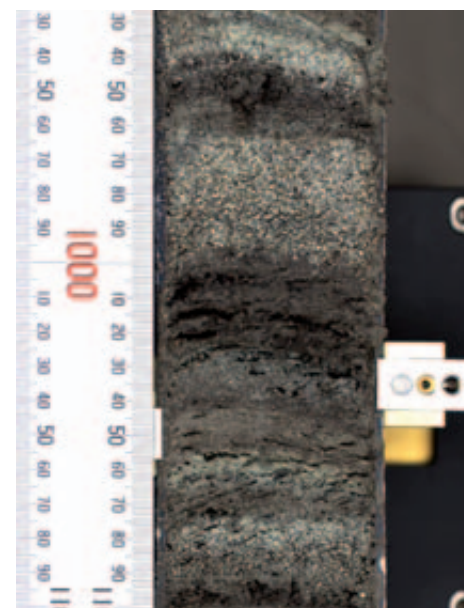
La dominancia a largo plazo de un modo climático como la NAO ha tenido grandes y profundos impactos en ecosistemas vulnerables como los lagos y ríos. Muchos de los lagos de alta montaña estuvieron helados buena parte del año durante la LIA mientras que casi no desarrollaron una cubierta helada durante la MCA (Laguna Mediana, Sistema Central).

The long-term dominance of a specific climate mode, like the NAO, have had large and profound impacts on vulnerable environments such as lakes and streams. Many high-mountain lakes were frozen during most part of the year during the LIA whereas they did not almost develop ice-cover during the MCA (Laguna Mediana, Sistema Central).

humà com a causes dels canvis ecològics, tot desxifrant la rellevància evolutiva dels canvis ambientals en relació amb la generació dels canvis existents en la biodiversitat i millorant les prediccions de la resposta biòtica a eventuais escenaris climàtics futurs.

cas matemáticas avanzadas, como la inferencia bayesiana, se utilizan sobre determinadas técnicas, como la composición química de los sedimentos lacustres obtenida mediante el análisis por fluorescencia de rayos-x, para reconstruir cuantitativamente el impacto de los modos climáticos previamente identificados en la región objeto de estudio. Así, el grupo de investigación ha obtenido recientemente la reconstrucción cuantitativa del impacto de la NAO en el Sistema Central en los últimos 2000 años. Estas reconstrucciones también muestran que la MCA estuvo dominada por el modo positivo de la NAO mientras que la LIA presentó una alternancia entre condiciones de predominancia de NAO positiva y negativa.

Muy recientemente, la línea de investigación se ha beneficiado de la incorporación de otro investigador (Dr. Valentí Rull), que trabaja en el campo de la Paleoecología Ecológica, en la que, utilizando una gran variedad de métodos palinológicos y paleoecológicos y técnicas (como los palinomorfos no-polínicos, los macrofósiles y los fitolitos) presentes en los sedimentos lacustres y en turberas, pretende reconstruir las comunidades vegetales del pasado y sus tendencias temporales. Esta nueva línea de investigación focaliza en progresar en la comprensión del papel de los motores climático y humano como las causas de los cambios ecológicos, descifrando la relevancia evolutiva de los cambios ambientales en relación con la generación de los cambios existentes en la biodiversidad y mejorando las predicciones de la respuesta biòtica a eventuales escenarios climáticos futuros.



**Els sediments lacustres mostren de forma evident canvis climàtics abruptes a partir de variacions en llur litologia. Aquests canvis litològics reflecteixen, entre d'altres, fluctuacions en el règim local de precipitacions i/o temperatura. Els llacs situats en el Pirineu, com el llac Llebreta, mostren un increment de dipòsits arenosos durant la LIA, que pot atribuir-se a un increment en l'índex de tempestes.**

Los sedimentos lacustres muestran de forma clara cambios climáticos abruptos a partir de variaciones en su litología. Estos cambios litológicos reflejan, entre otras, fluctuaciones en el régimen local de precipitación y/o temperatura. Los lagos situados en los Pirineos, como el lago Llebreta, muestran un incremento de depósitos arenosos durante la LIA, que puede atribuirse a un incremento del índice de tormentas.

Lake sediments clearly display abrupt climate changes through sharp variations in their lithology. These lithological changes reflect, among others, fluctuations in the precipitation and/or temperature local regime. Lakes in the Pyrenees, like Llebreta Lake, show an increase of sandy deposits, which could be related to an enhancement of the storminess, during the LIA.

# MODELITZACIÓ GEOFÍSICA I GEOQUÍMICA DE RISCOS GEOLÒGICS I RECURSOS DEL SUBSÒL

## MODELIZACIÓN GEOFÍSICA Y GEOQUÍMICA DE RIESGOS GEOLÓGICOS Y RECURSOS DEL SUBSUELO

### GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL MODELING OF GEOHAZARDS AND SUBSURFACE RESOURCES

Maria José Jurado

#### ■ L'origen i la consolidació del Grup de Recerca

El Grup de Modelització Geofísica i Geoquímica de Riscos Geològics i Recursos del Subsòl es va formar l'any 2006 i aglutina investigadors i investigadores que, des de diferents perspectives i disciplines, aborden l'estudi dels riscos geològics i també dels recursos del subsòl. Aquest és l'eix comú de la recerca que es desenvolupa dintre del Grup. Diversos tipus d'estudis geològics, geoquímics i geofísics s'apliquen a la investigació, la interpretació i la modelització de processos naturals lligats als riscos naturals i als recursos. En gran part, l'origen dels riscos naturals es troba en el subsòl i des del Grup s'aborda la recerca sobre el vulcanisme, la sismologia i diverses tècniques geofísiques; l'anàlisi de falles i estructures actives, i l'estabilitat i el potencial d'esllavissaments o la transferència química, ja sigui al mateix subsòl o a la superfície.

La complexitat i la diversitat de processos lligats als riscos i als recursos al subsòl fa necessària una aproximació multidisciplinària i l'anàlisi des de diferents línies de recerca. Aquesta aproximació multidisciplinària a l'estudi del subsòl i als riscos geològics dona

#### ■ El origen y la consolidación del Grupo de Investigación

El Grupo de Modelización Geofísica y Geoquímica de Riesgos Geológicos y Recursos del Subsuelo se formó en 2006 y aglutina investigadores que, desde diferentes perspectivas y disciplinas, abordan el estudio de los riesgos geológicos y también de los recursos del subsuelo. Este es el eje común de la investigación que se desarrolla dentro del Grupo. Se aplican varios tipos de estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos a la investigación, la interpretación y la modelización de procesos naturales ligados a los riesgos naturales y los recursos. En gran parte, el origen de los riesgos naturales se encuentra en el subsuelo y desde el Grupo se aborda la investigación sobre el vulcanismo, la sismología y diversas técnicas geofísicas; el análisis de fallas y estructuras activas, y la estabilidad y el potencial de deslizamientos o la transferencia química, ya sea en el mismo subsuelo o en la superficie.

La complejidad y la diversidad de procesos ligados a los riesgos y a los recursos en el subsuelo hacen necesaria una aproximación multidisciplinar y el análisis desde diferentes líneas de investigación. Esta aproximación

#### ■ Origin and consolidation of the Research Group

The Group was created in 2006 and includes researchers who focus on the study of geological hazards and subsurface resources from different perspectives. Different methodologies are applied to research on geological, geochemical and geophysical hazards and subsurface resources. The origin of natural hazards is mainly in the subsurface and the research topics of the Group cover volcanism, seismology and different geophysical techniques, fault studies and active fault monitoring, and slope stability and landslide hazards or chemical transfer in the surface and the subsurface.

The complexity and diversity of the processes bound to hazards and subsurface resources require a multidisciplinary approach and analysis from different lines of research. The multidisciplinary approach to the study of the subsurface and geohazards focuses mainly on the geological processes. Therefore, one focus of the group is also the development of analytical tools and methodologies in geochemistry, topography, landscape and subsurface characterization, and surface and remote sensing.

especial rellevància a la física dels processos geològics. Per això una part essencial de la recerca s'ha enfocat al desenvolupament d'eines analítiques específiques i també metodologies en Geoquímica, reconeixements del terreny, caracterització en el subsòl, reconeixements i estudis en superfície i teledetecció.

Un dels trets diferencials del Grup de Recerca és el desenvolupament de metodologies innovadores que col·loquen la recerca en una posició de referent internacional. També en aquest sentit és molt destacable i molt ampli el ventall de col·laboracions amb grups nacionals i internacionals des de les diferents línies de recerca. També és molt remarcable el gran nombre d'investigadors en formació i investigadors sènior que han fet estades i desenvolupat recerca i tesis doctorals en els darrers anys.

La recerca portada a terme últimament ha donat lloc al desenvolupament i a la consolidació de diverses línies de treball. El Grup és referent a escala internacional en diverses d'aquestes línies de treball. A continuació es presenten les principals aportacions a l'avenç científic dels darrers anys.

#### **Simulació de Processos Geològics. Mètodes Numèrics i Experimentals i Vulcanologia**

Joan Martí, Adelina Geyer i Carles Soriano han desenvolupat l'activitat en aquesta línia de treball, que s'ha centrat recentment en l'estudi del vulcanisme i els riscos associats a les illes Canàries, en particular a Tenerife. També s'han desenvolupat estudis en les zones volcàniques d'Olot, Girona, Cabo de Gata o illa Decepció a l'Antàrtida, entre altres zones volcàniques. Des del Grup es va participar en

multidisciplinar al estudio del subsuelo y los riesgos geológicos de especial relevancia a la física de los procesos geológicos. Por eso una parte esencial de la investigación se ha enfocado al desarrollo de herramientas analíticas específicas y también metodologías en Geoquímica, reconocimientos del terreno, caracterización en el subsuelo, reconocimientos y estudios en superficie y teledetección.

Uno de los rasgos diferenciales del Grupo de Investigación es el desarrollo de metodologías innovadoras que colocan la investigación en una posición de referente internacional. También en este sentido es muy destacable y muy amplio el abanico de colaboraciones con grupos nacionales e internacionales de las diferentes líneas de investigación. También es muy destacable el gran número de investigadores en formación e investigadores senior que han realizado estancias y desarrollado investigación y tesis doctorales en los últimos años.

La investigación llevada a cabo últimamente ha dado lugar al desarrollo y consolidación de varias líneas de trabajo. El Grupo es referente a nivel internacional en varias de estas líneas de trabajo. A continuación se presentan las principales contribuciones al avance científico de los últimos años.

#### **Simulación de Procesos Geológicos. Métodos Numéricos y Experimentales y Vulcanología**

Joan Martí, Adelina Geyer y Carles Soriano han desarrollado la actividad en esta línea de trabajo, que se ha centrado recientemente en el estudio del vulcanismo y los riesgos asociados en las islas Canarias, en particular en Tenerife. También se han llevado a cabo estudios en las

The development of new and innovative methodologies has placed the Research Group at a reference position in the international context. Consequently, a large number of research cooperation agreements exist at both the national and international levels. Also remarkable is the great number of young and senior researchers who have visited or worked with the Group and developed research and PhD theses.

The intense research activity developed in recent years has led to the full development and consolidation of the different lines of research within the Group. For some of them the Group is a reference at the international level. In the following, we refer to the main activities, scientific advances and contributions developed in the last few years.

#### **Geological Processes Simulation. Numerical and Experimental Methods and Volcanology**

This line of research has been developed by Joan Martí, Adelina Geyer and Carles Soriano and has been mainly focused initially on the study of volcanism and associated geohazards in the Canary Islands and more specifically on Tenerife Island. More recently, the research has expanded to the study of volcanism and associated geohazards in other volcanic areas such as Olot, Girona, Cabo de Gata, and Deception Island in Antarctica, among others. The Group has provided research advice to the Instituto Geográfico Nacional (IGN) and cooperation was intensified during the volcanic eruption on El Hierro Island (2011-2012). Members of the Research Group worked intensively as advisors to the IGN and the authorities in the initial alert phase, during the eruption and after the eruption until the present.

**Vista del flanc nord del Teide amb el dom de Pico de las Cabras parcialment cobert per les "Lavas Negras" (Tenerife, illes Canàries, Espanya). (Autor: Joan Martí).**

Vista del flanco norte del Teide con el domo del Pico de las Cabras parcialmente cubierto por las "Lava Negras" (Tenerife, Islas Canarias, España). (Autor: Joan Martí).

North flank view of the Teide and Pico de las Cabras dome partially covered by "Black Lava" (Tenerife, Canary Islands, Spain). (Author: Joan Martí).



**Fragment piroclàstic amb barreja física de magmes (restingolita). Mostra recollida els primers dies de l'erupció de 2011 a la illa de El Hierro (Canàries). (Autor: Adelina Geyer).**

Fragmento piroclástico con mezcla física de magmas (restingolita). Muestra recogida en los primeros días de la erupción de 2011 en la isla de El Hierro (Canarias). (Autor: Adelina Geyer).

Pyroclastic fragment with physical mixing of magmas (Restingolite). Sample collected in the first days of the eruption of 2011 on the island of El Hierro (Canary Islands). (Author : Adelina Geyer).



**l'assessorament i la col·laboració amb l'Institut Geogràfic Nacional (IGN) durant l'erupció volcànica a l'illa d'El Hierro que va tenir lloc entre l'any 2011 i 2012. Diferents membres del Grup van col·laborar i assessorar l'IGN i autoritats des de les fases inicials d'alerta, durant l'erupció i després i fins a l'actualitat.**

**En primer lloc, cal destacar la recerca que ha portat a la determinació experimental de propietats geològiques de magmes de baixa viscositat del Teide (Tenerife) i la investigació sobre la seva importància amb relació a la dinàmica eruptiva. La recerca s'ha dirigit a la investigació experimental sobre el paper de la composició i el contingut en volàtils que condicionen propietats físiques com la viscositat i els mòduls d'elasticitat en magmes de baixa viscositat, com els que va emetre el Teide durant les erupcions efusives i explosives, caracteritzades també en el marc de les investigacions dutes a terme en les darreres dècades.**

**El coneixement precís de les propietats físiques dels fluids magmàtics és una qüestió de primer ordre per dur a terme estudis quantitius i models fiables de simulació numèrica que proporcionen una imatge dels escenaris eruptius que es poden esperar i, per tant, directament aplicables a la protecció civil. Aquests estudis tenen una importància particular tant per avaluar el risc d'una possible represa de l'activitat explosiva com el risc d'emissió de fluxos de lava de baixa viscositat, molt fluids, en les zones habitades a Tenerife. L'activitat recent en aquesta illa volcànica ha posat de manifest que els magmes són resultat d'una barreja de dos composicions principals extremes fonolítiques i basàltiques.**

zonas volcánicas de Olot, Girona, Cabo de Gata o isla Decepción en la Antártida, entre otras zonas volcánicas. Desde el Grupo se participó en el asesoramiento y colaboración con el Instituto Geográfico Nacional (IGN) durante la erupción volcánica en la isla de El Hierro que tuvo lugar entre el año 2011 y 2012. Diferentes miembros del Grupo colaboraron y asesoraron el IGN y diversas autoridades desde las fases iniciales de alerta, durante la erupción, después y hasta la actualidad.

En primer lugar, cabe destacar la investigación que ha llevado a la determinación experimental de propiedades geológicas de magmas de baja viscosidad del Teide (Tenerife) y la investigación sobre su importancia en relación con la dinámica eruptiva. Los trabajos realizados se han dirigido a la investigación experimental sobre el papel de la composición y el contenido en volátiles que condicionan propiedades físicas como la viscosidad y los módulos de elasticidad en magmas de baja viscosidad, como los que emitió el Teide durante las erupciones efusivas y explosivas, caracterizadas también en el marco de las investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas.

El conocimiento preciso de las propiedades físicas de los fluidos magmáticos es una cuestión de primer orden en los estudios cuantitativos y modelos fiables de simulación numérica que proporcionan una imagen de los escenarios eruptivos que se pueden esperar y, por tanto, directamente aplicables a la protección civil. Estos estudios tienen una importancia particular tanto para evaluar el riesgo de una posible reanudación de la actividad explosiva como el riesgo de emisión de flujos de lava de

The research developed has led to the experimental determination of the low viscosity magmas of Teide (Tenerife) and their relevance in relationship to the eruptive dynamics. Experimental research has been conducted on the role of the composition of the volatile and related content that controls the physical properties including viscosity and elastic moduli in low viscosity magmas. Low viscosity magmas like those that characterize Teide emissions during effusive and eruptive events have been characterized in the frame of the research carried out in the last few decades.

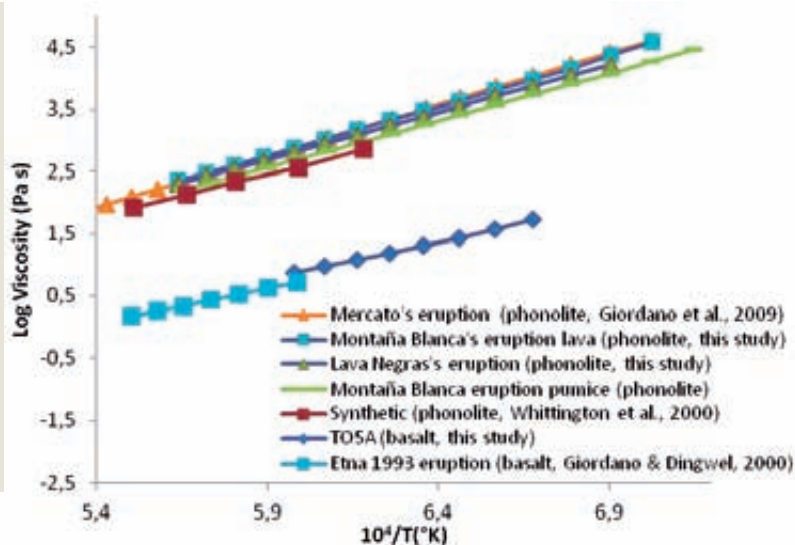
Precise knowledge of the physical properties of the magmatic fluids is a key to carrying out quantitative studies and reliable simulation models. These provide an image of the eruptive scenarios that can be expected and can be used for civil protection. They are also relevant when evaluating the risk of renewed explosive activity and of low viscosity lava flows in the densely populated areas of Tenerife. Recent activity on this island has shown that the magmas are the result of mixed extreme compositions of mainly phonolitic and basaltic magmas.

Measurement of the physical properties of volcanic products was undertaken in order to achieve the main objectives of the research, to characterize different eruptive styles and magmatic processes. Fieldwork carried out at Montaña Blanca and Lavas Negras has provided relevant information on the spatial distribution of low viscosity volcanic products through detailed geological mapping, and selective rock sampling for lab analysis. The results obtained in the fieldwork surveys provided evidence that the recent volcanic activity on Tenerife Island

**Viscositat a temperatura elevada de líquids magmàtics del Teide i Tenerife i comparació amb dades de publicacions sobre altres magmes. (Autor: Daniele Giordano).**

Viscosidad a temperatura elevada de líquidos magmáticos del Teide y Tenerife y comparación con datos de publicaciones sobre otros magmas. (Autor: Daniele Giordano).

Viscosity at high temperature of magmatic fluids from Teide and Tenerife and comparison with data from other publications magmas. (Author: Daniele Giordano).



Per assolir els objectius principals de la recerca també s'han mesurat les propietats físiques dels productes volcànics que poden produir diversos estils eruptius i processos magmàtics. S'han abordat diverses tasques, com ara el treball de camp d'identificació de productes volcànics de baixa viscositat i la seva cartografia geològica, o la recollida de mostres per a anàlisis posteriors en campanyes de camp a Montaña Blanca per al mostreig de productes explosius i a Lavas Negras. Va ser durant aquests treballs de camp que es va evidenciar que l'activitat volcànica recent a Tenerife s'ha caracteritzat per la barreja de magmes i consegüentment es va plantejar la realització d'estudis reològics sobre la composició basàltica. Aquests estudis es van centrar en una de les darreres erupcions a Tenerife (Narices del Teide, 1798). L'aplicació de tècniques analítiques sofisticades sobre roques fonolítiques i basàl-

baja viscosidad, muy fluidos, en las zonas habitadas en Tenerife. La actividad reciente en esta isla volcánica ha puesto de manifiesto que los magmas son resultado de una mezcla de dos composiciones principales extremas fonolíticas y basálticas.

Para alcanzar los objetivos principales de la investigación también se han medido las propiedades físicas de los productos volcánicos que pueden producir diversos estilos eruptivos y procesos magmáticos. Se han abordado diversas tareas, tales como el trabajo de campo de identificación de productos volcánicos de baja viscosidad y su cartografía geológica, o la recogida de muestras para análisis posteriores en campañas de campo en Montaña Blanca para el muestreo de productos explosivos y en Lava Negras. Fue durante estos trabajos de campo que se patentizó que la actividad volcánica reciente en Tenerife se ha caracterizado por la

has involved magma mixing and therefore studies on the rheological properties of the basaltic rocks were called for. These studies were focused on one of the latest eruptions in Tenerife (Narices del Teide, 1798). By applying sophisticated analytical techniques on the phonolitic and basaltic rocks, it was proved that the viscosity is similar to known results from other volcanoes, but also specific properties of the Tenerife rocks were identified.

The experimental research was conducted in close cooperation with other European research institutions. One of the main results and conclusions is that the viscosity of the phonolitic magmas in Tenerife could be notably reduced at low temperatures and considerably below the normal cooling temperatures when the water content is relatively high (2-5% H<sub>2</sub>O). As a consequence, the lava fluxes can have an unusual mobility and this has an impact on the volcanic

tiques objectes de la recerca va mostrar que tenen viscositats similars a les prèviament conegudes d'altres volcans i trets diferencials de les viscositats amb relació a altres estudis de roques volcàniques.

La recerca experimental realitzada també en col·laboració amb altres centres europeus també aporta conclusions importants sobre el comportament reològic dels magmes analitzats. La principal és que els magmes fonolítics de Tenerife poden veure reduïda notablement la seva viscositat a baixes temperatures i molt per sota de la temperatura normal de refredament quan tenen continguts en aigua importants (2-5 %  $H_2O$ ). Això té conseqüències ja que implica una mobilitat inusual per als fluxos de lava i conseqüències també molt importants de cara a l'avaluació del risc volcànic a Tenerife. Una menor viscositat implica que les distàncies que poden recórrer les laves poden ser molt més grans i també condicionaria la velocitat del flux de lava.

També destacables són els estudis i resultats obtinguts a l'Antàrtida, en concret a l'illa Decepció, que conté un volcà actiu on s'han donat successives erupcions en els darrers 200 anys. La recerca desenvolupada en diferents projectes tenia com a objectiu realitzar una avaluació precisa de la perillositat volcànica d'aquesta illa. Es va dissenyar un sistema d'avaluació que incorporés tant criteris geològics i vulcanològics de la perillositat com la informació obtinguda en altres processos externs (previsions meteorològiques i marees). La informació obtinguda va servir per identificar zones de seguretat i rutes d'evacuació i va contribuir a l'elaboració de plans d'emergència de la precisió necessària.

mezcla de magmas y consiguientemente se planteó la realización de estudios reológicos sobre la composición basáltica. Estos estudios se centraron en una de las últimas erupciones en Tenerife (Narices del Teide, 1798). La aplicación de técnicas analíticas sofisticadas sobre rocas fonolíticas y basálticas objetos de la investigación reveló que tienen viscosidades similares a las previamente conocidas de otros volcanes y rasgos diferenciales de viscosidades con relación a otros estudios de rocas volcánicas.

La investigación experimental realizada también en colaboración con otros centros europeos también aporta conclusiones importantes sobre el comportamiento reológico de los magmas analizados. La principal es que los magmas fonolíticos de Tenerife pueden ver reducida notablemente su viscosidad a bajas temperaturas y muy por debajo de la temperatura normal de enfriamiento cuando tienen contenidos en agua importantes (2-5%  $H_2O$ ). Esto tiene consecuencias ya que implica una movilidad inusual de los flujos de lava y consecuencias también muy importantes de cara a la evaluación del riesgo volcánico en Tenerife. Una menor viscosidad implica que las distancias que pueden recorrer las lavas pueden ser mucho mayores y también condicionaría la velocidad del flujo de lava.

También destacables son los estudios y resultados obtenidos en la Antártida, en concreto en la isla Decepción, que ostenta un volcán activo donde se han producido erupciones sucesivas en los últimos 200 años. La investigación desarrollada en diferentes proyectos tenía como objetivo realizar una evaluación precisa de la peligrosidad volcánica de esta isla. Se di-

hazard evaluation in Tenerife. Lower viscosity implies that the lavas could flow over longer distances and it would also have an impact on the lava flow velocity.

Also remarkable are the results obtained in the research carried out in Antarctica and more particularly at Deception Island to study the volcanic activity and the record of successive eruptions that occurred in the last 200 years. The focus of the research was the evaluation of seismic hazard at Deception Island, taking into account both geologic and volcanologic risks criteria and external processes (meteo and tides). The integrated analysis was useful to identify safety zones and evacuation paths that helped in the evaluation of emergency plans for the island.

The information collected during the Antarctica surveys and the results of sample analyses helped in the characterization of the last historic eruption on the island and its explosivity index. The study of the stratigraphic, lithologic and sedimentological features of the 1970 eruption at Deception Island allowed the research team to establish the eruptive dynamics and the main physical parameters of that eruption. The eruption occurred in the vicinity of the emission centers of the 1967 eruption in shallow waters at sea and in areas not covered by ice on land, thus giving rise to maar formation and also cone-type edifices. During the 1970 eruption, alternating magmatic and hydrovolcanic episodes led to the emission of ballistic blocks and volcanic bombs, as well as pyroclastic emissions. The volcanic ashes were spread towards the NE and reached Rey Jorge Island, located more than 150 km away. This explosive episode is considered a violent strombolian or subplin-



**Illa Decepció. Base antàrtica.  
(Autor: Javier Galeano).**

Isla Decepción. Base antártica.  
(Autor: Javier Galdeano).

Deception Island. Antarctic  
base.  
(Author: Javier Galdeano).



Amb la informació recollida durant les campanyes a l'Antàrtida i les proves analítiques sobre mostres es va poder caracteritzar la darrera erupció històrica a l'illa i determinar-ne l'índex d'explosivitat. L'estudi de l'estratigrafia, litologia i característiques sedimentològiques de l'erupció de 1970 a l'illa Decepció han permès la reconstrucció de la seva dinàmica eruptiva i dels principals paràmetres físics que la van controlar. L'erupció es va produir a prop dels centres emissors de l'erupció de 1967 en zones de mar poc profund i en terra a llocs lliures de gel, i va donar lloc a la formació de marees i també d'edificis volcànics tipus con. Durant l'erupció de 1970 es van alternar episodis magmàtics i hidrovulcànics que condueixen a l'emissió de blocs balístics i bombes volcàniques així com onejades piroclàstiques. Els

señ un sistema de evaluación que incorporara tanto criterios geológicos y vulcanológicos de la peligrosidad como la información obtenida en otros procesos externos (previsiones meteorológicas y mareas). La información obtenida sirvió para identificar zonas de seguridad y rutas de evacuación y contribuyó a la elaboración de planes de emergencia con la precisión necesaria.

Con la información recogida durante las campañas en la Antártida y las pruebas analíticas sobre muestras se pudo caracterizar la última erupción histórica en la isla y determinar el índice de explosividad. El estudio de la estratigrafía, litología y características sedimentológicas de la erupción de 1970 en la isla Decepción ha permitido la reconstrucción de su dinámica

ian eruption and caused a column of volcanic emission in the range of 10 km above sea level.

The 1970 eruption had common features with the 1967 eruption and this would confirm that the postcaldera volcanism at Deception Island is controlled by the location of the emission centers and the interaction of magma with the local features. Therefore eruptions that occur in the vicinity or even different episodes of the same eruptive event would have different features and associated hazards. In the future, in the case of a similar eruption on the island, the hazard would be greater, given the increasing number of visitors in recent years and would also be a hazard for the scientific infrastructures on the island.

Joan Martí and Carles Soriano studied the calcalkaline volcanism of Miocene age in Cabo

dipòsits de cendres volcàniques es van dispersar cap al NE i van arribar a l'illa del Rey Jorge, localitzada a més de 150 km de distància. Aquest episodi explosiu es classifica com una erupció estromboliana violenta o subpliniana i va produir una columna de fins a 10 km d'alçada sobre el nivell del mar.

El 1970, l'erupció mostra característiques similars a la del 1967 fet que confirmaria que aquest vulcanisme postcaldera a l'illa Decepció és controlat per la ubicació dels centres emissors i la interacció del magma amb el medi. Per tant, erupcions molt pròximes entre si, o fins i tot diferents episodis d'una mateixa activitat eruptiva, tindrien diferents característiques i/o perills associats. En el futur si es produís una erupció similar a l'illa podria representar un perill per al creixent nombre de visitants que ha experimentat i també per a les instal·lacions científiques ubicades a l'illa.

El vulcanisme calcoalcalí d'edat miocena del Cabo de Gata, estudiat per Joan Martí i Carles Soriano, pertany al cinturó orogènic Bètiques - Arc de Gibraltar i presenta una gran diversitat de productes i estructures volcàniques que il·lustren la contribució en la seva formació d'una gran varietat de processos tant eruptius com efusius. Malgrat que els estudis sobre l'evolució geodinàmica i estructura litosfèrica de la zona són nombrosos, els treballs sobre la natura dels processos són pocs i molt centrats en la petrologia i la geoquímica de les roques volcàniques. Per això es va plantejar una recerca sobre la vulcanologia física d'una zona tan important de la qual mancava informació sobre aspectes fonamentals com la caracterització de les dinàmiques eruptives i l'arquitectura i reconstrucció de conques

eruptiva y de los principales parámetros físicos que la controlaron. La erupción se produjo cerca de los centros emisores de la erupción de 1967 en zonas de mar poco profundo y en tierra en lugares libres de hielo, y dio lugar a la formación de mareas y también de edificios volcánicos tipo cono. Durante la erupción de 1970 se alternaron episodios magmáticos y hidrovulcánicos que condujeron a la emisión de bloques balísticos y bombas volcánicas así como oleadas piroclásticas. Los depósitos de cenizas volcánicas se dispersaron hacia el NE y llegaron a la isla del Rey Jorge, localizada a más de 150 km de distancia. Este episodio explosivo se clasifica como una erupción estromboliana violenta o subpliniana y produjo una columna de hasta 10 km de altura sobre el nivel del mar.

En 1970, la erupción muestra características similares a la de 1967 lo cual confirmaría que este vulcanismo post-caldera en la isla Decepción está controlado por la ubicación de los centros emisores y la interacción del magma con el medio. Por lo tanto, erupciones muy próximas entre sí, o incluso diferentes episodios de un mismo evento eruptivo, tendrían diferentes características y/o peligros asociados. En el futuro si se produjera una erupción similar en la isla podría representar un peligro para el creciente número de visitantes que ha experimentado y también para las instalaciones científicas ubicadas en la isla.

El vulcanismo calcoalcalino de edad miocena del Cabo de Gata, estudiado por Joan Martí y Carles Soriano, pertenece al cinturón orogénico Béticas - Arco de Gibraltar y presenta una gran diversidad de productos y estructuras volcánicas que ilustran la participación de una gran variedad de procesos tanto eruptivos

de Gata. This volcanism is related to the Betic Orogen-Gibraltar Arc volcanism. The diversity of volcanic products and structures indicates a variety of processes involved in its formation. Although there is a great number of studies on the geodynamic evolution and lithospheric structures of this area, only a few have focused on the processes, while the majority focus on the petrology and geochemistry of the volcanic rocks. Therefore, research focused on the physical volcanology was undertaken in order to characterize the eruptive dynamics, the architecture and reconstruction of the volcano-sedimentary basins, and the emission centers. The main purpose of the research was to characterize the calcoalkaline volcanism of Cabo de Gata in order to fill this gap in the scientific knowledge. The main objectives were: 1) to define the volcanic stratigraphy, facies and the location of the volcanic centers and eruptions; 2) to determine the mechanisms and eruptive dynamics in order to quantify the eruptive parameters; 3) to characterize the structure and dynamics of the associated volcano-sedimentary basins. The research has contributed to improving the knowledge of a zone of great interest as its territory belongs to a national park.

Another research topic has been the analysis of the age and potential hazard of the Crosa de Sant Dalmai volcano in Girona, led by Joan Martí and coworkers. This is the largest volcano of Quaternary age in the Iberian Peninsula and one of the better preserved examples. In order to study this volcano, a 60 m borehole was drilled and also detailed surface mapping, geophysical surveys, palynological studies and <sup>14</sup>C age dating of both the pre-eruptive and post-eruptive sediments were performed. With this informa-

vulcanosedimentàries i també dels centres emissors corresponents. L'objectiu de la recerca plantejada era la caracterització del vulcanisme calcoalcalí del Cabo de Gata per omplir aquesta llacuna en el coneixement científic. Es van marcar les fites següents: 1) establir l'estratigrafia volcànica, fàcies i dipòsits a l'escala de centres i erupcions volcàniques; 2) determinar els mecanismes i les dinàmiques eruptives i quantificar els paràmetres eruptius, i 3) caracteritzar l'estructura i la dinàmica de les conques vulcanosedimentàries associades. D'aquesta manera la recerca desenvolupada ha contribuït al coneixement d'una zona de gran interès per ser el marc d'un parc natural i un enclavament geològic rellevant.

Un altre estudi desenvolupat en aquest camp ha estat analitzar l'edat i la perillositat del volcà de la Crosa de Sant Dalmai a Girona, realitzat per Joan Martí i col·laboradors. Es tracta del volcà quaternari més gran de la Península Ibèrica i un dels millor preservats. Per estudiar-lo es va perforar un sondeig de 60 m, i es van dur a terme cartografies detallades de superfície, prospeccions geofísiques i estudis palinològics així com datacions amb  $^{14}\text{C}$ , tant dels sediments preeruptius com dels sediments posteruptius. Amb la informació obtinguda es va elaborar un model geològic tridimensional del subsòl i de l'estructura profunda del volcà. En l'elaboració va ser molt important la informació obtinguda al sondeig i també l'obtinguda en els estudis geofísics. Es tracta d'una estructura de tipus diatrema, parcialment erosionada que va originar un llac i es va omplir amb sediments lacustres. Les imatges del subsòl que proporciona la geofísica mostren molt bé aquesta estructura al subsòl i un

como efusivos en su formación. Aunque los estudios sobre la evolución geodinámica y estructura litosférica de la zona son numerosos, los trabajos sobre la naturaleza de los procesos son pocos y muy centrados en la petrología y la geoquímica de las rocas volcánicas. Por ello se planteó una investigación sobre la vulcanología física de una zona tan importante de la que carecía información sobre aspectos fundamentales, como la caracterización de las dinámicas eruptivas y la arquitectura y reconstrucción de cuencas vulcanosedimentarias y también de los centros emisores correspondientes. El objetivo de la investigación planteada era la caracterización del vulcanismo calcoalcalino del Cabo de Gata para llenar esta laguna en el conocimiento científico. Se marcaron los objetivos siguientes: 1) establecer la estratigrafía volcánica, facies y depósitos a escala de centros y erupciones volcánicas; 2) determinar los mecanismos y las dinámicas eruptivas y cuantificar los parámetros eruptivos, y 3) caracterizar la estructura y la dinámica de las cuencas vulcanosedimentarias asociadas. De esta manera la investigación desarrollada ha contribuido al conocimiento de una zona de gran interés por ser el marco de un parque natural y un enclave geológico relevante.

Otro estudio desarrollado en este campo ha sido analizar la edad y la peligrosidad del volcán de la Crosa de Sant Dalmai en Girona, realizado por Joan Martí y colaboradores. Se trata del volcán cuaternario más grande de la Península Ibérica y uno de los mejor preservados. Para estudiarlo se perforó un sondeo de 60 m, y se llevaron a cabo cartografías detalladas de superficie, prospecciones geofísicas y estudios palinológicos así como dataciones con  $^{14}\text{C}$ , tan-

tion, a 3D geologic model of the subsurface and of the volcano structure was obtained. The structure defined is of diatrema type, partially eroded and filled with a lake and lacustrine sediments. The subsurface imaging techniques allowed the researchers to identify the structure in the subsurface and the differentiated response of the lacustrine sediments that were deposited on the Paleozoic and Quaternary sediments. A NW-SE trending fault controlled the magma ascent and the subsequent volcanic eruption. The age of the pre-eruptive sediments and also radiometric dating allowed us to date the volcanic eruption to between 90,000 and 43,000 years, which is therefore more recent than previous age datings.

#### **Subsurface Geology, Borehole Geophysics and Active Processes Geology**

Borehole drilling is one of the main tools available to investigate the subsurface. Drilling has proved to be the most direct and efficient study method traditionally applied in the search and exploitation of subsurface resources: underground water, mining, and hydrocarbon exploration. Borehole data also provide relevant information for subsurface geotechnical characterization in support of buildings and infrastructure construction. From our research led by Maria José Jurado, we have developed both scientific and applied research in this field. We apply our knowledge and experience in both the study of active processes in the subsurface (active faults, seismogenic faults, volcanism) and research for subsurface characterization applied to infrastructure construction and underground storage, groundwater studies, mining and hydrocarbon resources.

fort contrast dels sediments lacustres que es van sedimentar sobre materials del Paleozoic i del Quaternari, a banda i banda d'una falla d'orientació NO-SE que és la que va controlar l'ascens del magma i la posterior erupció volcànica. L'edat dels sediments preeruptius i datacions radiomètriques permeten situar l'episodi de l'erupció volcànica en una franja de temps entre fa 90.000 i 43.000 anys, que la situen en una època més recent que l'atribuïda en estudis anteriors.

#### **Geologia del Subsòl, Geofísica en Sondejos, i Monitorització de Processos Actius**

Una de les eines més potents i directes en l'estudi del subsòl és la perforació de sondejos. Ha estat tradicionalment una de les eines més eficients per a l'exploració i explotació de recursos del subsòl: aigua, mineria, hidrocarburs. També la perforació de sondejos permet accedir al subsòl i la seva caracterització per tal de construir edificacions i/o infraestructures. Des de la nostra línia, sota la direcció de Maria José Jurado hem desenvolupat la vessant científica i aplicada d'aquest àmbit. Els nostres coneixements i experiència els apliquem tant a l'estudi de processos geològics actius en el subsòl (falles actives, falles sismogèniques, vulcanisme) com en recerca aplicada a la caracterització del subsòl per a la construcció de grans infraestructures, obres i magatzems subterranis, exploració de recursos hídrics, miners, hidrocarburs, etc.

Aquesta línia té l'inici en una de les primeres tesis doctorals d'estudi del subsòl (M. J. Jurado) amb una perspectiva geològica desenvolupada a final dels anys 1980 i que, en el marc de l'activitat del Grup, s'ha desenvolupat plenament des de l'any 2000 tant en el marc

to de los sedimentos pre-eruptivos como de los post-eruptivos. Con la información obtenida se elaboró un modelo geológico tridimensional del subsuelo y de la estructura profunda del volcán. En la elaboración fue muy importante la información obtenida en el sondeo y también la obtenida en los estudios geofísicos. Se trata de una estructura de tipo diatrema, parcialmente erosionada que se llenó con un lago y sedimentos lacustres. Las imágenes del subsuelo que proporciona la geofísica muestran muy bien esta estructura en el subsuelo y un fuerte contraste de los sedimentos lacustres, que se sedimentaron sobre materiales del Paleozoico y del Cuaternario, a ambos lados de una falla de orientación NO-SE que es la que controló el ascenso del magma y la posterior erupción volcánica. La edad de los sedimentos pre-eruptivos y dataciones radiométricas permiten situar el episodio de la erupción volcánica en una franja de tiempo entre hace 90.000 y 43.000 años, que la sitúan en una época más reciente que la atribuida en estudios anteriores.

#### **Geología del Subsuelo, Geofísica en Sondeos y Monitorización de Procesos Activos**

Una de las herramientas más potentes y directas en el estudio del subsuelo es la perforación de sondeos. Ha sido tradicionalmente una de las herramientas más eficientes para la exploración y explotación de recursos del subsuelo: agua, minería, hidrocarburos. También la perforación de sondeos permite acceder al subsuelo y su caracterización para construir edificaciones y/o infraestructuras. Desde nuestra línea, bajo la dirección de María José Jurado hemos desarrollado la vertiente científica y aplicada de este ámbito. Nuestros conocimientos y experiencia los aplicamos tanto

The starting point for this line of research was one of the first PhD theses, by María José Jurado in the 80's, focused on the study of the subsurface geology using geophysical and borehole geophysical logs. In the frame of the Group activities, this line of research has been widely developed since 2000, with a large number of projects carried out on subsurface geology research, increasing the knowledge and improving the methodology to study the structure, properties and active processes in the subsurface, in the frame of both scientific and applied research in cooperation with industry. This line of research developed from an initial phase of interpreting borehole geophysical logging data and other geophysical data such as seismic reflection data obtained from the oil exploration subsurface or Ocean Drilling Program (ODP) and the Integrated Ocean Drilling Program (IODP) public databases. Since the beginning of the 1990's, the Group has had all the necessary infrastructure and software for borehole geophysical logs and seismic interpretation. Because of the consolidation and specialization in this line of research, the need has arisen for our own equipment to acquire borehole geophysical logging data. The first testing of operations and acquisition with slimhole logging tools was carried out with rental equipment that allowed the data acquisition necessary to carry out subsurface research on Tenerife Island. The positive results and the experience acquired led us to acquire a complete suite of slimhole geophysical logging equipment with a variety of logging tools in 2008. Since then, this acquisition infrastructure has been upgraded and completed with subsurface downhole monitoring equipment.

de projectes de recerca del subsòl per millorar el coneixement de l'estructura, les propietats i els processos actius en el subsòl com en la vessant aplicada en col·laboració amb la indústria. El desenvolupament de la línia ha evolucionat des d'una etapa d'interpretació de dades de testificació geofísica de sondejos (diagrames) i la interpretació d'altra informació geofísica, especialment dades de sísmica de reflexió que s'obtenien de fons documentals del subsòl o eren proporcionades per projectes de perforació científica oceànica (Ocean Drilling Program, ODP; Integrated Ocean Drilling Program, IODP) o bé per empreses d'exploració d'hidrocarburs que les facilitaven per a l'elaboració de treballs de recerca. La consolidació i l'especialització en aquest tipus d'interpretació i en l'estudi del subsòl va portar amb el pas dels anys a la creació d'una infraestructura pròpia per al desenvolupament d'aquest tipus de recerca. Des dels anys 1990 es disposava a l'ICTJA dels programes especialitzats necessaris per al processament i tractament de dades de testificació geofísica com els que es feien servir a la indústria d'exploració d'hidrocarburs. A començament de la dècada del 2000 es van llogar equips de testificació geofísica per adquirir dades pròpies en el marc dels projectes de recerca del subsòl de l'illa de Tenerife i, finalment, l'any 2008 es va consolidar aquesta línia amb l'adquisició d'un equip complet de sondes geofísiques i posteriorment completat amb instrumental de monitorització del subsòl.

El desenvolupament de l'experimentació requeria la disponibilitat de sondejos i per això l'any 2011 es van perforar dos sondejos científics de reconeixement del subsòl (sondeig

en el estudio de procesos geológicos activos en el subsuelo (fallas activas, fallas sismogénicas, vulcanismo) como en investigación aplicada a la caracterización del subsuelo para la construcción de grandes infraestructuras, obras y almacenes subterráneos, exploración de recursos hídricos, mineros, hidrocarburos, etc.

Esta línea tiene el inicio en una de las primeras tesis doctorales de estudio del subsuelo con una perspectiva geológica desarrollada a finales de los años 1980 (M. J. Jurado) y que, en el marco de la actividad del Grupo, se ha desarrollado plenamente desde el año 2000 tanto en el marco de proyectos de investigación del subsuelo para mejorar el conocimiento de la estructura, las propiedades y los procesos activos en el subsuelo como en la vertiente aplicada en colaboración con la industria. El desarrollo de la línea ha evolucionado a partir de una primera etapa de interpretación de datos de testificación geofísica de sondeos (diagrames) y la interpretación de otra información geofísica, especialmente datos de sísmica de reflexión que se obtenían de fondos documentales del subsuelo o eran proporcionados por proyectos de perforación científica oceánica (Ocean Drilling Program, ODP; Integrated Ocean Drilling Program, IODP) o bien por empresas de exploración de hidrocarburos que las facilitaban para la elaboración de trabajos de investigación. La consolidación y la especialización en este tipo de interpretación y en el estudio del subsuelo llevaron con el paso de los años a la creación de una infraestructura propia para el desarrollo de este tipo de investigación. Desde los años 90 se disponía en el ICTJA los programas especializados necesarios para el procesamiento y tratamiento de datos de tes-

As a result of this development and experimentation, a need for available boreholes was identified. Therefore, in 2011 two scientific boreholes (Almera-1 and Almera-2) were drilled next to the subsurface geology and geophysical logging lab. A subsurface connection to the lab was also built. With this the Group completed the infrastructure for subsurface geology and geophysical logging research and monitoring of downhole active processes. The availability of the logging geophysical tools and the scientific boreholes allows us to carry out monitoring experiments, testing of tools and to improve the methodology for the characterization and monitoring of subsurface geology, fluids and active processes. Also, they are excellent lab infrastructure for tools calibration and testing. Drilling the two scientific boreholes allowed us also to characterize the subsurface geology below the ICTJA building and provided interesting findings regarding a variety of lithology drilled into Quaternary and Paleozoic rocks. Different types of rocks and structures offer new possibilities to develop research and methodologies for the study and characterization of rocks and materials for Geology, Petrology, Petrophysics (porosity and permeability) and also the analysis of active processes and the dynamics of the subsurface groundwater, especially in the Almera-1 borehole, which drilled into two aquifers.

When compared with other study and analysis techniques, borehole geophysical logging has the advantage that a wide range of measurements are made in situ in the subsurface and therefore in the actual environmental conditions of the rock and provide a continuous measurement. Specific borehole imaging tools like optical and acoustic televiewers also provide orient-



**Pantalla de la unitat d'adquisició durant operacions de testificació amb l'equip de sondes de l'ICTJA, mesurant a 1563,49 m. (Autor: María José Jurado).**

Pantalla de la unidad de adquisición durante las operaciones de testificación con el equipo de sondas del ICTJA, midiendo a 1563,49 m. (Autor: María José Jurado).

Data acquisition screen during operations with the probes from ICTJA, borehole measuring 1563.49 m. (Author: María Jose Jurado).

Almera-1 i sondeig Almera-2) situats junt al laboratori del subsòl de l'ICTJA, que completen la infraestructura necessària per a una recerca molt especialitzada. La disponibilitat de les sondes geofísiques i dels sondejos ens permet l'experimentació de noves eines i metodologies de caracterització i monitorització de geologia, fluids, i processos actius en el subsòl. També el calibratge i la verificació del funcionament de les sondes, que no deixen de ser instruments de mesura portàtils. La perforació dels sondejos va permetre conèixer la geologia del subsòl a la ubicació de l'Institut mateix i ofereix una varietat litològica molt interessant ja que es va perforar a través de sediments quaternaris i paleozoics. Els diferents tipus de roques i materials ofereixen moltes possibilitats a la recerca en Geologia, Petrologia i Petrofísica (porositat, permeabilitat)

tificación geofísica como los que se usaban en la industria de exploración de hidrocarburos. A comienzos de la década de 2000 se alquilaron equipos de testificación geofísica para adquirir datos propios en el marco de los proyectos de investigación del subsuelo de la isla de Tenerife y, finalmente, en 2008 se consolidó esta línea con la adquisición de un equipo completo de sondas geofísica, posteriormente completado con instrumental de monitoreo del subsuelo.

El desarrollo de la línea y de la experimentación requería la disponibilidad de sondeos y por ello en 2011 se perforaron dos sondeos científicos de reconocimiento del subsuelo (sondeo Almera-1 y sondeo Almera-2) situados junto al laboratorio del subsuelo del ICTJA, que completan la infraestructura necesaria para una investigación muy especializada. La disponibilidad de las sondas geofísicas y de los sondeos

ed images of the subsurface that make possible a complete and precise characterization of the textures and structures of the rocks in situ. This specialization in geological interpretation of the subsurface geophysical data has also been relevant for the participation in international scientific drilling projects (IODP and International Continental Scientific Drilling Program, ICDP). The leadership and research in the interpretation of the geophysical logging data acquired in the frame of these projects and expeditions is noteworthy and has given rise to participation in relevant drilling projects in different areas of the Earth. In the frame of these projects international and multidisciplinary teams are investigating key issues such as climate and ecosystems, resources sustainability and natural hazards. Among other projects it is worth mentioning the participation in the NanTroSEIZE (Nankai

i també permeten analitzar la dinàmica i les característiques dels 2 aqüífers subterranis que reconeix el sondeig més profund (214 m).

Amb relació a altres tècniques d'estudi, la testificació amb sondes geofísiques presenta l'avantatge que les mesures (una gran varietat) es realitzen in situ en les condicions reals en què es troba la roca i també que proporcionen un registre continu. També cal esmentar que s'obtenen imatges orientades del subsòl que permeten una caracterització molt precisa de les estructures i textures de les roques i de les seves propietats. L'especialització i el desenvolupament de recerca en la interpretació geològica de dades geofísiques del subsòl ha donat peu també a la participació en grans projectes internacionals de perforació científica als oceans (IODP) i als continents (International Continental Scientific Drilling Program ICDP), i a liderar la recerca en la interpretació de les dades adquirides amb les sondes geofísiques en el marc d'aquests projectes. La cooperació internacional que forma aquests projectes permet abordar mitjançant perforacions científiques la recerca en els temes més rellevants en Ciències de la Terra i amb impacte i repercussió en l'àmbit social: clima i ecosistemes, sostenibilitat dels recursos i riscos naturals. Entre altres projectes, en què s'ha tingut i es té una participació rellevant, es poden esmentar la perforació de falles i zones sismogèniques al Japó (Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment, NanTROSEIZE), la perforació per a l'estudi de sismicitat i processos volcànics actius a Nàpols (Campi Flegreii Drilling Project, CFDP) o la perforació per conèixer els mecanismes de la sismicitat induïda per injecció de fluids a l'Índia (Koyana drilling), entre d'altres.

nos permite la experimentación de nuevas herramientas y metodologías de caracterización y monitorización de geología, fluidos, y procesos activos en el subsuelo. También la calibración y la verificación del funcionamiento de las sondas, que no dejan de ser instrumentos de medida portátiles. La perforación de los sondeos permitió conocer la geología del subsuelo de la ubicación del Instituto mismo y ofrece una variedad litológica muy interesante ya que se perforó a través de sedimentos cuaternarios y paleozoicos. Los diferentes tipos de rocas y materiales ofrecen muchas posibilidades a la investigación en Geología, Petrología y Petrofísica (porosidad, permeabilidad) y también permiten analizar la dinámica y las características de los dos acuíferos subterráneos que reconoce el sondeo más profundo (214 m).

Con relación a otras técnicas de estudio, la testificación con sondas geofísicas presenta la ventaja de que las medidas (una gran variedad) se realizan in situ en las condiciones reales en que se encuentra la roca y también que proporcionan un registro continuo. También hay que mencionar que se obtienen imágenes orientadas del subsuelo que permiten una caracterización muy precisa de las estructuras y texturas de las rocas y de sus propiedades. La especialización y el desarrollo de investigación en la interpretación geológica de datos geofísicos del subsuelo ha dado pie también a la participación en grandes proyectos internacionales de perforación científica en los océanos (IODP) y los continentes (International Continental Scientific Drilling Program ICDP), y liderar la investigación en la interpretación de los datos adquiridos con las sondas geofísicas en el marco de estos proyectos. La cooperación inter-

Trough Seismogenic Zone Experiment) project focused on the study by drilling and monitoring of a seismogenic zone in a subduction, as well as the scientific drilling project in Campi Flegrei (CFDP) in Naples (Italy) to study seismicity and active volcanic processes. Also of note is the participation in the Koyana drilling project to study the mechanisms and origin of seismicity induced by fluids.

The first projects in this line of research were developed on Tenerife Island and were focused on the study of fractures and present day stress in the subsurface (Tectotene and Tenerrisk projects). In the frame of these projects we have for the first time started using slimhole geophysical logging tools to analyze and investigate the volcanic hazard. The knowledge and experience acquired in the use of slimhole geophysical logging tools for research purposes in these projects is one of the main achievements and developments in this line of research.

From the beginning of the work of the Research Group until his retirement, Dr Lluís Solé Sugañes conducted remarkable work on structural analysis on remote sensing images to investigate outcropping tectonic structures. His research and results made it possible to validate structural geological models and to integrate surface studies with the subsurface structure. This included studies on the structures of Tenerife Island and the same type of analysis on the El Hierro and SE of the Iberian Peninsula.

The characterization of subsurface and active processes has been addressed also by means of seismic monitoring of seismogenic faults through microseismic monitoring in boreholes. These types of studies were ap-



**Vaixell de perforació Chikyu perforant la fossa de Nankai (Japó) durant l'expedició 348 d'IODP. (Autor: María José Jurado).**

Barco de perforación Chikyu perforando la fosa de Nankai (Japón) durante la expedición 348 del IODP. (Autor : María José Jurado).

Drilling vessel Chikyu drilling in the Nankai Trough (Japan) during the 348 expedition IODP. (Author: María Jose Jurado.).

Junt amb les col·laboracions en projectes internacionals també convé esmentar els primers projectes desenvolupats des d'aquesta línia i que van tenir un punt inicial de partida i aplicació en l'estudi de la fracturació i l'estat d'esforços al subsòl de l'illa de Tenerife (projectes Tectotene i Tenerisk). Per primera vegada es van utilitzar sondes geofísiques com a element d'anàlisi del risc volcànic. Els coneixements i l'experiència adquirits en la utilització de les sondes geofísiques amb finalitats de recerca científica s'han continuat aplicant en projectes successius.

Des de la creació del Grup i fins a la jubilació del Dr. Lluís Solé Sugrañes, cal destacar les aportacions fetes des de l'anàlisi estructural d'imatges per a la caracterització d'estructures tectòniques que afloren en superfície, que han permès tant validar els models geològics

nacional que nuclea estos proyectos permite abordar mediante perforaciones científicas la investigación en los temas más relevantes en Ciencias de la Tierra y con impacto y repercusión en el ámbito social: clima y ecosistemas, sostenibilidad de los recursos y riesgos naturales. Entre otros proyectos, en los que se ha tenido y se tiene una participación relevante, se pueden mencionar la perforación de fallas y zonas sismogénicas en Japón (Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment, NanTROSEI-ZE), la perforación para el estudio de sismicidad y procesos volcánicos activos en Nápoles (Campi Flegreii Drilling Project, CFDP) o la perforación para conocer los mecanismos de la sismicidad inducida por inyección de fluidos en la India (Koyna drilling), entre otros.

Junto a las colaboraciones en proyectos internacionales también conviene mencionar los

plied to the study of seismogenic faults in SE Iberia using both geophysical logging tools and geophone arrays. As a result, the Alhama de Murcia fault was chosen as a potentially interesting site for drilling, in order to advance the knowledge of active strike-slip structures in the subsurface. The monitoring instrumentation was also used to track the microseismic activity of the faults that gave rise to a large number of earthquakes in Torreperogil (Jaén). In cooperation with other international groups, the Baza (Granada) fault in the subsurface was also studied, this time also using seismic reflection profiling combined with seismic monitoring in the subsurface by installing a geophone array of three-component geophones in an existing 140 m borehole. By applying this methodology the signal and the resolution were improved.



estructurals com integrar els estudis de superfície en l'estudi estructural en el subsòl. És notable la feina desenvolupada en l'estudi d'estructures de l'illa de Tenerife i també la contribució realitzada a l'anàlisi d'estructures a l'illa d'El Hierro així com del SE peninsular.

També s'ha abordat la caracterització del subsòl i dels processos actius mitjançant la monitorització microsísmica de falles en sondejos. En aquesta línia s'ha desenvolupat l'estudi de falles sismogèniques en el subsòl del SE de la Península Ibèrica amb sondes geofísiques i rengles de geòfons que proporcionen dades de microsismicitat associada a la deformació tectònica al llarg de falles actives. Com a resultat d'aquest estudi, s'ha determinat l'interès de la perforació de la falla d'Alhama de Múrcia com a localització per avançar en el coneixement d'estructures strike-slip (de característiques similars a la falla de San Andrés a Califòrnia, entre d'altres) en el subsòl. En el marc d'aquest projecte també es van monitoritzar les falles actives en el subsòl que van donar lloc a nombrosos terratrèmols a Torreperogil (Jaén), i amb la col·laboració de grups internacionals s'ha fet un reconeixement en el subsòl de la falla de Baza (Granada) tant amb prospecció sísmica des de superfície com mitjançant una monitorització sísmica en el mateix subsòl en sondeig i amb la instal·lació d'un cable amb geòfons de 3 components fins a 140 m de profunditat, que ha millorat així el registre senyal i la resolució i els resultats.

En l'àmbit de la Península Ibèrica, el desenvolupament d'un projecte de recerca per a l'estudi de falles actives del SE Peninsular en el subsòl ha tingut com a objectiu la caracterització de falles actives i la selecció d'un en-

primeros proyectos desarrollados desde esta línea y que tuvieron un punto inicial de partida y aplicación en el estudio de la fracturación y el estado de esfuerzos en el subsuelo de la isla de Tenerife (proyectos Tectotene y Tenerisk). Por primera vez se utilizaron sondas geofísicas como elemento de análisis del riesgo volcánico. Los conocimientos y la experiencia adquiridos en la utilización de las sondas geofísicas con fines de investigación científica se han seguido aplicando en proyectos sucesivos.

Desde la creación del Grupo y hasta la jubilación del Dr. Lluís Solé Sugrañes, cabe destacar las aportaciones hechas a partir del análisis estructural de imágenes a la caracterización de estructuras tectónicas que afloran en superficie, que han permitido tanto validar los modelos geológicos estructurales como integrar los estudios de superficie en el estudio estructural en el subsuelo. Es notable el trabajo desarrollado en el estudio de estructuras de la isla de Tenerife y también la contribución realizada al análisis de estructuras en la isla de El Hierro así como del SE peninsular.

También se ha abordado la caracterización del subsuelo y de los procesos activos mediante la monitorización microsísmica de fallas en sondeos. En esta línea se ha desarrollado el estudio de fallas sismogénicas en el subsuelo del SE de la Península Ibérica con sondas geofísicas y filas de geófonos que proporcionan datos de microsismicidad asociada a la deformación tectónica a lo largo de fallas activas. Como resultado de este estudio, se ha determinado el interés de la perforación de la falla de Alhama de Murcia como localización para avanzar en el conocimiento de estructuras strike-slip (de características similares a la falla de San

The development of a research project in the Iberian Peninsula dedicated to the study of active faults in the subsurface helped to identify a suitable location to drill a borehole to investigate these faults further. Once characterized, a proposal for ICDP scientific drilling was prepared to drill into the Alhama de Murcia fault near Lorca in the future and to install a subsurface monitoring network in the subsurface in the frame of international cooperation.

Regarding cooperation with industry and applied research, several projects were focused on the evaluation of geologic hazards related to the construction of a gas pipe between Algeria (Oran) and Spain (Almeria) at the beginning of the last decade. In different multidisciplinary projects coordinated by the Group, the structures, sedimentary structures and petrophysical and geotechnical properties were determined. Also different projects were carried out to determine structures, tectonics, and stress orientation as part of hydrocarbon exploration and underground storage projects for industry. Also relevant is research applied to the lithological and structural properties of the rock to advance the excavation of tunnels for infrastructures (from 2003 to the present). Recently geophysical logging techniques were implemented to improve the efficiency of exploration and exploitation in the mining and natural rock industries.

All these activities in subsurface geology research generate knowledge and methodologies and are of great potential for the training of students and professionals. Also relevant are the outreach potential and activities in this field, where both outreach activities and talks use our own research materials and results.

clavament d'interès per al desenvolupament d'una proposta de perforació científica internacional en l'àmbit d'ICDP, en col·laboració amb altres grups nacionals i internacionals per dur a terme una futura perforació i monitorització de la falla d'Alhama de Múrcia a Lorca. Aquest projecte preveu la instal·lació d'observatoris en el subsòl que permetin monitoritzar l'activitat de la falla.

En el marc de la col·laboració amb la indústria es poden destacar els projectes coordinats i desenvolupats per a l'avaluació de riscos geològics en la construcció d'un gasoducte entre la costa d'Algèria (Oran) i Almeria, a començament de la passada dècada; diversos projectes d'interpretació d'estructures i característiques sedimentàries i petrofísiques, per a la seva aplicació a l'exploració d'hidrocarburs; l'estudi estructural, tectònic i règim d'esforços per a l'estudi pilot aplicat a emmagatzematges subterranis de CO<sub>2</sub>; el disseny i l'experimentació de noves tècniques per a la caracterització litològica i estructural de la roca en la zona d'avanç de l'excavació de túnels (des de 2003 fins a l'actualitat), i, darrerament, l'aplicació de les tècniques de testificació geofísica per incrementar l'eficiència en l'exploració i en l'explotació de recursos miners amb especial èmfasi en l'explotació de roca natural.

Totes aquestes activitats i actuacions en l'estudi del subsòl generen coneixement, capacitat formativa d'estudiants i professionals, i també un gran potencial per donar a conèixer el subsòl a la societat mitjançant activitats de divulgació que es realitzen amb el propi material generat en la recerca i les nostres eines de treball.

Andrés en California, entre otros) en el subsuelo. En el marco de este proyecto también se monitorizaron las fallas activas en el subsuelo que dieron lugar a numerosos terremotos en Torreperogil (Jaén), y con la colaboración de grupos internacionales se ha hecho un reconocimiento en el subsuelo de la falla de Baza (Granada) tanto con prospección sísmica desde superficie como mediante una monitorización sísmica en el mismo subsuelo en sondeo y con la instalación de un cable con geófonos de 3 componentes hasta 140 m de profundidad, que ha mejorado así el registro señal y la resolución y los resultados.

En el ámbito de la Península Ibérica, el desarrollo de un proyecto de investigación para el estudio de fallas activas del SE Peninsular en el subsuelo ha tenido como objetivo la caracterización de fallas activas y la selección de un enclave de interés para el desarrollo de una propuesta de perforación científica internacional en el ámbito de ICDP, en colaboración con otros grupos nacionales e internacionales para llevar a cabo una futura perforación y monitorización de la falla de Alhama de Murcia en Lorca. Este proyecto prevé la instalación de observatorios en el subsuelo que permitan monitorizar la actividad de la falla.

En el marco de la colaboración con la industria se pueden destacar los proyectos coordinados y desarrollados para la evaluación de riesgos geológicos en la construcción de un gasoducto entre la costa de Argelia (Oran) y Almería, a principios de la pasada década; varios proyectos de interpretación de estructuras y características sedimentarias y petrofísicas, para su aplicación en la exploración de hidrocarburos;

### **X-ray Spectroscopy Applied to the Study of Geologic Materials and Environmental Impact**

The research in the field of x-ray spectroscopy applied to mineralogical, geochemical and crystallographic studies is one of the research lines with the longest tradition at the ICTJA. The team working on this line of research, led by Ignasi Queralt, has undertaken research focused on the characterization of the sedimentary record and the study of geochemical and environmental pollution transfer processes.

The most recent research covers the analysis of some potentially pollutant elements like arsenium, selenium, antimony, tin, chrome, and others that are not currently included in EU regulations. In addition, emergent pollutants and their degradation and mobility are another subject of research. From the operational point of view, this line of research covers analytical and lab simulation techniques and experimental areas of field work. The experimental sites are located mainly in the NE and SE of the Peninsula and NE of Tunisia. The lab work includes the use of soil columns for kinetic experimentation and the development of analytical procedures for the evaluation of potential pollutants at the ultra-trace level. The effects and processes that occur in the saturated/non-saturated zones are characterized by the use of chemical/isotopic tracers and a geophysical approach to the identification of vulnerability factors in porous media.

In the last few years, the development of this line of research has provided significant advances in this area, with socio-economic implications such as the impact on aquifers and non-conven-

### **Aplicació de l'Espectroscòpia de Raigs X a l'Estudi de Materials Geològics i d'Impacte Ambiental**

La recerca en temes d'espectroscòpia de raigs X i la seva aplicació a la resolució de problemes de caire mineralògic, geoquímic i cristal·logràfic és una de les línies de recerca de més tradició a l'ICTJA. El personal de la línia de recerca, liderat per I. Queralt, realitza treballs en temes de caracterització de registre sedimentari i estudi de processos de transferència geoquímica i contaminació mediambiental.

La recerca més recent cobreix l'anàlisi d'alguns elements potencialment contaminants com arsènic, seleni, antimoni, estany, crom i d'altres que actualment no es troben inclosos en les regulacions dels països de la UE. També es tenen en consideració els contaminants emergents i la seva degradació, retenció o mobilitat en sòls. Des del punt de vista operacional, aquesta recerca cobreix tècniques analítiques i de simulació en laboratori i també en parcel·les experimentals en treball de camp. Aquests llocs d'experimentació es troben situats principalment al NE i SE de la Península i al NE de Tunísia. L'experimentació de laboratori inclou l'ús de columnes de sòl per a experimentació cinètica i el desenvolupament de procediments analítics per a l'avaluació de contaminants al nivell d'ultraçraça. Els efectes i processos que tenen lloc a la zona no saturada/saturada es caracteritzaran amb la utilització conjunta de traçadors químics/isotòpics i una aproximació geofísica a la identificació dels factors de vulnerabilitat en medis porosos.

En els darrers anys, el desenvolupament d'aquesta línia ha aportat avenços significatius en el coneixement amb importants impli-

el estudio estructural, tectónico y régimen de esfuerzos para el estudio piloto aplicado a almacenamientos subterráneos de CO<sub>2</sub>; el diseño y la experimentación de nuevas técnicas para la caracterización litológica y estructural de la roca en la zona de avance de la excavación de túneles (desde 2003 hasta la actualidad), y, últimamente, la aplicación de las técnicas de testificación geofísica para incrementar la eficiencia en la exploración y en la explotación de recursos mineros con especial énfasis en la explotación de roca natural.

Todas estas actividades y actuaciones en el estudio del subsuelo generan conocimiento, capacidad formativa de estudiantes y profesionales, y también un gran potencial para dar a conocer el subsuelo a la sociedad mediante actividades de divulgación que se realizan con el propio material generado en la investigación y nuestras herramientas de trabajo.

### **Aplicación de la Espectroscopia de Rayos X al Estudio de Materiales Geológicos y de Impacto Ambiental**

La investigación en temas de espectroscopia de rayos X y su aplicación a la resolución de problemas de tipo mineralógico, geoquímico y cristalográfico es una de las líneas de investigación de más tradición en el ICTJA. El personal de la línea de investigación, liderado por I. Queralt, realiza trabajos en temas de caracterización de registro sedimentario y estudio de procesos de transferencia geoquímica y contaminación medioambiental.

La investigación más reciente cubre el análisis de algunos elementos potencialmente contaminantes como arsénico, selenio, antimonio, estaño, cromo y otros que actualmente no

tional (treated) waters, and is also of interest for the treatment and re-utilization of residual waters.

### **Cooperation with industry and other institutions**

The research and subsurface studies developed in the Group are relevant for the cooperation with industry. Subsurface exploration and geophysical exploration and monitoring techniques are used in industry. Nevertheless, industry frequently requires to develop its own methodologies and techniques in the frame of scientific research. The applied research developed in the Group helps with the identification of potential subsurface resources and also new resources. The fields of activity cover both research and exploration of potential resources in the subsurface and also the identification of new resources. The fields of economic and industrial activity range from the geothermic to the safe and sustainable use of the subsurface for the construction of infrastructure and underground storage. This applied focus of the Research Group has led in recent decades to a great number of projects and collaborations with industry. These applied projects have covered both subsurface exploration and hazard evaluation.

Our specialization and experience have provided knowledge and solutions to a variety of societal needs of companies and institutions. These include MEDGAZ for the evaluation of geological hazards that may affect a submarine pipeline construction, CEPESA for detailed evaluation of structures and subsurface geological models in sedimentary basins around the world, DRAGADOS-ACS for research and detailed prospecting of tunnel excavation areas in large infrastructures and innovation in geological characteriza-



**Dispositiu experimental per a l'anàlisi de la interacció sòl-aigua utilitzant columnes d'infiltració al laboratori SIMGEO (ICTJA - Universitat de Barcelona). (Autors: Joan Martí/Ignasi Queralt).**

Dispositivo experimental para el análisis de la interacción suelo- agua utilizando columnas de infiltración en el laboratorio SIMGEO (ICTJA- Universidad de Barcelona).

(Autores: Joan Martí / Ignasi Queralt).

Experimental device for analyzing soil-water interaction using infiltration columns at laboratory SIMGEO (ICTJA - University of Barcelona).

(Authors: Joan Martí / Ignasi Queralt).

cacions socioeconòmiques com ara l'impacte en medis aquífers i sòls d'aigües no convencionals (tractades-dessalinitzades) i aplicacions: estudis de laboratori i estudis de camp, i també el tractament i la reutilització d'aigües residuals

**Col-laboracions amb la indústria i amb altres institucions**

La recerca i l'estudi del subsòl que es desenvolupa al Grup ha facilitat la col·laboració amb la indústria. L'exploració del subsòl i l'aplicació de tècniques geofísiques d'exploració i monitorització formen part de la rutina de treball de la indústria. Malgrat això sovint la indústria requereix de l'aplicació de tècniques i metodologies pròpies de l'àmbit de la recerca científica més enllà dels procediments i protocols rutinaris. L'aplicació de la nostra

se encuentran incluidos en las regulaciones de los países de la UE. También se tienen en consideración los contaminantes emergentes y su degradación, retención o movilidad en suelos. Desde el punto de vista operacional, esta investigación cubre técnicas analíticas y de simulación en laboratorio y también en parcelas experimentales en trabajo de campo. Estas áreas de experimentación se encuentran ubicados principalmente al NE y SE de la Península y el NE de Túnez. La experimentación de laboratorio incluye el uso de columnas de suelo para experimentación cinética y el desarrollo de procedimientos analíticos para la evaluación de contaminantes al nivel de ultratrazo. Los efectos y procesos que tienen lugar en la zona no saturada/saturada se caracterizarán con la utilización conjunta de trazado-

tion applied to infrastructure construction. Also of note are several agreements for scientific and technical advice to geothermal exploration and exploitation and mining companies.

Among the most relevant cooperation with institutions providing scientific advice is the work with the Instituto Geográfico Nacional. A milestone in this cooperation was the seismic and volcanic crisis related to the El Hierro volcanic eruption in 2011. Different members of the Group worked closely with IGN specialists, providing scientific advice, methodology, analyses, and modeling results on samples and data. Also significant is the cooperation on subsurface structural and present day stress orientation studies for the Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN). This research agreement involved the acquisition of geophysical logging data in

**Realització de mesures per a la sincronització de dades a Cerdedelo (Ourense) per a l'exploració del front d'excavació d'un túnel de tren AVE. (Autor: María José Jurado).**

Realización de medidas para la sincronización de datos en Cerdedelo (Ourense) para la exploración del frente de excavación de un túnel de tren AVE. (Autor: María José Jurado).

Measurements for synchronizing data in Cerdedelo (Ourense) for the exploration of a digging front in an AVE tunnel. (Author: Maria Jose Jurado).



recerca permet conèixer tant el potencial dels recursos del subsòl com també la identificació de nous recursos. Els àmbits d'aplicació van des dels recursos geotèrmics als lligats a l'aprofitament segur i sostenible del subsòl per a la construcció d'infraestructures com ara emmagatzemaments soterranis i túnels, entre els més destacables. Aquesta vessant aplicada als reptes socials ha donat lloc en la darrera dècada a nombrosos projectes i col·laboracions amb la indústria. En aquests projectes s'aborda tant l'exploració del subsòl com l'avaluació de riscos, també part de l'especialització del Grup.

És en aquest context que s'han desenvolupat estudis, experimentació i projectes d'una elevada especialització per donar resposta a necessitats d'un ampli ventall d'empreses i institucions: MEDGAZ per a l'avaluació de riscos geològics en la zona d'instal·lació d'un gasoducte, CEPESA per a l'avaluació de detall d'estructures i models geològics en el subsòl de diverses conques sedimentàries, o DRAGADOS-ACS per a la investigació i prospecció de detall en zones d'excavació de túnels per a grans infraestructures i també per al desenvolupament d'una línia d'innovació i recerca i d'una metodologia pròpia, entre d'altres. També s'han assessorat empreses per a l'exploració i explotació d'energia geotèrmica i mineria.

Entre les institucions destaquen l'assessorament a l'Institut Geogràfic Nacional amb un èmfasi especial en el cas de la crisi sísmica i volcànica relacionada amb l'erupció a l'illa d'El Hierro, on la col·laboració de diferents membres del Grup va ser molt destacable; la col·laboració per a la caracterització estructural i el règim d'esforços a la Fundació Ciutat de

res químics/isotòpics y una aproximación geofísica en la identificación de los factores de vulnerabilidad en medios porosos.

En los últimos años, el desarrollo de esta línea ha aportado avances significativos en el conocimiento con importantes implicaciones socioeconómicas tales como el impacto en medios acuíferos y suelos de aguas no convencionales (tratadas-desalinizadas) y aplicaciones: estudios de laboratorio y estudios de campo, así como el tratamiento y la reutilización de aguas residuales.

#### **Colaboraciones con la industria y con otras instituciones**

La investigación y el estudio del subsuelo que se desarrolla en el Grupo han facilitado la colaboración con la industria. La exploración del subsuelo y la aplicación de técnicas geofísicas de exploración y monitoreo forman parte de la rutina de trabajo de la industria. A pesar de ello a menudo la industria requiere de la aplicación de técnicas y metodologías propias del ámbito de la investigación científica más allá de los procedimientos y protocolos rutinarios. La aplicación de nuestra investigación permite conocer tanto el potencial de los recursos del subsuelo como la identificación de nuevos recursos. Los ámbitos de aplicación van desde los recursos geotérmicos a los ligados al aprovechamiento seguro y sostenible del subsuelo para la construcción de infraestructuras, tales como almacenamientos subterráneos y túneles, entre los más destacables. Esta vertiente aplicada a los retos sociales ha dado lugar en la última década a numerosos proyectos y colaboraciones con la industria. En estos proyectos se aborda tanto la exploración del subsuelo como la evaluación de riesgos, también parte de la especialización del Grupo.

two deep boreholes (in the Hontomín field) using the ICTJA logging equipment and tools, and the complete and integrated interpretation of the data. Also relevant has been the cooperation with the Instituto Geológico y Minero (IGME) in the field of geophysical logging and subsurface petrophysical characterization and training of IGME personnel. In the last few years there has also been cooperation with the Centro Tecnológico del Mármol (Murcia) to develop techniques and research for the mining industry.

Most of these cooperations started more than a decade ago and continue today, having given rise to the development of specific research and leadership in applied disciplines of subsurface geology characterization. In this context of societal impact, also relevant are the training activities offered to professionals, technicians and researchers. Many former trainees in the Group are now industry professionals.

#### **University teaching**

Researchers of the Group participate regularly in training and postgraduate education activities in their specialization fields. They take part in masters and specialized teaching in different universities in Spain and abroad. The closest cooperation is with the Facultat de Geologia of the University of Barcelona (UB). Every year members of the Group teach UB students downhole geophysical logging, volcanic hazards was for many years taught as a specialized subject within the Master of Geology of the UB, and downhole geophysical logging, geological interpretation and petrophysics have been taught in the frame of the Màster de Geofísica and previously Màster Geotec (University Jaume I).

In addition, specialization courses have been organized and taught by Group members in the

**l'Energia (CIUDEN), la realització d'estudis de la informació de subsòl i sondeigs existent i la de nova adquisició que es va obtenir amb l'equip de testificació de l'ICTJA en 2 sondejos perforats per CIUDEN a Hontomín. També s'ha col·laborat amb l'Institut Geològic i Miner (IGME), assessorant i formant personal en l'àmbit de la caracterització petrofísica del subsòl mitjançant sondes geofísiques. Darrerament s'ha iniciat la col·laboració amb el Centre Tecnològic del Marbre (Múrcia) per a l'aplicació de les tècniques i metodologies desenvolupades en el nostre Grup a l'àmbit de les explotacions mineres.**

Es en este contexto que se han desarrollado estudios, experimentación y proyectos de una elevada especialización para dar respuesta a necesidades de un amplio abanico de empresas e instituciones: MEDGAZ para la evaluación de riesgos geológicos en la zona de instalación de un gasoducto, CEPESA para la evaluación de detalle de estructuras y modelos geológicos en el subsuelo de varias cuencas sedimentarias, o DRAGADOS-ACS para la investigación y prospección de detalle en zonas de excavación de túneles para grandes infraestructuras y también para el desarrollo de una línea de innovación e investigación, y de una

last few years. Among these are the International Volcanology course, a postgraduate course taught by Group members in recent years and organized by Girona University, the Higher Studies Foundation of Olot and ICTJA-CSIC. Since 2014-1015 also Geophysical Logging and Subsurface Petrophysics is being taught as a topic within the University of Granada's Master on Geological Resources, GEOREC course.

Also undertaken are teaching activities related to highly specialized training for scientists in the frame of the international drilling programs IODP and ICDP. Training is focused on

**Operacions de testificació geofísica a un sondeig en pedreres.**

**(Autor: María José Jurado).**

Operaciones de testificación geofísica en un sondeo en canteras.

(Autor: María José Jurado).

Geophysical survey in quarries.  
(Author: Maria Jose Jurado).





**Operacions de testificació geofísica a un sondeig a Hontomín (Burgos). (Autor: María José Jurado).**

Operaciones de testificación geofísica en un sondeo en Hontomín (Burgos). (Autor: María José Jurado).

Geophysical survey in Hontomín borehole (Burgos). (Author: Maria Jose Jurado).



Aquestes col·laboracions, algunes de les quals tenen continuïtat des dels inicis de la passada dècada, han estat molt fructíferes tant pel que fa als resultats de la recerca i la seva aplicació com a la formació de professionals, tècnics i investigadors en aquesta especialització. La major part dels professionals que van intervenir en el desenvolupament d'aquests projectes han continuat la seva trajectòria a la indústria.

#### **Universitats-docència**

Alguns investigadors del Grup organitzen i participen en diferents cursos de formació per a postgraduats en àrees del coneixement en les quals els investigadors són referents a escala internacional. Des de la formació, el Grup també desenvolupa una intensa activitat en la docència de màsters a diferents universitats, sobretot amb la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (UB), i en la docència i pràctiques de diagrames de la llicenciatura. En el Màster de Geologia de la UB s'ha impartit l'assignatura Risc Volcànic i també en diverses edicions del Màster de Geofísica i, anteriorment, en el Màster Geotec (Universitat Jaume I) es va impartir la docència de Testificació Geofísica de Sondejos i Interpretació Geològica i Petrofísica del Subsòl.

Entre els cursos que alguns membres del Grup han organitzat i impartit en els darrers anys pot destacar-se el curs Internacional de Vulcanologia, curs de postgrau organitzat per la Universitat de Girona, la Fundació d'Estudis Superiors d'Olot i l'ICTJA-CSIC. Des del curs 2014-1015 s'imparteix la docència de Testificació Geofísica de Sondejos en el Màster de Recursos Geològics de la Universitat de Granada, GEOREC.

metodología propia, entre otros. También se han asesorado empresas para la exploración y explotación de energía geotérmica y minería.

Entre las instituciones destacan el asesoramiento en el Instituto Geográfico Nacional con un énfasis especial en el caso de la crisis sísmica y volcánica relacionada con la erupción en la isla de El Hierro, donde la colaboración de diferentes miembros del Grupo fue muy destacable; la colaboración para la caracterización estructural y el régimen de esfuerzos a la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN), la realización de estudios de la información de subsuelo y sondeos existente y la nueva adquisición que se obtuvo con el equipo de testificación del ICTJA en 2 sondeos perforados por CIUDEN en Hontomín. También se ha colaborado con el Instituto Geológico y Minero (IGME), asesorando y formando personal en el ámbito de la caracterización petrofísica del subsuelo mediante sondas geofísicas. Últimamente se ha iniciado la colaboración con el Centro Tecnológico del Mármol (Murcia) para la aplicación de las técnicas y metodologías desarrolladas en nuestro Grupo en el ámbito de las explotaciones mineras.

Estas colaboraciones, algunas de las cuales tienen continuidad desde los inicios de la pasada década, han sido muy fructíferas tanto con respecto a los resultados de la investigación y su aplicación como a la formación de profesionales, técnicos e investigadores en esta especialización. La mayor parte de los profesionales que intervinieron en el desarrollo de estos proyectos han continuado su trayectoria en la industria.

#### **Universidades-docencia**

Algunos investigadores del Grupo organizan y

geophysical logging techniques and the subsurface geological interpretation of downhole data in training courses organized by the ICDP at Windischeschenbach (Bavaria, Germany), Alpine Fault Drilling Workshop, Franz Josef Glacier (New Zealand), and in 2015 again at Windischeschenbach.

També quant als grans projectes internacionals, s'ha impartit la docència sobre testificació geofísica de sondejos i interpretació geològica i petrofísica del subsòl en cursos que imparteix l'organització internacional ICDP a Windischeschenbach (Baviera, Alemanya), l'Alpine Fault Drilling Workshop, Franz Josef Glacier (Nova Zelanda) i novament el 2015 a Windischeschenbach (Baviera, Alemanya).

participan en diferentes cursos de formación para postgraduados en áreas del conocimiento en las que los investigadores son referentes a nivel internacional. Desde la formación, el Grupo también desarrolla una intensa actividad en la docencia de masters en diferentes universidades, sobre todo con la Facultad de Geología de la Universidad de Barcelona (UB), y en la docencia y prácticas de diagrafías de la licenciatura. En el Master de Geología de la UB se ha impartido la asignatura Riesgo Volcánico y también en varias ediciones del Master de Geofísica y, anteriormente, en el Master Geotec (Universitat Jaume I) se impartió la docencia de Testificación Geofísica de Sondeos e Interpretación Geológica y Petrofísica del subsuelo.

Entre los cursos que algunos miembros del Grupo han organizado e impartido en los últimos años puede destacarse el Curso Internacional de Vulcanología, curso de postgrado organizado por la Universidad de Girona, la Fundación de Estudios Superiores de Olot y el ICTJA- CSIC. Desde el curso 2014-1015 se imparte la docencia de Testificación Geofísica de Sondeos en el Master de Recursos Geológicos de la Universidad de Granada, GEOREC.

También en cuanto a los grandes proyectos internacionales, se ha impartido la docencia sobre testificación geofísica de sondeos e interpretación geológica y petrofísica del subsuelo en cursos que imparte la organización internacional ICDP en Windischeschenbach (Baviera, Alemania), el Alpine Fault Drilling Workshop, Franz Josef Glacier (Nueva Zelanda) y nuevamente en 2015 en Windischeschenbach.



**SERVEIS I LABORATORIS**  
SERVICIOS Y LABORATORIOS  
SERVICES AND LABORATORIES

4

# SERVEIS I LABORATORIS

## SERVICIOS Y LABORATORIOS

### SERVICES AND LABORATORIES

José Luis Fernández Turiel\*, Lluís Artús, Elisabet Beamud, Jordi Díaz Cusi, Santiago Giral, Jordi Ibáñez, María José Jurado, Graciela Monzón, Marta Rejas

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*



#### ■ Introducció

Les infraestructures de recerca han tingut un paper clau en el desenvolupament de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) i, des de la creació de l'Institut, han prestat servei tant als mateixos investigadors com a altres ens de recerca. Aquestes infraestructures han estat molt relacionades amb demandes de la societat vinculades tant al sector industrial com al de serveis (matèries primeres minerals, qualitat d'aigua, aliments, productes industrials, monitoratge ambiental, etc.).

Els primers laboratoris propis de l'Institut Jaume Almera (IJA) es van constituir a partir de l'oportunitat que va suposar disposar d'edifici propi des de 1982. Amb anterioritat, la investigació es realitzava amb les infraestructures localitzades a la Universitat de Barcelona (UB), sovint adquirides, parcialment o totalment, amb fons del CSIC. En el projecte del nou edifici del Campus Universitari de Pedralbes ja es van dissenyar instal·lacions específiques per a laboratoris de tècniques de raigs X, preparació de làmines primes per a investigacions mineralògiques i petrogràfiques, així com es disposava de diversos espais dedicats a laboratoris d'ús general.

#### ■ Introducción

Las infraestructuras de investigación han jugado un papel clave en el desarrollo del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA) y, desde la creación del Instituto, han prestado servicio tanto a sus propios investigadores como a los de otros entes de investigación, habiendo estado además muy relacionadas con demandas de la sociedad vinculadas tanto al sector industrial como al de servicios (materias primas minerales, calidad de agua, alimentos, productos industriales, monitoreo ambiental, etc.).

Los primeros laboratorios propios del Instituto Jaume Almera (IJA) se constituyeron a partir de la oportunidad que supuso disponer de edificio propio desde 1982. Con anterioridad, la investigación se realizó con las infraestructuras localizadas en la Universitat de Barcelona (UB), a menudo adquiridas total o parcialmente con fondos del CSIC. En el proyecto del nuevo edificio del Campus Universitario de Pedralbes ya se diseñaron instalaciones específicas para laboratorios de técnicas de rayos X, preparación de láminas delgadas para investigaciones mineralógicas y petrográficas y se contó también con varios espacios dedicados a laboratorios de uso general.

#### ■ Introduction

Research infrastructures have played a key role in the development of the Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA) and, since the creation of the Institute, have served both their own researchers and those of other research organizations. These infrastructures have been closely related to demands of industry and administration (mineral raw materials, water quality, food, industrial products, environmental monitoring, inter alia).

The first laboratories of the Institute Jaume Almera (IJA) were set up after the opportunity to have its own building arose in 1982. Previously, the research was performed with infrastructure located in the University of Barcelona (UB), often acquired wholly or partly with CSIC funds. The project of the new building in the University Campus of Pedralbes had specific facilities for X-ray laboratories, thin section preparation for mineralogical and petrographic investigations, and several spaces dedicated to general-purpose laboratories.

In order to optimize the available resources, some of these services were established through collaboration with other institutions. The X-Ray Diffraction and Spectrography

Per tal d'optimitzar els recursos disponibles, alguns d'aquests serveis es van establir mitjançant la col·laboració amb altres institucions. El 1983 es va fundar mitjançant un conveni, actualitzat el 1987, el Servei Conjunt Generalitat de Catalunya-CSIC de Difracció i Espectrografia de Raigs X, embrió de l'actual Servei de Difracció de Raigs X. El juliol de 1987, el CSIC va signar amb la Generalitat de Catalunya els convenis que van donar origen al Laboratori de Paleomagnetisme (avui Servei de Paleomagnetisme) i al Laboratori de Preparació de Làmines Primes i Làmines Polides de Materials Geològics (ja desaparegut). Amb la UB es van establir els acords respectius que van permetre iniciar (1983) i consolidar la Biblioteca de Geologia (conveni de 1985) i crear el Laboratori de Simulació i Experimentació de Processos Geològics o SIMGEO (1996),

A fin de optimizar los recursos disponibles, algunos de estos servicios se establecieron mediante la colaboración con otras instituciones. En 1983 se fundó mediante convenio, actualizado en 1987, el Servicio Conjunto Generalitat de Catalunya-CSIC de Difracción y Espectrografía de Rayos X, embrión del actual Servicio de Difracción de Rayos X. En julio de 1987, el CSIC firmó con la Generalitat de Catalunya los convenios que dieron origen al Laboratorio de Paleomagnetismo (actualmente Servicio de Paleomagnetismo) y al Laboratorio de Preparación de Láminas Delgadas y Láminas Pulidas de Materiales Geológicos (ya desaparecido). Con la UB se establecieron los respectivos acuerdos que permitieron iniciar (1983) y consolidar la Biblioteca de Geología (Convenio de 1985) y crear el Laboratorio de Simulación y Experimentación de Procesos Geológicos o SIMGEO

Service was founded in 1983 by an agreement between the Generalitat de Catalunya and the CSIC that was updated in 1987. This former service was the origin of the current X-Ray diffraction Service. In July 1987, the CSIC signed an agreement with the Generalitat de Catalunya to create the Paleomagnetism Laboratory (currently Paleomagnetism Service) and the Laboratory of Preparation of Petrographic Thin Section and Polished Geological Materials already disappeared. Two agreements with the UB allowed started (1983) and consolidated (1985) the conjoint Library of Geology. Another agreement with the UB created the Laboratory of Geological Processes Simulation or SIMGEO (1996). Both features were associated with the Faculty Geology. The Generalitat de Catalunya transferred the equipment of the Paleomagnetism Laboratory to the UB in 1999 and a new



**Espectròmetre de fluorescència de raigs X del Servei Conjunt Generalitat de Catalunya - CSIC de Difracció i Espectrografia de Raigs X a finals dels anys 1980.**

**(Autor: J. L. Fernández Turiel).**

Equipamiento de espectrometría de fluorescencia de rayos X del Servicio Conjunto Generalitat de Catalunya-CSIC de Difracción y Espectrografía de Rayos X a finales de los 80. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

X-Ray fluorescence spectrometer of the Generalitat de Catalunya-CSIC X-Ray Diffraction and Spectrography Service in the late 1980s. (Author: J. L. Fernández Turiel).

**Laboratori de Preparació de Làmina Prima i Làmines Polides de Materials Geològics a principi dels anys 1990. Josefina Tirados González (a la fotografia) i Jesús Parga Toledo eren els tècnics encarregats d'aquesta infraestructura. (Arxiu ICTJA. Autor: desconegut).**

Laboratorio de Preparación de Láminas Delgadas y Láminas Pulidas de Materiales Geológicos a principio de los años noventa. Josefina Tirados González (en la fotografía) y Jesús Parga Toledo eran los técnicos encargados de esta infraestructura. (Archivo ICTJA. Autor desconocido).

Laboratory of Preparation of Petrographic Thin Sections and Polished Geological Materials at the beginning of the 1990s. Josefina Tirados González (in the photograph) and Jesús Parga Toledo were the technicians in charge of this infrastructure. (ICTJA Archive. Unknown author).



que són prestacions comunes amb la Facultat de Geologia. El 1999 la Generalitat de Catalunya va cedir el material inventariable del Laboratori de Paleomagnetisme a la UB i el 2001 es va formalitzar un nou conveni en què s'estableix que aquest laboratori es gestiona conjuntament pels Serveis Científicotècnics (actualment CCIiTUB) de la UB i l'ICTJA.

Les infraestructures experimentals de què es disposa als 50 anys de la constitució de l'ICTJA, per ordre de creació són: Servei de Difracció de Raigs X, Servei de Paleomagnetisme, Laboratori de Datacions pel Mètode Th-230/U-234, Laboratori de Sísmica, Laboratori d'Espectroscòpia Raman i Fotoluminescència, Laboratori LARX de Fluorescència de Raigs X, Laboratori de Simulació i Experimentació de Processos Geològics o SIMGEO, Servei labGEOTOP - Laboratori de Geoquímica Elemental

(1996), ambas prestaciones comunes con la Facultat de Geologia. En 1999 la Generalitat de Catalunya hizo cesión del material inventariable del Laboratorio de Paleomagnetismo a la UB y en 2001 se formalizó un nuevo convenio en el que este laboratorio se gestiona conjuntamente por los Servicios Científico-Técnicos (actualmente CCIiTUB) de la UB y el ICTJA.

Las infraestructuras experimentales de que se dispone a los 50 años de la constitución del ICTJA, por orden de creación, son el Servicio de Difracción de Rayos X, el Servicio de Paleomagnetismo, el Laboratorio de Dataciones por el Método Th-230/U-234, el Laboratorio de Sísmica, el Laboratorio de Espectroscopía Raman y Fotoluminescencia, el Laboratorio LARX de Fluorescencia de Rayos X, el Laboratorio de Simulación y Experimentación de Procesos Geológicos o SIMGEO, el Servicio

agreement in 2001 established the laboratory being jointly managed by the UB Scientific and Technical Services (currently CCIiTUB) and the ICTJA.

50 years after the creation of ICTJA, the experimental infrastructures are, in order of creation: the X-Ray Diffraction Service, the Paleomagnetism Service, the Th-230/U-234 Dating Laboratory, the Seismic Laboratory, the Raman Spectroscopy and Photoluminescence Laboratory, the LARX - Laboratory of X-Ray Analytical Applications, SIMGEO - Laboratory of Geological Processes Simulation, the labGEOTOP Service - Laboratory of Geochemistry, and the Borehole Geophysical Logging Laboratory and Scientific Boreholes Almera 1 and 2.

#### **Library of Geology and Geologica Acta**

The history of the Library of Geology of the Fac-

i Isotòpica per a Aplicacions Petrològiques, Sondeos d'Investigació Almera 1 i 2, i Laboratori de Testificació Geofísica de Sondeos.

### **Biblioteca de Geologia i Geologica Acta**

Els antecedents de la Biblioteca de Geologia de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona i de l'ICTJA es remunten a les petites biblioteques de les càtedres de la UB relacionades amb la Geologia en els anys 1940. L'arribada del Dr. Lluís Solé i Sabarís a la Càtedra de Geografia Física i Geologia Aplicada el 1943 va permetre disposar d'un fons bibliogràfic i cartogràfic molt important per a l'època a la biblioteca de la Càtedra i corresponent Secció de Geomorfologia de Barcelona de l'Institut Lucas Mallada del CSIC. Durant la dècada de 1960 i 1970, les biblioteques de les càtedres i departaments de la UB i seccions del CSIC es van anar consolidant. En els anys 1970, comencen les primeres temptatives de racionalitzar la despesa de subscripció a les revistes, per evitar la duplicació de les subscripcions, i també s'incrementa notablement el nombre de títols de revistes disponibles incentivant l'intercanvi amb la revista *Acta Geologica Hispanica*, que va néixer poc després de la creació de l'IJA, dirigida per L. Solé Sabarís. L'actitud cooperadora dels tècnics de les biblioteques i el personal docent i investigador de la Facultat de Geologia de la UB i de l'IJA va permetre coordinar i racionalitzar els recursos bibliogràfics i humans de les dues institucions des de 1983, i el juny de 1985 es va acordar el manteniment d'una Biblioteca comuna de Geologia, cooperació que perdura en l'actualitat. La creació de la Biblioteca unificada es va veure potenciada pel trasllat

labGEOTOP- Laboratorio de Geoquímica Elemental e Isotópica para Aplicaciones Petrológicas, y los Sondeos de Investigacion Almera 1 y 2 y el Laboratorio de Testificación Geofísica de Sondeos.

### **Biblioteca de Geología y Geologica Acta**

Los antecedentes de la Biblioteca de Geología de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona y del ICTJA se remontan a las pequeñas bibliotecas de los departamentos de la UB relacionadas con la Geología en los años cuarenta del siglo XX. La llegada del Dr. Lluís Solé Sabarís a la cátedra de Geografía Física y Geología Aplicada en 1943 permitió disponer de un fondo bibliográfico y cartográfico muy importante para la época en la biblioteca de la Cátedra i de la correspondiente Sección de Geomorfología de Barcelona del Instituto Lucas Mallada del CSIC. Durante los años sesenta y setenta las bibliotecas de las cátedras y departamentos de la UB y secciones del CSIC se fueron consolidando. En los años setenta comienzan las primeras tentativas de racionalizar el gasto de suscripción a las revistas, evitando la duplicación de las suscripciones, y también se incrementa notablemente el número de títulos de revistas disponibles incentivando el intercambio con la revista *Acta Geologica Hispanica*, fundada poco después de la creación del IJA y dirigida por L. Solé Sabarís. La actitud cooperadora de los técnicos de las bibliotecas y del personal docente e investigador de la Facultat de Geologia de la UB y del IJA permitió coordinar y racionalizar los recursos bibliográficos y humanos de ambas instituciones desde 1983, acordándose en junio de 1985 el mantenimiento de una Biblioteca común de Geología, cooperación que perdura en la actuali-

ty of Geology of the University of Barcelona and the ICTJA dates back to the small libraries in the chairs of the UB related to geology in the 1940s. The arrival of Dr Lluís Solé Sabarís as the Physical Geography and Applied Geology Chair in 1943 allowed a very important bibliographic and cartographic background at that time at the library of the Chair and conjoint Section of Geomorphology at Barcelona of the Lucas Mallada Institute (CSIC). During the 1960s and 1970s, the library was consolidated though continued dispersion through the different UB chairs or departments. In the 1970s, the first attempts to rationalize journal subscription costs began, avoiding duplication of subscriptions, and the number of journal titles increased also notably encouraging the exchange with the journal *Acta Geologica Hispanica* directed by L. Solé Sabarís. The cooperative attitude of the library technicians and the teaching and research staff of the Faculty of Geology of the UB and of the IJA since 1983 allowed the coordination of the bibliographic and human resources of both institutions, agreeing to maintain a common Library of Geology in June 1985. This cooperation still stands today. The creation of the unified Library was enhanced by moving the IJA (1982) and the Faculty of Geology (1987) to the Pedralbes Campus. The Library of Geology was installed on the ground floor of the new building of the faculty, planning spaces and facilities that allowed an atmosphere of comfortable and efficient work when consulting the extensive geology bibliographical and cartographic collection available. At present, with over 18,000 books, 10,000 maps, 14,000 aerial photographs and access to more than 1,000 journal titles, the Library of Geology is a legacy of the first order at international level in terms of its own resources.



**Biblioteca de Geologia de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona i l'ICTJA-CSIC. (Arxiu ICTJA. Autor: desconegut).**

Biblioteca de Geologia de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona y del ICTJA-CSIC. (Archivo ICTJA. Autor: desconocido).

Library of Geology of the Facultat de Geologia of the Universitat de Barcelona and of the ICTJA-CSIC. (ICTJA Archive. Unknown author).



de l'IJA (1982) i la Facultat de Geologia (1987) al Campus de Pedralbes. La Biblioteca de Geologia es va instal·lar a la planta baixa del nou edifici de la Facultat, i es van planificar espais i instal·lacions de manera que permetessin un ambient de treball còmode i eficient per consultar l'ampli fons bibliogràfic i cartogràfic de Geologia disponible. En l'actualitat, amb més de 18.000 llibres, 10.000 mapes, 14.000 fotografies aèries i accés a més de 1.000 títols de revistes, la Biblioteca de Geologia constitueix un patrimoni de primer ordre en l'àmbit internacional pel que fa a recursos propis. D'altra banda, la sinergia continuada entre ambdues institucions, formalitzada a través del nou conveni de cooperació de 1993 i la seva renovació successiva, permet disposar d'accés electrònic a la major part de recursos bibliogràfics que es publiquen sobre Geologia a escala mundial. El personal del CSIC que ha participat en les tasques de la Biblioteca de

Geologia. La creació de la Biblioteca unificada se vio potenciada por el traslado del IJA (1982) y la Facultat de Geología (1987) al Campus de Pedralbes. La Biblioteca de Geología se instaló en la planta baja del nuevo edificio de la facultad, planificándose espacios e instalaciones de manera que permitieran un ambiente de trabajo cómodo y eficiente para consultar el amplio fondo bibliográfico y cartográfico de geología disponible. En la actualidad, con más de 18.000 libros, 10.000 mapas, 14.000 fotografías aéreas y acceso a más de 1000 títulos de revistas, la Biblioteca de Geología constituye un patrimonio de primer orden a nivel internacional en cuanto a recursos propios. Por otra parte, la sinergia continuada entre ambas instituciones, formalizada a través del nuevo convenio de cooperación de 1993 y su renovación sucesiva, permite disponer de acceso electrónico a la mayor parte de recursos bibliográficos que se publican sobre Geología a nivel

Moreover, the ongoing synergy between the 2 institutions, formalized through the new cooperation agreement of 1993 and its successive renewal, allows electronic access to the majority of bibliographic resources published on Geology worldwide. The personnel from the CSIC that participated in the tasks of the Library of Geology is: Assumpció Oró, Margarita Guerra, Miquel Àngel Plaza, Àngela Santos, M. Carmen Losada and M. Dolores Fernández Barrero.

Another pillar of the partnership between the ICTJA and the Faculty of Geology of the UB was to publish a specialized journal on geological topics, today named *Geologica Acta*. In addition to disseminating geological knowledge, this journal facilitated exchange of publications with research centers and scientific societies, turning out an important international journal collection for the library. This feature was especially critical before the massive arrival of commercial pub-

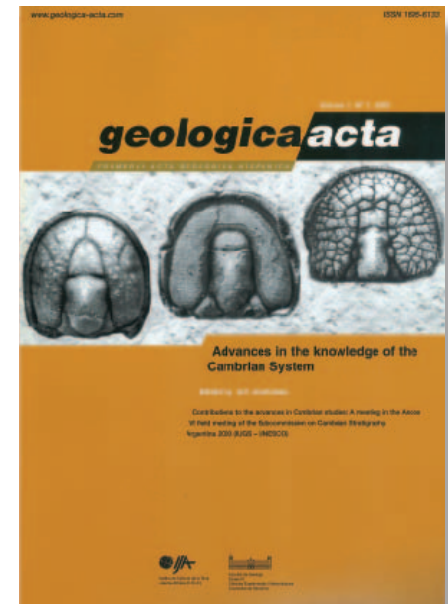
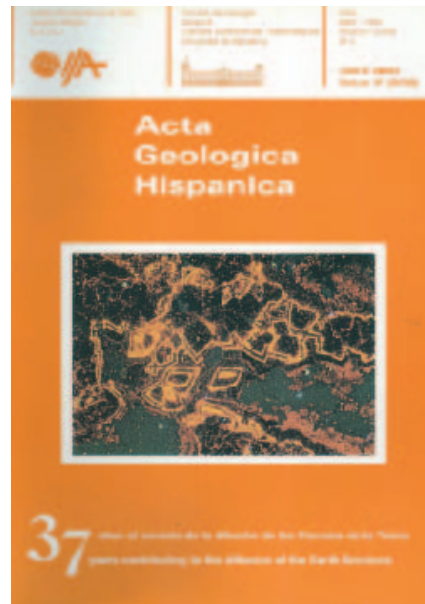
**Geologia ha estat: Assumpció Oró, Margarita Guerra, Miquel Àngel Plaza, Àngela Santos, M. Carmen Losada i M. Dolors Fernández Barrero.**

**Un altre dels pilars de la col·laboració entre l'ICTJA i la Facultat de Geologia de la UB ha estat la publicació d'una revista especialitzada en temes geològics, que amb el nom de Geologica Acta en l'actualitat, a més de difondre el coneixement geològic ha facilitat l'intercanvi de publicacions amb centres d'investigació i societats científiques. Aquest aspecte ha per-**

**mundial. El personal del CSIC que ha treballat en la Biblioteca de Geologia ha sido: Assumpció Oró, Margarita Guerra, Miquel Àngel Plaza, Àngela Santos, M. Carmen Losada i M. Dolors Fernández Barrero.**

**Otro de los pilares de la colaboración entre el ICTJA y la Facultat de Geologia de la UB ha sido la publicación de una revista especializada en temas geológicos, con el nombre de Geologica Acta en la actualidad, que además de difundir el conocimiento geológico ha facilitado el**

**publishers to scientific journals. The origin of Geologica Acta dates back to 1966, when Acta Geologica Hispanica was founded under the CSIC and the direction of L. Solé Sabarís. The journal was edited initially by the Instituto Nacional de Geología, also directed by L. Solé Sabarís, and by the IJA staff, taking over this institute the edition since 1977. The journal has been published jointly with the Faculty of Geology of the UB since 1981. To adapt to scientific publication changes, this magazine renewed its name to**



**La revista Acta Geologica Hispanica primer (1966-2002) i la seva continuació Geologica Acta (2003-actualitat) han permès un intens intercanvi de publicacions amb altres centres de recerca i societats científiques, i han enriquit el fons de la Biblioteca de Geologia.**

**La revista Acta Geologica Hispanica primer (1966-2002) y su continuación Geologica Acta (2003-actualidad) han permitido un intenso intercambio de publicaciones con otros centros de investigación y sociedades científicas, enriqueciendo el fondo de la Biblioteca de Geología.**

**The journal Acta Geologica Hispanica first (1966-2002) and its continuation as Geologica Acta (2003-present) allowed an exchange with publications of other research centers and scientific societies, extending notably the collections of the Library of Geology.**

més incorporar un important fons bibliogràfic internacional a la Biblioteca fins a l'arribada massiva de les revistes de les editorials comercials. L'origen de *Geologica Acta* es remunta a 1966, quan es va fundar *Acta Geologica Hispanica* sota la titularitat del CSIC i la direcció del Dr. L. Solé Sabarís. Primer va editar la revista l'Institut Nacional de Geologia, dirigit també per L. Solé Sabarís i amb personal de l'IJA, i a partir de 1977 aquest institut es va fer càrrec de l'edició. Des de 1981 es va publicar conjuntament amb la Facultat de Geologia de la UB. Per adaptar-se als canvis en la publicació científica, el 2003 aquesta revista va renovar el seu nom a *Geologica Acta*, va ampliar el nombre d'entitats participants en la seva edició i va introduir atractius canvis formals i de contingut que han permès el seu reconeixement internacional, i han facilitat el seu estatus actual de revista indexada en els llistats de revistes científiques més exigents.

#### **Servei de Difracció de Raigs X**

La primera llavor de l'actual Servei de Difracció de Raigs X (DRX) va ser el Servei Conjunt Generalitat de Catalunya-CSIC de Difracció i Espectrografia de Raigs X (1983), la missió del qual era proporcionar serveis analítics de primer nivell a centres de recerca, universitats i indústria. El Dr. Carles Miravittles, que a principi dels anys 1990 va contribuir activament a la creació de l'Institut de Ciències dels Materials (ICMAB-CSIC), va ser l'encarregat de dirigir les etapes inicials del servei conjunt. Durant aquests anys, el Servei va créixer en nombre de persones vinculades, tant des del punt de vista de personal científic com tècnic, incorporant el Dr. Elies Molins, Dr. Jordi Rius, Juan Rodríguez, Mercè Font Carot, Milagros

intercambio de publicaciones con centros de investigación y sociedades científicas, aspecto que ha permitido incorporar un importante fondo bibliográfico internacional a la biblioteca, sobre todo hasta la llegada masiva de las revistas de las editoriales comerciales. El origen de *Geologica Acta* se remonta a 1966, cuando se fundó *Acta Geologica Hispanica* bajo la titularidad del CSIC y la dirección del Dr. L. Solé Sabarís. Primero editó la revista el Instituto Nacional de Geología, dirigido también por el Dr. L. Solé Sabarís y con personal del IJA y, a partir de 1977 este instituto se hizo cargo de la edición. Desde 1981 se publicó conjuntamente con la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona. Para adaptarse a los cambios en la publicación científica, en 2003, esta revista renovó su nombre a *Geologica Acta*, ampliando el número de entidades participantes en su edición e introduciendo atractivos cambios formales y de contenido que han permitido su reconocimiento internacional, facilitando su actual status de revista indexada en los listados de revistas científicas más exigentes.

#### **Servicio de Difracción de Rayos X**

La primera semilla del actual Servicio de Difracción de Rayos X fue el Servicio Conjunto Generalitat de Catalunya-CSIC de Difracción y Espectrografía de Rayos X (1983), cuya misión era proporcionar, servicios analíticos de primer nivel a centros de investigación, universidades e industria. El Dr. Carles Miravittles, que a principios de los años 90 del s. XX contribuyó activamente a la creación del Instituto de Ciencias de Materiales (ICMAB-CSIC), fue el encargado de dirigir las etapas iniciales del servicio conjunto. Durante esos años el Servicio creció en número de personas vinculadas, tanto des-

*Geologica Acta* in 2003, increased the number of entities involved in editing, and introduced attractive formal and content changes that allowed the international recognition, attaining its current status as journal indexed into the most demanding scientific journal lists.

#### **X-Ray Diffraction Service**

The seed of the current X-ray Diffraction (XRD) Service was the Generalitat de Catalunya-CSIC X-Ray Diffraction and Spectrography Conjoint Service (1983), whose mission was to provide first-class analytical services to research centers, universities, and industry. Dr. Carles Miravittles, who in the early 1990s contributed actively to the creation of Institute of Materials Science (ICMAB-CSIC), was in charge of the initial stages of this joint service. During those years the Service grew in staff, both from the point of view of scientific and technical staff, joining Dr. Elies Molins, Dr. Jordi Rius, Juan Rodríguez, Mercè Font Carot, Milagros Muñoz, Jordi Gil, Xavier Martorell, Albert Montero and Servando Chinchón. After Dr. Miravittles and all staff, except Dr. Servando Chinchon who continued in the Laboratory until 1995, left the ICMAB in 1986, Drs. Felicià Plana and Adolf Travería were responsible for directing and consolidating the Service. Dr. Travería retired in 2000, while Dr. Plana left the Service and the Institute in 2008 to launch the X-Ray laboratory of IDAEA-CSIC. José J. Elvira has occupied the post of technician since 1985 and, since 2008, he holds the technical directorship. In 2009, Dr. Jordi Ibañez took over the scientific responsibility of the Service. Soledad Alvarez Pousa joined the Service as technician.

X-ray powder diffraction is a fundamental technique for the characterization of materi-



**El Servei de Difracció de Raigs en la ubicació original a la primera planta de l'ICTJA a principi dels anys 1990. En primer terme, el difractòmetre de pols Siemens D-500 i al fons el difractòmetre de monocristall Enraf-Norius CAD-4. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

Servicio de Difracción de Rayos X en su ubicación original en la primera planta del ICTJA a principios de los años noventa. En primer término el difractómetro de polvo Siemens D-500 y al fondo el difractómetro de monocristal Enraf-Norius CAD-4. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

X-Ray Diffraction Service in its original location at the first floor of ICTJA in the early 1990s. Powder diffractometer Siemens D-500 and the single crystal diffractometer Enraf-Norius CAD-4 on the bottom. (Author: J. L. Fernández Turiel).

Mejías, Jordi Gil, Xavier Martorell, Albert Montero i Servando Chinchón. Després de la marxa a l'ICMAB el 1986 del Dr. Miravittles i el personal esmentat, llevat del Dr. Servando Chinchón, que va continuar al Laboratori fins a 1995, el Dr. Felicià Plana i el Dr. Adolf Traveria es van encarregar de dirigir i consolidar el Servei. El Dr. Traveria es va jubilar el 2000, mentre que el Dr. Plana va deixar el Servei i l'Institut l'any 2008 per posar en marxa el Laboratori de Raigs X de l'Institut de Diagnosi

de del punto de vista de personal científico cómo técnico, incorporándose el Dr. Elíes Molins, Dr. Jordi Rius, Juan Rodríguez, Mercé Font Carot, Milagros Mejías, Jordi Gil, Xavier Martorell, Albert Montero y Servando Chinchón. Tras la marcha al ICMAB en 1986 del Dr. Miravittles y el personal mencionado, salvo el Dr. Servando Chinchón que continuó en el Laboratorio hasta 1995, el Dr. Felicià Plana y el Dr. Adolf Traveria se encargaron de dirigir y consolidar el Servicio. El Dr. Traveria se jubiló en 2000, mientras

als, both natural and synthetic. The methods of this technique are based on determining the angle between the incident X-rays and those diffracted by the sample, which is characteristic of each crystalline phase when the instrumental conditions satisfy Bragg's law. This law relates the electromagnetic radiation wavelength to the diffraction angle and the lattice spacing in a crystalline sample. Currently, the XRD service continues offering its services to ICTJA researchers as well as users of other research

**Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC).** Des de llavors, José J. Elvira, incorporat al Servei el 1985, n'exerceix la direcció tècnica. L'any 2009, el Dr. Jordi Ibáñez es va fer càrrec de la responsabilitat científica del Servei, al qual es va incorporar un any més tard com a tècnica Soledad Álvarez Pousa.

La difracció de raigs X en pols és una tècnica fonamental en la caracterització dels materials, tant naturals com sintètics. Els mètodes d'aquesta tècnica es basen en la determinació de l'angle entre els raigs X incidents i els difractats per la mostra, que són característics de cada fase cristal·lina quan les condicions instrumentals satisfan la llei de Bragg. Aquesta llei relaciona la longitud d'ona de la radiació electromagnètica amb l'angle de difracció i l'espaiat de la xarxa en una mostra cristal·lina. Aquesta tècnica proporciona valuosa informació qualitativa i quantitativa sobre la mineralogia de les mostres, sobre la seva qualitat cristal·lina, deformacions i microestructura, longitud de coherència, estructura cristal·lina, etc. En l'actualitat, el Servei de DRX continua oferint els serveis tant als investigadors de l'ICTJA com a usuaris d'altres centres de recerca, universitats i empreses. El Servei disposa de dos difractòmetres (Bruker D5005 i Bruker D8-A25), el segon dels quals es va adquirir l'any 2012 a través del cofinançament de fons FEDER. A més, el Servei també ha ampliat les prestacions adquirint un equip portàtil de fluorescència de raigs X (Bruker Tracer IV-Geo), que permet complementar quant a composició elemental la informació mineralògica obtinguda per DRX. Les tècniques disponibles permeten al Servei oferir assessorament i solucions als usuaris en estudis

que el Dr. Plana dejó el Servicio y el Instituto en 2008 para poner en marcha el Laboratorio de rayos X del IDAEA-CSIC. Desde entonces, José J. Elvira, incorporado al Servicio en 1985, ejerce la dirección técnica. En el año 2009, el Dr. Jordi Ibáñez se hizo cargo de la responsabilidad científica del Servicio, al que se incorporó un año más tarde como técnica Soledad Álvarez Pousa.

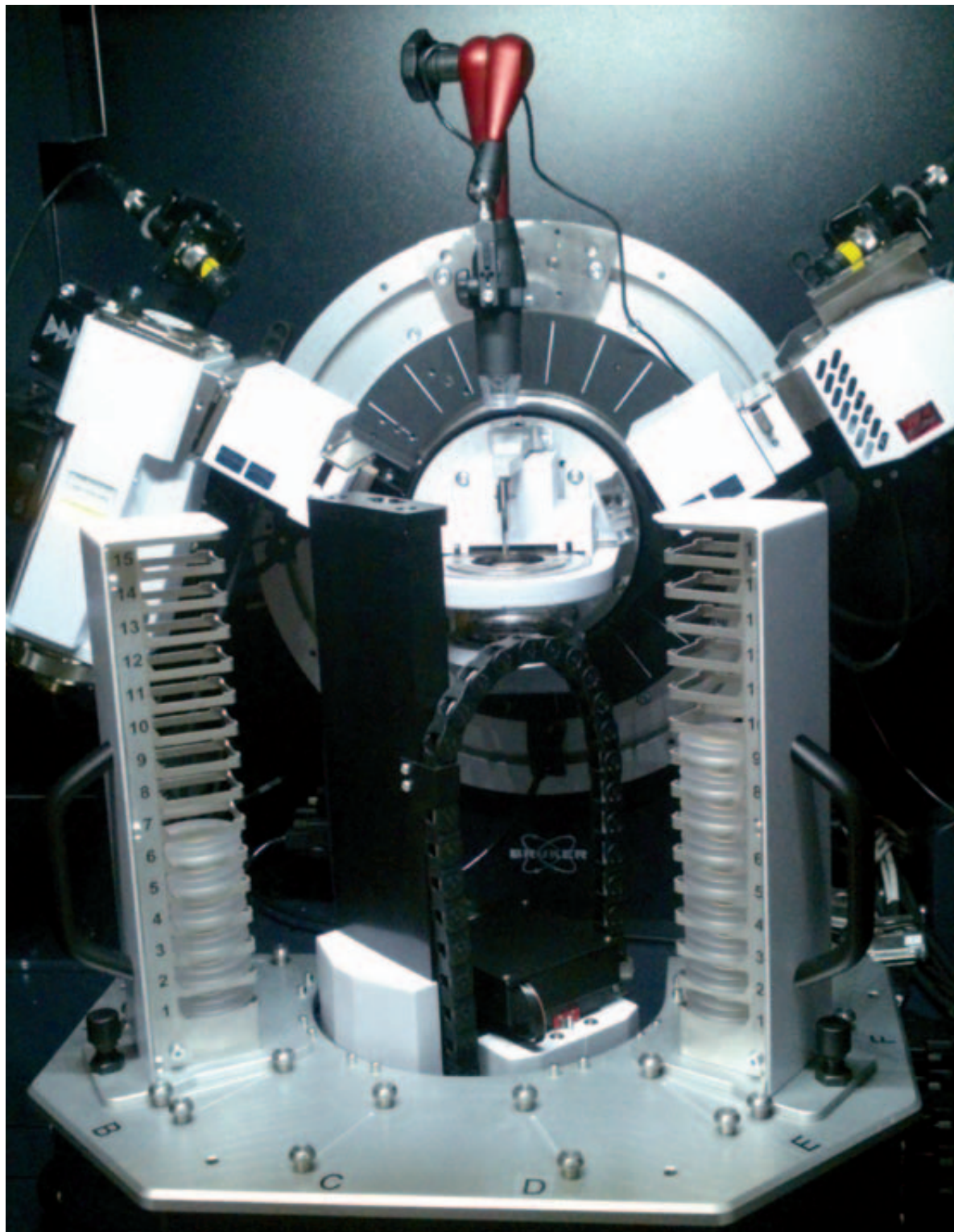
La difracción de rayos X en polvo es una técnica fundamental en la caracterización de los materiales, tanto naturales como sintéticos. Los métodos de esta técnica se basan en la determinación del ángulo entre los rayos X incidentes y los difractados por la muestra, que son característicos de cada fase cristalina cuando las condiciones instrumentales satisfacen la ley de Bragg. Esta ley relaciona la longitud de onda de la radiación electromagnética con el ángulo de difracción y el espaciado de la red en una muestra cristalina. Esta técnica proporciona valiosa información cualitativa y cuantitativa sobre la mineralogía de las muestras, sobre su calidad cristalina, deformaciones y microestructura, longitud de coherencia, estructura cristalina, etc. En la actualidad el Servicio de DRX continúa ofreciendo sus servicios tanto a los investigadores del ICTJA como usuarios de otros centros de investigación, universidades y empresas. El Servicio dispone de dos difractómetros (Bruker D5005 y Bruker D8-A25), el segundo de los cuales adquirido el año 2012 a través de la cofinanciación de fondos FEDER. Además, el Servicio también ha ampliado sus prestaciones adquiriendo un equipo portátil de fluorescencia de rayos X (Bruker Tracer IV-Geo), que permite complementar a nivel de composición elemental la información mine-

centers, universities and industry. The Service has two diffractometers, a Bruker D5005 and a Bruker D8-A25; the latter was installed in 2012 co-financed by ERDF (FEDER) funds. The Service expanded its range of analytical capabilities acquiring a portable X-ray fluorescence spectrometer (Bruker Tracer IV-Geo), complementing at chemical level the mineralogical information obtained by XRD. The available techniques allow advice and solutions to be offered in paleoclimate studies, natural hazards, mineral deposits, characterization of new materials, industrial hygiene, pathologies of construction materials, cultural heritage studies, etc.

#### **Paleomagnetism Service**

Paleomagnetism is the study of the Earth's magnetic field recorded by rocks. It is based on two phenomena: first, the Earth's magnetic field changes its intensity and direction both in time and space and, second, rocks contain minerals that can fix and retain a record of this ambient magnetic field. Applications of paleomagnetism are wide, including the dating of sedimentary successions and archaeological material, tectonic and paleoclimate applications and reconstruction of the past Earth's magnetic field.

The Laboratory of Paleomagnetism (currently Paleomagnetism Service) of Barcelona was established in 1989 thanks to the agreement between the CSIC and the Catalan Geological Service, which then belonged to the Generalitat of Catalonia. Dr Josep Maria Parés, from the CSIC, was in charge of the laboratory at that time. With the definitive set up of the GM400 cryogenic magnetometer (Cryogenic Consultants Ltd.) in September 1989, the Laboratory of Barcelona became the first and unique Paleomagnetism Laboratory with a cryogenic mag-



**Diffractòmetre de pols  
Bruker D8-A25 instal·lat el  
2012 al Servei de Difracció  
de Raigs X.  
(Autor: J. Elvira).**

Diffractómetro de polvo  
Bruker D8-A25 instalado  
en el 2012 en el Servicio  
de Difracción de Rayos X.  
(Autor: J. Elvira).

Powder diffractometer  
Bruker D8-A25 installed  
in 2012 in the X-Ray  
Diffraction Service.  
(Author: J. Elvira).

paleoclimàtics i de riscos naturals, jaciments minerals, caracterització de nous materials, problemes d'higiene industrial, estudis sobre patologies constructives, estudis de patrimoni, etc.

### **Servei de Paleomagnetisme**

El Paleomagnetisme tracta de l'estudi del camp magnètic de la Terra registrat per les roques. Les bases del Paleomagnetisme són, d'una banda, que el camp magnètic terrestre canvia la seva intensitat i direcció tant en l'espai com en el temps i, de l'altra, que les roques contenen minerals que poden fixar i retenir un registre d'aquest camp magnètic ambiental. Les aplicacions del Paleomagnetisme són molt variades i inclouen la datació de successions sedimentàries i material arqueològic, aplicacions tectòniques i de paleoclimatologia i reconstrucció del camp magnètic terrestre en el passat.

El Laboratori de Paleomagnetisme (avui Servei de Paleomagnetisme) de Barcelona es va fundar el 1987 com a resultat de l'acord entre el CSIC i el Servei Geològic de Catalunya, adscrit llavors al Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya. El responsable del funcionament del laboratori en els primers moments va ser el Dr. Josep Maria Parés. Amb la posada en marxa definitiva del magnetòmetre criogènic GM400 (Cryogenic Consultants Ltd) el setembre de 1989 el Laboratori de Barcelona es convertia en el primer i, durant més d'una dècada, únic Laboratori de Paleomagnetisme dotat de magnetòmetre criogènic de la Península Ibèrica. El 1998 va passar a dependre dels Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona (actuals CCI-TUB) i de l'ICTJA amb el Dr. Miguel Garcés, de la UB, al capdavant fins

ralògica obtenida por DRX. Las técnicas disponibles permiten al Servicio ofrecer asesoramiento y soluciones a los usuarios en estudios paleoclimáticos y de riesgos naturales, yacimientos minerales, caracterización de nuevos materiales, problemas de higiene industrial, estudios sobre patologías constructivas, estudios de patrimonio, etc.

### **Servicio de Paleomagnetismo**

El Paleomagnetismo es el estudio del campo magnético de la Tierra registrado por las rocas. Las bases del Paleomagnetismo son, por un lado, que el campo magnético terrestre cambia su intensidad y dirección tanto en el espacio como en el tiempo y, por otro, que las rocas contienen minerales que pueden fijar y retener un registro de este campo magnético ambiental. Las aplicaciones del Paleomagnetismo son muy variadas incluyendo la datación de sucesiones sedimentarias y material arqueológico, aplicaciones tectónicas y de paleoclimatología y reconstrucción del campo magnético terrestre en el pasado.

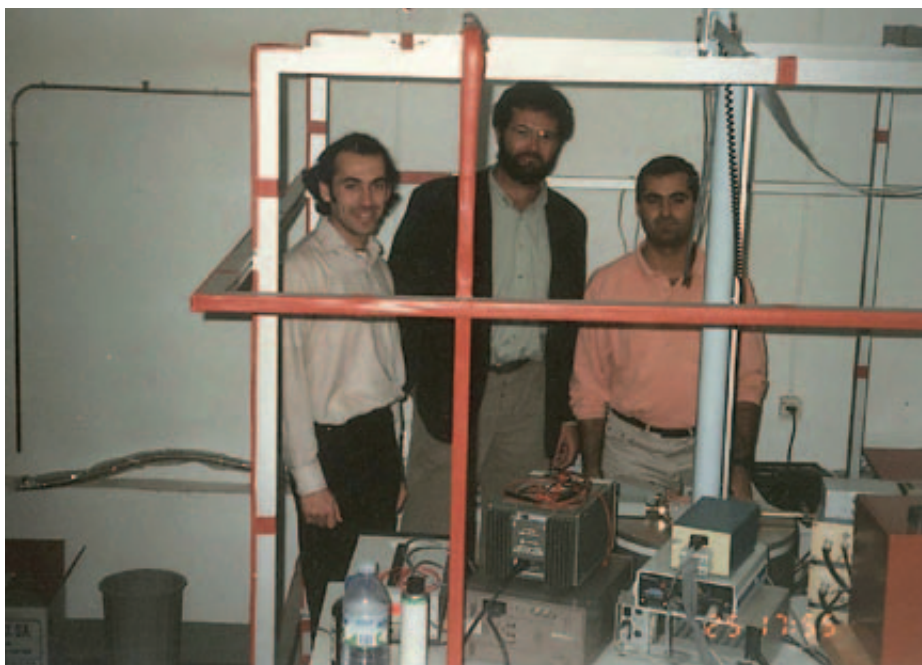
El Laboratorio de Paleomagnetismo de Barcelona (actualmente Servicio de Paleomagnetismo) se fundó en 1987 como resultado del acuerdo entre el CSIC y el Servei Geològic de Catalunya, adscrito entonces al Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya. El responsable del funcionamiento del laboratorio en los primeros momentos fue el Dr. Josep Maria Parés. Con la puesta en marcha definitiva del magnetómetro criogénico GM400 (Cryogenic Consultants Ltd.) en septiembre de 1989 el Laboratorio de Barcelona se convertía en el primer y, durante más de una dècada, único Laboratorio de Paleomagnetismo dotado de magnetómetro crio-

netometer in the Iberian Peninsula for more than 10 years. In 1998 it was transferred to the CCI-TUB and the ICTJA and Dr Miguel Garcés, from the UB, was designated its technical director until 2002. In 2001, the cryogenic magnetometer GM400 was substituted by a superconducting rock magnetometer SRM755R (2G Enterprises). Elisabet Beamud from the CCI-TUB has been its technical director since 2002. During these years, Ana Gómez and Ylènia Almar from the ICTJA have been working in the laboratory as support technicians. Nowadays, the facilities of the laboratory include: Superconducting rock magnetometer SRM755R (2G Enterprises), spinner magnetometer JR6A (Agico), thermal demagnetizers (TSD-1 Schonstedt, MMTD80 and ASC TD48EU), alternating field demagnetizers (GSD-5 Schonstedt and D-Tech 2000, ASC Scientific), pulse magnetizer (IM10-30, ASC Scientific) and Kappabridge KLY-2 (Geofyzika Brno).

The Service provides technical support to Earth Sciences researchers and research groups, including researchers from the UB and the CSIC, and from the Spanish Geological Survey, the Universitat Autònoma de Barcelona or the Zaragoza University, among others. Its main research focuses are: magnetostratigraphic dating of sedimentary successions applied to basin analysis and biochronological calibration, paleomagnetism applied to the study of orogenic belts and to the characterization of the magmatic flow in volcanic islands, archaeomagnetic dating of archaeological remnants and rock magnetism applied to the sedimentary record of climatic and paleoenvironmental changes.

### **Th-230/U-234 Dating Laboratory**

Dr. Ramon Julià founded in 1989 the radiochem-



**Imatge corresponent als inicis del Laboratori de Paleomagnetisme, amb el magnetòmetre criogènic GM400 dins de les bobines de Helmholtz. D'esquerra a dreta: Miguel Garcés, Josep Maria Parés i Jaume Dinarés. (Autor: M. Garcés).**

Imagen de los primeros años del Laboratorio de Paleomagnetismo, con el magnetómetro criogénico GM400 dentro de las bobinas de Helmholtz. De izquierda a derecha: Miguel Garcés, Josep Maria Parés y Jaume Dinarés. (Autor: M. Garcés).

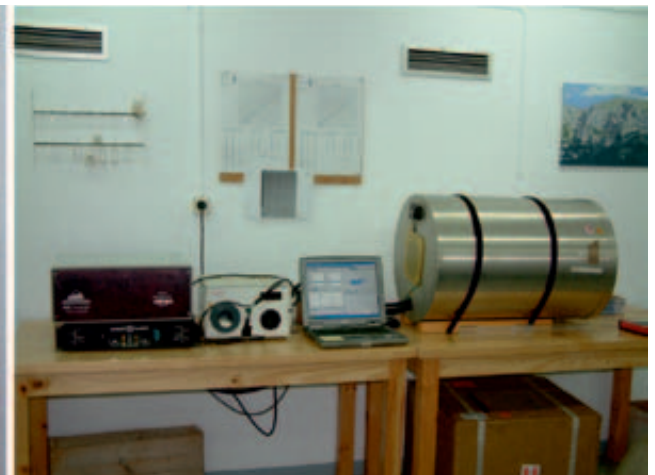
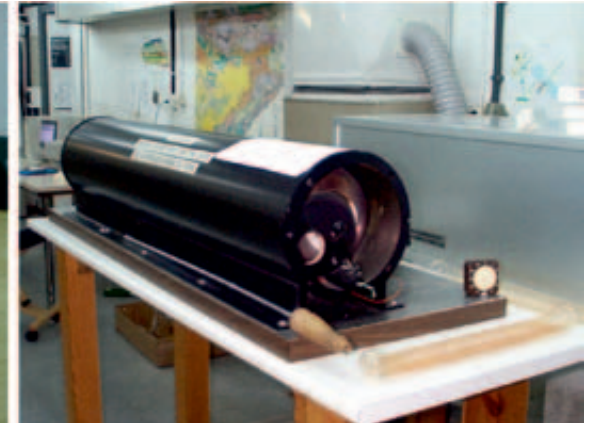
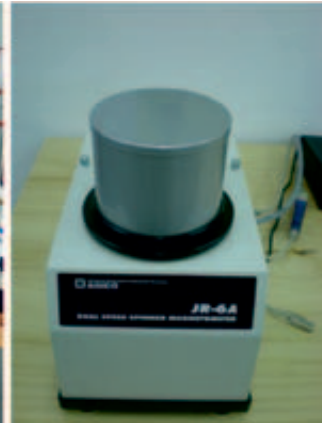
Image of the early Paleomagnetism Laboratory, with the cryogenic magnetometer GM400 within the Helmholtz coils. From left to right: Miguel Garcés, Josep Maria Parés and Jaume Dinarés. (Author: M. Garcés).

a 2002. El 2001 es va substituir el magnetòmetre criogènic GM400 per un magnetòmetre superconductor SRM755R (2G Enterprises). A partir del 2002 Elisabet Beamud, dels CCIUB, n'és la responsable tècnica. Durant aquests anys, Ana Gómez i Ylenia Almar de l'ICTJA han estat treballant al laboratori com a tècniques de suport. Actualment, disposa de l'equipament següent: magnetòmetre superconductor SRM755R (2G Enterprises), magnetòmetre Spinner JR6A (Agico), desmagnetitzadors tèrmics (TSD-1 Schonstedt, MMTD80 i ASC TD48EU), desmagnetitzadors per camps alterns (GSD-5 Schonstedt i D-Tech 2000, ASC Scientific), magnetitzador d'impuls (IM10-30, ASC Scientific) i Kappa-bridge KLY-2 (Geofyzika Brno).

gènic de la Península Ibèrica. En 1998 pasó a depender de los Servicios Científico-técnicos de la Universitat de Barcelona (actuales CCIUB) y del ICTJA con el Dr. Miguel Garcés, de la UB, al frente hasta 2002. En 2001 se sustituyó el magnetómetro criogénico GM400 por un magnetómetro superconductor SRM755R (2G Enterprises). A partir del 2002 Elisabet Beamud, de los CCIUB, es su responsable técnica. Durante estos años, Ana Gómez e Ylenia Almar del ICTJA han estado trabajando en el laboratorio como técnicos de apoyo. Actualmente, dispone del siguiente equipamiento: magnetómetro superconductor SRM755R (2G Enterprises), magnetómetro spinner JR6A (Agico), desmagnetizadores térmicos (TSD-1 Schonstedt, MMTD80 y ASC TD48EU), des-

ical laboratory for dating carbonate samples by the decay series of uranium. This infrastructure was funded through a research project of the Generalitat de Catalunya. From 2007 Dr. Santiago Giralt took over the Laboratory. Graciela Monzón has served as technical manager since the creation of the Laboratory. The method consists of an initial separation and purification of isotopes of uranium and thorium to be dated occurring in the sediments. Subsequently it is necessary to calculate the activities of the different radioisotopes. The process is based on the long series of decay of uranium-238 to the stable lead-206. Uranium-238 is an alpha particle emitter and decays to other radioisotopes until uranium-234; this in turn decays to thorium-230. The half-lives of these radioiso-





Part de l'equipament del Servei de Paleomagnetisme. D'esquerra a dreta i de dalt a baix: magnetòmetre superconductor de roques SRM755R (2G Enterprises), magnetòmetre Spinner JR6A (Agico), desmagnetitzador tèrmic TSD-1 (Schonstedt), desmagnetitzador tèrmic MMTD80 (Magnetic Measurements), desmagnetitzador per camps alterns D-Tech 2000 (ASC Scientific) i magnetitzador d'impuls IM10-30 (ASC Scientific). (Autor: E. Beamud).

Parte del equipamiento del Servicio de Paleomagnetismo, de izquierda a derecha y de arriba a abajo: magnetómetro superconductor de rocas SRM755R (2G Enterprises), magnetómetro spinner JR6A (Agico), desmagnetizador térmico TSD-1 (Schonstedt), desmagnetizador térmico MMTD80 (Magnetic Measurements), desmagnetizador por campos alternos D-Tech 2000 (ASC Scientific) y magnetizador de impulso IM10-30 (ASC Scientific). (Autor: E. Beamud).

Part of the facilities of the Paleomagnetism Service, from top-left to bottom-right: superconducting rock magnetometer SRM755R (2G Enterprises), spinner magnetometer JR6A (Agico), thermal demagnetizer TSD-1 (Schonstedt), thermal demagnetizer MMTD80 (Magnetic Measurements), alternating field demagnetizer D-Tech 2000 (ASC Scientific) and pulse Magnetizer IM10-30 (ASC Scientific). (Author: E. Beamud).

El Servei de Paleomagnetisme dóna suport a investigadors i grups de recerca en Ciències de la Terra, tant del CSIC i la UB com de l'Institut Geològic i Miner d'Espanya (IGME), la Universitat Autònoma de Barcelona i la Universitat de Saragossa, entre d'altres. Les principals línies de recerca del Laboratori són la datació magnetostratigràfica de successions sedimentàries aplicada a l'anàlisi de conques i al calibratge biostratigràfic, el paleomagnetisme

magnetizadores por campos alternos (GSD-5 Schonstedt y D-Tech 2000, ASC Scientific) y magnetizador de impulso (IM10-30, ASC Scientific) y Kappabridge KLY-2 (Geofyzika Brno).

El Servicio de Paleomagnetismo da apoyo a investigadores y grupos de investigación en ciencias de la Tierra, tanto del CSIC y la UB, como del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), la Universidad Autónoma de

topes limit the maximum time range of use of this method to 350,000 years. The best results are obtained in samples with significant uranium content such as speleothems, travertines, evaporites, peats, and fossils such as corals and algae.

To operate the Laboratory, an alpha spectrometer ORTEC equipped with 8 silicon surface barrier detectors was acquired in 1989. This equipment was renovated in 2010 and currently has

aplicat a l'estudi de cinturons orogènics i a la caracterització del flux magmàtic en illes volcàniques, la datació arqueomagnètica de restes arqueològiques i el magnetisme de roques aplicat al registre de les variacions climàtiques i paleoambientals.

#### **Laboratori de Datacions pel Mètode Th-230/U-234**

El 1989 el Dr. Ramon Julià va fundar el laboratori radioquímic destinat a la datació de mostres carbonatades mitjançant les sèries

Barcelona y la Universidad de Zaragoza, entre otros. Las principales líneas de investigación del Laboratorio son la datación magnetoestratigráfica de series sedimentarias aplicada al análisis de cuencas y a la calibración bioestratigráfica, el paleomagnetismo aplicado al estudio de cinturones orogénicos y a la caracterización del flujo magmático en islas volcánicas, la datación arqueomagnética de restos arqueológicos y el magnetismo de rocas aplicado al registro de las variaciones climáticas y paleoambientales.

16 detectors. In addition, the software needed to determine the specific energies of each radioisotope is available, as well as their quantification to establish the age of each sample.

Throughout the years of operation of the laboratory, many samples have been analysed, mainly from the Iberian Peninsula. They are mostly related to archaeological sites with stalagmites or travertines, such as Atapuerca, Abric Romani and the Altamira Cave, or with long Quaternary sequences where the radiocarbon method is not



**Algunes imatges del mostreig paleomagnètic i de les mostres que es mesuren al Servei de Paleomagnetisme. D'esquerra a dreta i de dalt a baix: mostreig dels sediments cenozoics de l'illa Seymour (Antàrtida), mostreig de dics volcànics de l'escut basàltic de Tenerife, mostres de lutites vermelles de la conca de l'Ebre i mostres de ceràmiques visigodes per estudiar la paleointensitat del camp magnètic terrestre.**

**(Autor: E. Beamud).**

Algunas imágenes del muestreo paleomagnético y de las muestras que se estudian en el Servicio de Paleomagnetismo. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: muestreo de los sedimentos cenozoicos de la isla Seymour (Antártida), muestreo de diques volcánicos del escudo basáltico de Tenerife, muestras de lutitas rojas de la cuenca del Ebro y muestras de cerámicas visigodas para estudiar la paleointensidad del campo magnético terrestre. (Autor: E. Beamud).

Some images of the paleomagnetic sampling and samples are measured in the Paleomagnetism Service. From left to right and top to bottom: Cenozoic sediments sampling of Seymour Island (Antarctica), sampling of volcanic dikes from the basaltic shield of Tenerife, samples of red shales of the Ebro Basin and visigothic ceramic samples to study the paleointensity of Earth's magnetic field. (Author: E. Beamud).

de desintegració de l'urani a partir d'un projecte d'infraestructura finançat per la Generalitat de Catalunya. A partir de 2007 es va fer càrrec del Laboratori el Dr. Santiago Giralt. Graciela Monzón ha prestat els serveis com a responsable tècnica des de la creació del Laboratori. El procediment consisteix en una primera separació i purificació dels isòtops de l'urani i del tori presents en els sediments a datar. Posteriorment, és necessari calcular les activitats dels diferents radioisòtops. El mètode es basa en la llarga sèrie de desintegració de l'urani-238 fins al plom-206, que és estable. L'urani-238 és emissor de partícules alfa i decau a altres radioisòtops fins a l'urani-234 i aquest al seu torn decau fins al tori-230. Les vides mitjanes d'aquests radioisòtops limiten el rang temporal màxim d'utilització d'aquest mètode a 350.000 anys. Els millors resultats s'obtenen en mostres amb un contingut significatiu en urani com ara espeleotemes, travertins, evaporites, torbes i, també, en fòssils com coralls i algues.

Per implementar el Laboratori es va adquirir l'any 1989 un equip d'espectrometria alfa marca ORTEC equipat amb 8 detectors de barrera de silici. Aquest equip es va renovar l'any 2010 i actualment inclou 16 detectors. Així mateix, es disposa del programari necessari per a la determinació de les energies específiques de cada radioisòtop i la seva quantificació, i poder establir l'edat de cada mostra.

Al llarg de tots aquests anys de funcionament del Laboratori els materials que s'han datat procedeixen principalment de la Península Ibèrica. Majoritàriament estan relacionats amb jaciments arqueològics que presenten colades estalagmítiques o nivells travertínics,

#### **Laboratorio de Dataciones por el Método Th-230/U-234**

En 1989 el Dr. Ramon Julià fundó el laboratorio radioquímico destinado a la datación de muestras carbonatadas mediante las series de desintegración del uranio en base a un proyecto de infraestructura financiado por la Generalitat de Catalunya. A partir de 2007 se hizo cargo del Laboratorio el Dr. Santiago Giralt. Graciela Monzón ha prestado sus servicios como responsable técnico desde la creación del Laboratorio. El procedimiento consiste en una primera separación y purificación de los isótopos del uranio y del torio presentes en los sedimentos a datar. Posteriormente es necesario calcular las actividades de los distintos radioisótopos. El método se basa en la larga serie de desintegración del uranio-238 hasta el plomo-206 que es estable. El uranio-238 es emisor de partículas alfa y decae a otros radioisótopos hasta el uranio-234 y este a su vez decae hasta el torio-230. Las vidas medias de estos radioisótopos limitan el rango temporal máximo de utilización de este método a 350.000 años. Los mejores resultados se obtienen en muestras con un contenido significativo en uranio tales como espeleotemas, travertinos, evaporitas, turbas y, también, en fósiles como corales y algas.

Para implementar el Laboratorio se adquirió en 1989 un equipo de espectrometría alfa marca ORTEC equipado con 8 detectores de barrera de silicio. Este equipo fue renovado en el año 2010 y actualmente cuenta con 16 detectores. Así mismo, se dispone del software necesario para la determinación de las energías específicas de cada radioisótopo y su cuantificación y poder establecer la edad de cada muestra.

A lo largo de todos estos años de funcionamiento del Laboratorio los materiales que se han datado por

applicable as, for instance, Banyoles, Padul and Alicún. Samples from Europe (Italy, Belgium, Greece, Ireland), Africa (Morocco), Middle East (Dead Sea), Asia (China) and South America (Argentina, Colombia, Brazil and Chile) America have also been dated through collaborations in national and international projects.

#### **Seismic Laboratory**

The Seismic Laboratory began operations in late 1980s with the acquisition, promoted by Dr Josep Gallart, of 10 Lennartz M88 dataloggers equipped with short-period seismometers, designed for the exploration of the Earth's crust. This equipment allowed the participation in numerous active seismic experiments in the Iberian Peninsula, but also in the Canary Islands, Sicily, Urals, Mexico and the islands of Reunion, Easter and Society. Notably, their use required a major logistical effort, since it was necessary to visit the station every 2 hours to change the storage media.

The next milestone in the history of the laboratory corresponds to the acquisition, in the mid-1990s, of a new generation of instruments consisting of 8 Reftek dataloggers, followed a few years later by 10 Hathor instruments and 12 mid-band seismometers, prepared to record seismic signals with periods of up to 20 s. This equipment allowed the laboratory to participate in various major projects, mainly focused on the acquisition of natural seismicity data (passive seismic). In the late 2000s, and driven by the award of the Consolider project TOPOIBERIA, there was the most significant advance in the operational capabilities of the Laboratory. Since 2007, more than 30 Nanometrix dataloggers and broadband sensors were incorporated into the Seismic Laboratory that also managed 40



**Espectròmetre alfa del Laboratori de Datacions pel Mètode Th-230/U-234. (Autor: S. Giralt).**

Espectrómetro alfa del Laboratorio de Dataciones por el Método Th-230/U-234. (Autor: S. Giralt).

Alpha spectrometer of the Th-230/U-234 Dating Laboratory. (Author: S. Giralt).

com ara Atapuerca, Abric Romaní i la Cova d'Altamira, o amb llargues seqüències quaternàries en què el mètode del radiocarboni no pot aplicar-se com ara les de Banyoles, Padul i Alicún, per posar-ne alguns exemples. També s'han datat mostres procedents d'Europa, Àfrica, Pròxim Orient, Àsia i Amèrica del Sud, a través de col·laboracions en projectes nacionals i internacionals.

#### **Laboratori de Sísmica**

El Laboratori de Sísmica va començar les activitats a la fi dels anys 1980, amb l'adquisició, impulsada pel Dr. Josep Gallart, de 10 estacions de registre Lennartz M88 equipades amb sismòmetres de període curt dissenyats per a l'exploració de l'escorça terrestre. Aquests

ceden principalment de la Península Ibèrica. Majoritàriament estan relacionats con yacimientos arqueológicos que presentan coladas estalagmíticas o niveles travertínicos, tales como Atapuerca, Abric Romaní y la Cueva de Altamira, o con largas secuencias cuaternarias en las que el método del radiocarbono no puede aplicarse como Banyoles, Padul y Alicún, por poner algunos ejemplos. También se han datado muestras procedentes de Europa (Italia, Bélgica, Grecia, Irlanda), África (Marruecos), Oriente Próximo (Mar Muerto), Asia (China) y América del Sur (Argentina, Colombia, Brasil y Chile) a través de colaboraciones en proyectos nacionales e internacionales.

#### **Laboratorio de Sísmica**

El Laboratorio de Sísmica comenzó sus acti-

additional instruments ascribed directly to the TOPOIBERIA project. This infrastructure positioned the Laboratory as one of the leading centers in Europe on seismic research. During the last years, the Laboratory has also acquired 40 dataloggers equipped with short-period sensors, adapted to record local seismicity and controlled source (i.e. active seismic) experiments.

Together with the development of the data acquisition pool, the Seismic Laboratory has adapted the hardware and software equipment required for the acquisition, storage, processing and interpretation of seismic data, moving from simple Pentium 486 computers to the current workstations and online data servers allowing

**Equips de registre sísmic Lennartz M88 instal·lats a Extremadura (1992). (Autor: J. Díaz).**

Equipos de registro Lennartz M88 instalados en Extremadura (1992). (Autor: J. Díaz).

Recording equipment Lennartz M88 installed in Extremadura (1992). (Author: J. Díaz).



equips van permetre la participació en nombrosos experiments de sísmica activa a la Península Ibèrica, així com a les Canàries, Sicília, els Urals, Mèxic o les illes de Reunió, Pasqua i Societat. Cal destacar que la seva utilització requeria d'un important esforç logístic, atès que cada dues hores era necessari visitar l'estació per canviar el suport d'emmagatzematge.

La fita següent en la història del Laboratori correspon a l'adquisició, a mitjan de 1990, d'una nova generació d'instruments, formada per 8 estacions de registre Reftek, als quals es van sumar uns anys més tard 10 instruments Hathor i 12 sismòmetres de banda mitjana, capaços d'enregistrar períodes de fins a 20 s. Amb aquests equips va ser possible participar en diversos projectes d'envergadura, centrats principalment en l'adquisició de dades de sísmicitat natural (sísmica passiva). A la fi del decenni dels anys 2000, i impulsat per l'adju-

vidades a finales de los años 1980, con la adquisición, impulsada por el Dr. Josep Gallart, de 10 estaciones de registro Lennartz M88 equipadas con sismómetros de periodo corto diseñados para la exploración de la corteza terrestre. Estos equipos permitieron la participación en numerosos experimentos de sísmica activa en la Península Ibérica, así como en Canarias, Sicilia, los Urales, México o las islas de La Reunión, Pascua y Sociedad. Cabe destacar que su utilización requeria de un importante esfuerzo logístico, dado que cada dos horas era necesario visitar la estación para cambiar el soporte de almacenamiento.

El siguiente hito en la historia del Laboratorio corresponde a la adquisición, a mediados de los noventa, de una nueva generación de instrumentos, formada por 8 estaciones de registro Reftek, a los que se sumaron unos años más tarde 10 instrumentos Hathor y 12 sismómetros de banda media, capaces de registrar

the management of large volume of data generated by hundreds of station acquiring in continuous mode. Dr J. Diaz is the scientific office in charge of the infrastructure and Eng M. Ruiz is the technical manager.

**Raman Spectroscopy and Photoluminescence Laboratory**

Raman spectroscopy, based on the phenomenon of inelastic scattering of light in a material, is a powerful technique to study crystalline solids that is widely used in many disciplines, from Chemistry or Geology to Condensed matter physics. A laser beam impact on the sample causing changes in the vibrational, rotational or electronic states of the material under study. The energy of the scattered photons, the number of detected Raman peaks and their width provide valuable information about the crystalline quality of the material, the presence of stress and impurities in the crystal lattice, and the mineral phases present in the samples.



**Equips Reftek desplegats a Galícia el 1997 per registrar les rèpliques del terratrèmol de Becerreá (21/5/1997). (Autor: J. Díaz).**

Equipos Reftek desplegados en Galicia en 1997 para registrar las réplicas del terremoto de Becerreá (21/5/1997). (Autor: J. Díaz).

Reftek devices deployed in Galicia in 1997 to record the aftershocks of the Becerreá earthquake (21/5/1997). (Author: J. Díaz).



**Estació de registre Nanometrix, instal·lada al nord de Marroc en el marc del projecte Consolider TOPOIBERIA (2006). (Autor: J. Díaz).**

Estación de registro Nanometrix, instalada en el Norte de Marruecos dentro del proyecto Consolider TOPOIBERIA (2006). (Autor: J. Díaz).

Nanometrix recording station installed in Northern Morocco in the Consolider Project TOPOIBERIA (2006). (Author: J. Díaz).

dicació del projecte Consolider TOPOIBERIA, es va produir l'avanç més significatiu en les capacitats operatives del laboratori. A partir del 2007 es van adquirir unes 30 estacions de banda ampla Nanometrix d'última generació, a les quals cal afegir 40 equips més similars propis del projecte TOPOIBERIA. Amb això el Laboratori es va posicionar com un dels centres punters a escala europea. El Laboratori disposa també d'un 40 estacions amb sensors de curt període adaptats al registre de sismicitat local i d'experiments de sismica activa (font controlada).

Paral·lelament a l'evolució del parc d'equips de registre, el Laboratori de Sismica ha anat

periodos de hasta 20 s. Con estos equipos fue posible participar en diversos proyectos de envergadura, centrados principalmente la adquisición de datos de sismicidad natural (sismica pasiva). A finales del decenio de los años 2000, e impulsado por la adjudicación del proyecto Consolider TOPOIBERIA, se produjo el avance más significativo en las capacidades operativas del laboratorio. A partir del 2007 se adquirieron un 30 estaciones de banda ancha Nanometrix de última generación, a las que hay que añadir otros 40 equipos similares propios del proyecto TOPOIBERIA. Con ello el Laboratorio se posicionó como uno de los centros punteros a nivel europeo. El Laboratorio

Photoluminescence is an analytical technique that relies on the study of optical emission from a material excited with an incident light beam. The exciting radiation is absorbed by the material and partially re-emitted as photons with lower energy than the incident beam. Photoluminescence is a powerful tool to accurately characterize the role of impurities in crystalline solids, whether natural or synthetic origin, and to obtain information on the energy of the electronic states in crystalline materials and their nanostructures.

Created in 1992, the Raman Spectroscopy and Photoluminescence Laboratory is equipped with a Raman Spectrometer Jobin-Yvon T64000 to

adaptant també el seu equipament informàtic, tant pel que fa al maquinari com al programari necessari per a l'adquisició, emmagatzematge, processament i interpretació de les dades sísmiques adquirides, passant d'uns simples ordinadors Pentium 486 a les estacions de treball i servidors de dades en línia de què es disposa actualment i que permeten gestionar un enorme volum de registres en mode continu de centenars d'estacions sísmiques. El Dr. J. Díaz és el responsable científic de la infraestructura i l'enginyer M. Ruiz el responsable tècnic.

#### **Laboratori d'Espectroscòpia Raman i Fotoluminescència**

L'espectroscòpia Raman, basada en el fenomen de la dispersió inelàstica de la llum en un material, és una tècnica potent per estudiar els sòlids cristal·lins que s'utilitza àmpliament en nombroses disciplines, des de la Química i la Geologia fins a la Física de la Matèria Condensada. En aquesta tècnica es fa incidir sobre la mostra un feix làser, que provoca canvis en els estats vibracionals, rotacionals o electrònics del material que s'estudia. L'energia dels fotons dispersats, el nombre de pics Raman detectats i la seva amplada proporcionen informació molt valuosa sobre la qualitat cristal·lina del material, sobre la presència de tensions i impureses a la xarxa cristal·lina, i sobre les diferents fases minerals presents en les mostres.

La fotoluminescència és una tècnica analítica que es basa en l'estudi de l'emissió òptica d'un material excitat amb un feix de llum incident. La radiació d'excitació és absorbida pel material i parcialment reemesa en forma de fotons amb una energia menor que la d'incidència. La fotoluminescència és una eina potent per

disponer també de unas 40 estaciones con sensores de corto periodo adaptados al registro de sismicidad local y de experimentos de sísmica activa (fuente controlada).

Paralelamente a la evolución del parque de equipos de registro, el Laboratorio de Sísmica ha ido adaptando también su equipamiento informático, tanto en lo referente al hardware como al software necesario para la adquisición, almacenado, procesado e interpretación de los datos sísmicos adquiridos, pasando de unos simples ordenadores Pentium 486 a las estaciones de trabajo y servidores de datos online de los que se dispone actualmente y que permiten gestionar un enorme volumen de registros en modo continuo de centenares de estaciones sísmicas. El Dr. J. Díaz es el responsable científico de la infraestructura i el ingeniero M. Ruiz el responsable tècnic.

#### **Laboratorio de Espectroscopia Raman y Fotoluminiscencia**

La espectroscopia Raman, basada en el fenómeno de la dispersión inelástica de la luz en un material, es una potente técnica para estudiar los sólidos cristalinos que se utiliza ampliamente en numerosas disciplinas, desde la Química, la Geología, hasta la Física de la Materia Condensada. En esta técnica se hace incidir sobre la muestra un haz láser, que provoca cambios en los estados vibracionales, rotacionales o electrónicos del material bajo estudio. La energía de los fotones dispersados, el número de picos Raman detectados y la anchura de los mismos proporciona información muy valiosa sobre la calidad cristalina del material, sobre la presencia de tensiones e impurezas en la red cristalina, y sobre las diferentes fases minerales presentes en las muestras.

perform Raman spectroscopy measurements. This spectrometer is equipped with a nitrogen-cooled CCD liquid detector with ultraviolet extension. The spectrometer is coupled to a confocal microscope that enables analysis with a spatial resolution of 1 micron. The spectrometer has 3 diffraction gratings and 2 possible configurations: double subtractive and triple additive. Experimental measurements can be made to low frequencies and resolutions of  $\sim 2 \text{ cm}^{-1}$  in double subtractive configuration, whereas the triple additive configuration can achieve high spectral resolutions of up to  $\sim 0.7 \text{ cm}^{-1}$ .

Several lasers are available as light sources allowing the exciting of the sample with wavelengths in the UV (He-Cd laser and some lines of Ar<sup>+</sup> laser), in the visible (20 W Ar<sup>+</sup> laser, Nd-YAG laser diode, He-Ne laser, and dye laser) and in the near infrared (Ti-Sapphire laser and dye laser) ranges.

Experimental measurements can be performed at low temperatures to the liquid He temperature (liquid He cryostat, liquid nitrogen cryostat and cryogenic platen for microscope) or at temperatures up to 600 °C, as provided for a heating platen (Linkam THMS 600). The Laboratory has a wide range of small optical accessories necessary for optimal functioning of the laboratory (i.e. mirrors, lenses, filters, power meters, meter wavelength, infrared viewers, vacuum pumps, etc.).

Since a few years ago, thanks to collaboration with the Department of Applied Physics of the University of Valencia, studies on optical and vibrational properties of crystals under high hydrostatic pressures began. To do this, a device was settled in the Raman Spectros-

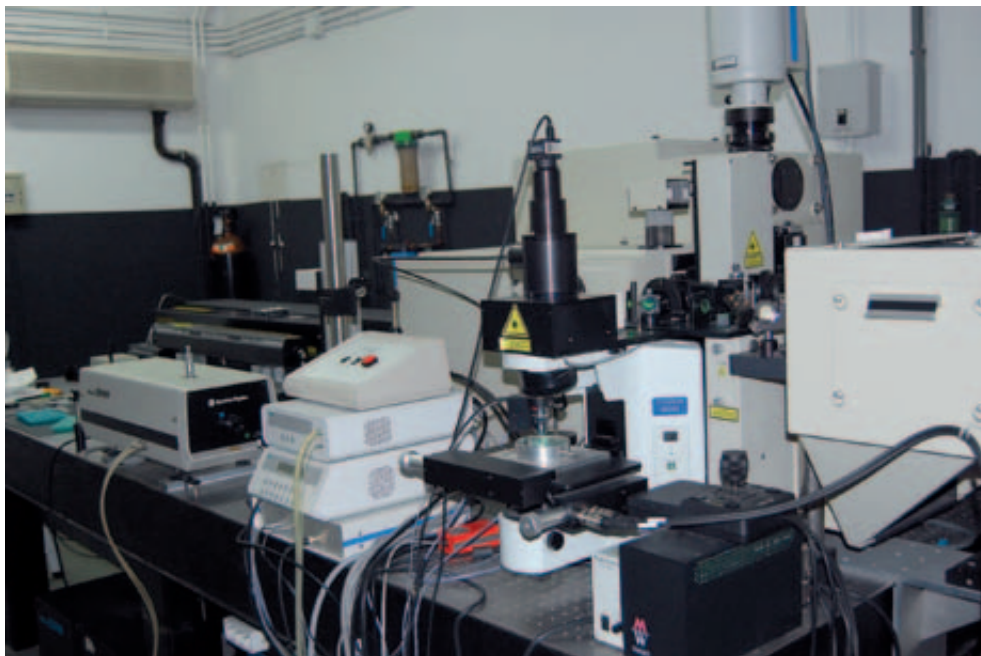
caracteritzar de manera precisa el paper que tenen les impureses en els sòlids cristal·lins, ja siguin d'origen natural o sintètic, i per obtenir informació sobre l'energia dels estats electrònics en els materials cristal·lins i de les seves nanoestructures.

Creat el 1992, al Laboratori d'Espectroscòpia Raman i Fotoluminescència, es disposa d'un espectròmetre Raman Jobin-Yvon T64000 per dur a terme les mesures d'espectroscòpia Raman. Aquest espectròmetre està equipat amb un detector CCD refrigerat per nitrogen líquid amb extensió a la ultraviolada. Acoblat a l'espectròmetre es troba un microscopi confocal que permet realitzar anàlisis amb una resolució espacial d'una micra. L'espectròmetre

La fotoluminiscència es una tècnica analítica que se basa en el estudio de la emisión óptica de un material excitado con un haz de luz incidente. La radiación de excitación es absorbida por el material y parcialmente reemitida en forma de fotones con una energía menor que la de incidencia. La fotoluminiscencia es una potente herramienta para caracterizar de forma precisa el papel que juegan las impurezas en los sólidos cristalinos, ya sean de origen natural o sintético, y para obtener información sobre la energía de los estados electrónicos en los materiales cristalinos y de sus nanoestructuras.

Creado en 1992, en el Laboratorio de Espectroscopía Raman y Fotoluminiscencia se dispone de un espectrómetro Raman Jobin-Yvon T64000

copy Laboratory consisting of one diamond anvil cell that allows the application pressures up to 25 GPa (i.e. 250,000 times the normal atmospheric pressure) on a sample. The various accessories needed were purchased for perform experiments under high pressure. As shown in the diagram, in a high-pressure environment, a sample of micrometer dimensions is placed between the two heads of the carved and polished diamonds along with a fluid pressure transmitter and micro-rubies. Given the small size of the diamonds (in the cell we have, the butts are about 400  $\mu\text{m}$  in diameter), applying a small force on the pistons in which diamonds are placed they can transmit high pressures on the samples, of the order of GPa. Accurate de-



**Fotografia del Laboratori d'Espectroscòpia Raman des de la part posterior. (Autor: L. Artús).**

Fotografía del Laboratorio de Espectroscopía Raman desde su parte posterior. (Autor: L. Artús).

Photograph of the Raman Spectroscopy Laboratory from the rear. (Author: L. Artús).



posseeix tres xarxes de difracció i dues configuracions possibles: doble subtractiu i triple additiu. En la configuració doble subtractiu es poden fer mesures experimentals fins a baixes freqüències i resolucions al voltant de  $\sim 2 \text{ cm}^{-1}$ , mentre que en la configuració triple additiu es poden obtenir altes resolucions espectrals de fins a  $\sim 0,7 \text{ cm}^{-1}$ .

Com a fonts de llum es disposa de diversos làsers que permeten excitar la mostra amb longituds d'ona en l'UV (làser de He-Cd i algunes línies del làser de Ar<sup>+</sup>), en el visible (làser de 20 W de Ar<sup>+</sup>, díode làser de Nd-YAG, làser de He-Ne i làser de colorants) i en l'infraroig proper (làser de Ti-Safir i làser de colorants).

Les mesures experimentals es poden realitzar a baixes temperatures fins a la temperatura

para llevar a cabo las medidas de espectroscopía Raman. Este espectrómetro está equipado con un detector CCD refrigerado por nitrógeno líquido con extensión al ultravioleta. Acoplado al espectrómetro se encuentra un microscopio confocal que permite realizar análisis con una resolución espacial de 1 micra. El espectrómetro posee tres redes de difracción y dos configuraciones posibles: doble subtractivo y triple aditivo. En la configuración doble subtractivo se pueden hacer medidas experimentales hasta bajas frecuencias y resoluciones alrededor de  $\sim 2 \text{ cm}^{-1}$ , mientras que en la configuración triple aditivo se pueden obtener altas resoluciones espectrales de hasta  $\sim 0.7 \text{ cm}^{-1}$ .

Como fuentes de luz se dispone de diversos láseres que permiten excitar la muestra con longitudes de onda en el UV (láser de He-Cd y algunas líneas del láser de Ar<sup>+</sup>), en el visible (láser de 20

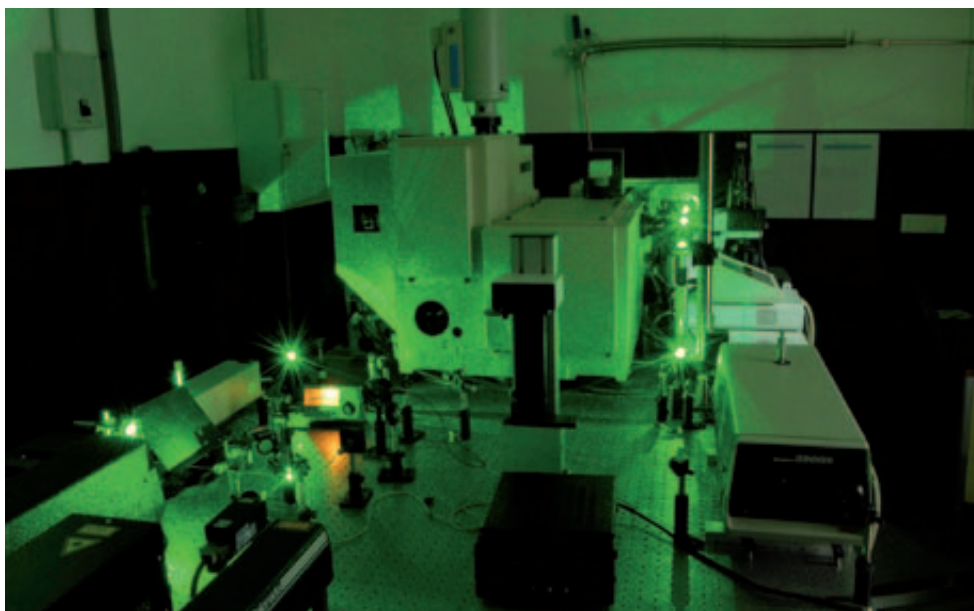
termination of the pressure at all times inside the diamond cell is accomplished by measuring the luminescence of rubies also introduced into the cell.

The Laboratory also measures Photoluminescence (PL), optical absorption and reflectance. A high-resolution 1 meter focal monochromator (Horiba HR1000) equipped with detectors of near UV, visible and an InGaAs photomultiplier cooled by Peltier effect to detect wavelengths up to 1.6 microns allows carry out analysis using these 3 techniques. A UV (He-Cd) laser and a visible (Nd-YAG) laser diode are used for PL measurements. For measurements of absorption and reflectance is available a spectral tungsten lamp operating over a wide range of wavelengths from 400 nm to 2.5 microns. All measurements can be performed depending on

**Fotografia del Laboratori d'Espectroscòpia Raman durant la realització de mesures experimentals utilitzant com a excitació un làser d'estat sòlid de Nd: YAG. (Autor: L. Artús).**

Fotografía del Laboratorio de Espectroscopía Raman durante la realización de medidas experimentales utilizando como excitación un láser de estado sólido de Nd:YAg. (Autor: L. Artús).

Photograph of the Raman Spectroscopy Laboratory conducting experimental measurements using as excitation a solid state Nd:YAg laser. (Author: L. Artús).



del He líquid (criòstat de He líquid, criòstat de N líquid i platina criogènica per microscopi) o bé fins a temperatures de 600 °C (per as-solir-les es disposa d'una platina calefactora Linkam THMs 600). Així mateix, es disposa d'una àmplia gamma de petits accessoris òptics necessaris per a un òptim funcionament del laboratori (miralls, lents, filtres, mesuradors de potència, mesuradors de longitud d'ona, visors d'infrarojo, bombes de buit, etc.).

Fa pocs anys, i gràcies a una col·laboració amb el Departament de Física Aplicada de la Universitat de València, es van iniciar els estudis sobre les propietats òptiques i vibracionals de vidres sota altes pressions hidrostàtiques. Per a això, es va instal·lar al Laboratori d'Espectroscòpia Raman una cel·la d'enclusa de diamant que permet aplicar pressions de fins a 25 GPa (250.000 vegades la pressió atmosfèrica ambiental) sobre una mostra i es van adquirir els diferents accessoris necessaris

W de Ar<sup>+</sup>, diodo láser de Nd-YAG, láser de He-Ne y láser de colorantes) y en el infrarrojo próximo (láser de Ti-Zafiro y láser de colorantes).

Las medidas experimentales se pueden realizar a bajas temperaturas hasta la temperatura del He líquido (criostato de He líquido, criostato de nitrógeno líquido y platina criogénica para microscopio) o bien a hasta temperaturas de 600 °C (para lo que se dispone de una platina calefactora Linkam THMS 600). Asimismo se dispone de una amplia gama de pequeños accesorios ópticos necesarios para un óptimo funcionamiento del laboratorio (espejos, lentes, filtros, medidores de potencia, medidores de longitud de onda, visores de infrarrojo, bombas de vacío, etc.).

Desde hace unos pocos años, y gracias a una colaboración con el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Valencia, se iniciaron los estudios sobre las propiedades ópticas y vibracionales de cristales bajo altas

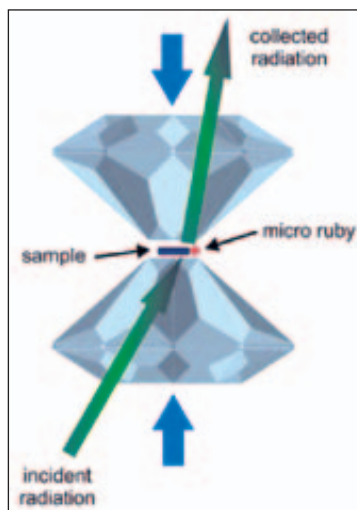
the temperature or pressure using the cryostats and pressure cells described above.

### LARX - Laboratory of X-Ray Analytical Applications

The LARX, Laboratory of X-Ray Analytical Applications, created in 1994, is an ICTJA research infrastructure of excellence with outstanding contributions at European level. LARX activities focus on the development of methodologies for the study of geological materials and other environmental matrices (biota, water, inorganic particulate material, etc.) using different methods of X-ray spectroscopy (WDXRF, EDXRF, TRXRF, micro-EDXRF, S-XRF and XRD) and other solid-state noninvasive analytical tools. In the mid-1990s, the LARX had the first portable X-ray fluorescence of Spain, devoted to studies of environmental geochemistry. The LARX, led by Dr Ignasi Queralt, is involved in research projects related to Environmental Geosciences and Geochemistry.



A



B

**A) Fotografia de la cel·la d'enclusa de diamant que s'utilitza per fer mesures òptiques sota pressió hidrostàtica de fins a 20 GPa. B) Esquema de la realització de mesures òptiques sota pressió que mostra la posició de la mostra i els rubins de calibratge entre els diamants així com la trajectòria de la llum a través del sistema. (Autor: L. Artús).**

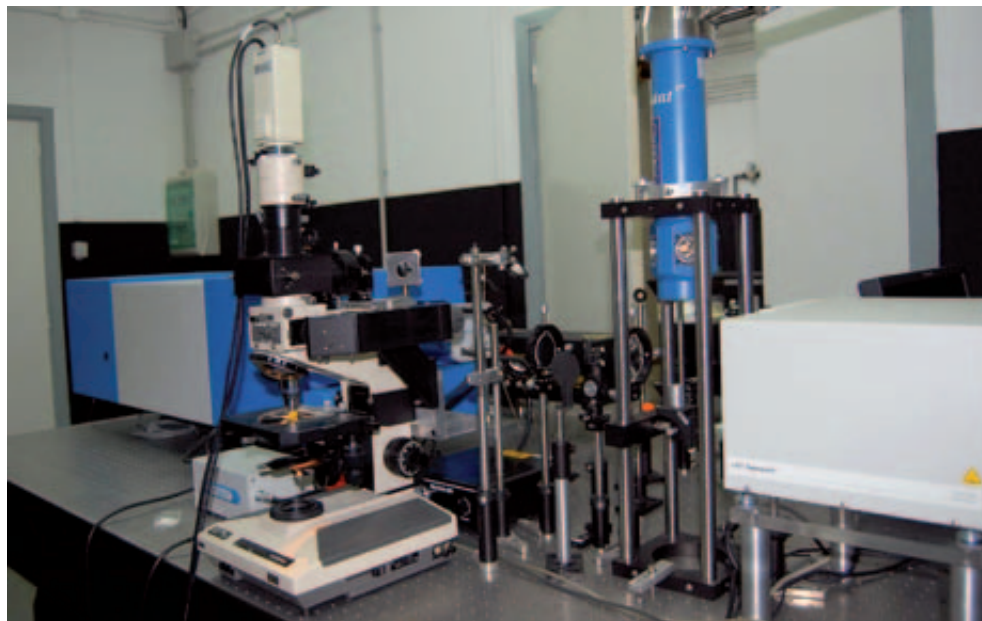
A) Fotografía de la celda de yunque de diamante que se utiliza para realizar medidas ópticas bajo presión hidrostática de hasta 20 GPa. B) Esquema de la realización de medidas ópticas bajo presión mostrando la posición de la muestra y los rubins de calibración entre los diamantes así como la trayectoria de la luz a través del sistema. (Autor: L. Artús).

A) Photograph of the diamond anvil cell, which is used to perform optical measurements under hydrostatic pressures of up to 20 GPa. B) Scheme of performing optical measurements under pressure, showing the position of the sample and the calibration rubies between the diamonds and the light path through the system. (Author: L. Artús).

**Fotografia del laboratori on es realitzen les mesures de fotoluminescència i absorció òptica.**  
(Autor: L. Artús).

Fotografía del Laboratorio donde se realizan las medidas de fotoluminiscencia y absorción óptica.  
(Autor: L. Artús).

Photograph of the Laboratory where the photoluminescence and optical absorption measurements are made. (Author: L. Artús).



per realitzar experiències sota altes pressions. Tal com mostra l'esquema, en les experiències a altes pressions es col·loca una mostra de dimensions micromètriques entre les culates de dos diamants polits i tallats, juntament amb un fluid transmissor de la pressió i uns microrobins. Atesa la petita superfície dels diamants (en la cel·la de què disposem, les culates tenen uns 400  $\mu\text{m}$  de diàmetre), l'aplicació d'una petita força sobre els pistons en els quals els diamants estan encastats permet transmetre altíssimes pressions sobre les mostres, de l'ordre dels GPa. La determinació precisa de la pressió existent en cada moment a l'interior de la cel·la de diamant es realitza mesurant la luminescència dels robins també introduïts en aquesta cel·la.

Al Laboratori es realitzen també les mesures de fotoluminiscència (PL), absorció i reflec-

presiones hidrostáticas. Para ello, se instaló en el Laboratorio de Espectroscopía Raman una celda de yunque de diamante que permite aplicar presiones de hasta 25 GPa (250.000 veces la presión atmosférica ambiental) sobre una muestra y se adquirieron los distintos accesorios necesarios para realizar experiencias bajo altas presiones. Tal y como muestra el esquema, en las experiencias a altas presiones se coloca una muestra de dimensiones micrométricas entre las culatas de dos diamantes pulidos y tallados, junto con un fluido transmisor de la presión y unos micro-rubís. Dada la pequeña superficie de los diamantes (en la celda de que disponemos, las culatas tienen unos 400  $\mu\text{m}$  de diámetro), la aplicación de una pequeña fuerza sobre los pistones en los que los diamantes están encastados permite

The implementation of this infrastructure allows the determination of major elements, trace and ultra-trace solids (minerals, rocks, particulate matter, filters, industrial wastes, etc.), including chemical mapping and microanalysis of high spatial resolution as well as determining the thickness of layers at nanometric scale. Some relevant aspects of the research focused on the possibility of determining chemical speciation from preconcentration techniques on thin film media.

Through collaboration agreements, the laboratory provides technical support to the research groups working in cultural heritage materials, especially in studies of paint pigments, metal objects, manuscripts and mural painting materials. Collaborations were also formed with various public institutions in the area of the forensic investigation.

tància òptica. Un monocromador d'alta resolució d'un metre de focal (Horiba HR1000) equipat amb detectors d'UV proper, visible i un fotomultiplicador de InGaAs refrigerat per efecte Peltier per detectar longituds d'ona de fins a 1,6 micres permet dur a terme anàlisis utilitzant aquestes tres tècniques. Per a les mesures de PL es disposa d'un làser d'UV (làser de He-Cd) i un altre de visible (díode làser de Nd-YAG). Per a les mesures d'absorció i reflectància es disposa d'un llum espectral de tungstè que permet operar en un ampli interval de longituds d'ona entre 400 nm i 2,5 micres. Totes les mesures poden realitzar-se en funció de la temperatura o de la pressió utilitzant els criòstats i les cel·les de pressió descrites anteriorment.

#### **Laboratori d'Aplicacions Analítiques de Raigs X**

El Laboratori d'Aplicacions Analítiques de Raigs X (LARX), creat el 1994, és una infraestructura de recerca d'excel·lència de l'ICTJA, amb destacades contribucions en l'àmbit europeu. Les activitats del LARX se centren en el desenvolupament de metodologies per a l'estudi de materials de naturalesa geològica, així com d'altres matrius ambientals (biota, aigües, material particulat inorgànic, etc.) utilitzant diferents modalitats de l'espectroscòpia de raigs X (WDXRF, EDXRF, TRXRF, micro-EDXRF, SXRF i XRD), així com altres eines analítiques d'estat sòlid no invasives. A mitjan dels anys 1990, el LARX va disposar de la primera fluorescència de raigs X portàtil d'Espanya, dedicada a estudis de Geoquímica Ambiental. El LARX, dirigit pel Dr. Ignasi Queralt, participa en projectes d'investigació relacionats amb les Geociències Ambientals i la Geoquímica.

transmitir altíssimes presiones sobre las muestras, del orden de los GPa. La determinación precisa de la presión existente en cada momento en el interior de la celda de diamante se realiza midiendo la luminiscencia de los rubíes también introducidos en dicha celda.

En el Laboratorio se realizan también las medidas de fotoluminiscencia (PL), absorción y reflectancia óptica. Un monocromador de alta resolución de 1 metro de focal (Horiba HR1000) equipado con detectores de UV próximo, visible y un fotomultiplicador de InGaAs refrigerado por efecto Peltier para detectar longitudes de onda de hasta 1,6 micras permite llevar a cabo análisis utilizando estas tres técnicas. Para las medidas de PL se dispone de un láser de UV (láser de He-Cd) y otro de visible (diodo láser de Nd-YAG). Para las medidas de absorción y reflectancia se dispone de una lámpara espectral de tungsteno que permite operar en un amplio intervalo de longitudes de onda entre 400 nm y 2,5 micras. Todas las medidas pueden realizarse en función de la temperatura o de la presión utilizando los criostatos y celdas de presión descritas anteriormente.

#### **LARX - Laboratorio de Aplicaciones Analíticas de Rayos X**

El Laboratorio de Aplicaciones Analíticas de Rayos X LARX, creado en 1994, es una infraestructura de investigación de excelencia del ICTJA, con destacadas contribuciones a nivel europeo. Las actividades del LARX se centran en el desarrollo de metodologías para el estudio de de materiales de naturaleza geológica, así como otras matrices ambientales (biota, aguas, material particulado inorgánico, etc.) utilizando diferentes modalidades de la espectroscopia de rayos X (WDXRF, EDXRF,

Several laboratory members participated in the creation of the European X-ray Spectrometry Association (EXSA). Since creation, the Laboratory has participated in multiple activities of training of technicians and researchers nationally and internationally, in cooperation with the International Atomic Energy Agency (IAEA), international technology companies engaged in the manufacture of X-ray instrumentation, several scientific societies and scientific research government institutions from different countries. As part of these actions, several PhD and Master's theses were conducted in the fields of environmental pollution and cultural heritage.

#### **SIMGEO - Laboratory of Geological Processes Simulation**

The Laboratory of Geological Processes Simulation (SIMGEO) was created in 1996 to strengthen collaboration between the Faculty of Geology of the UB and ICTJA-CSIC in the field of theoretical and experimental modeling of geological processes. These facilities were mainly promoted and led by Dr Joan Martí of the ICTJA and Dr. Ferran Colombo of the Faculty. The IDAEA-CSIC was incorporated in 2010 to this infrastructure.

The SIMGEO seeks to promote the application of experimental and theoretical models to study the geological processes, in particular those processes involving a risk to people and the environment, through funding from public and private research projects.

The SIMGEO is located in the basement of the Faculty of Geology of the UB and offers space and equipment to design and develop experimental models. Temporary experimental studies are made in the SIMGEO together with experiments on the permanent facilities: laboratory of

La instrumentació d'aquesta infraestructura permet la determinació d'elements majoritaris, traça i ultratraça en sòlids (minerals, roques, matèria particulada, filtres, residus industrials, etc.), incloent-hi la cartografia química i la microanàlisi d'alta resolució espacial, així com la determinació del gruix de capes a escala nanomètrica. Alguns aspectes més rellevants de les investigacions es van centrar en la possibilitat de realitzar estudis d'especiació química a partir de tècniques de preconcentració en suports de capa fina.

Mitjançant convenis de col·laboració, el Laboratori ofereix suport tècnic als grups de recerca que treballen en materials i obres d'art de patrimoni cultural, especialment en els estudis de pigments de pintura, objectes metàl·lics, manuscrits i materials pictòrics murals. També es van realitzar col·laboracions amb diverses institucions públiques en l'àmbit de la investigació forense.

Diversos membres del laboratori van participar en la creació de l'European X-ray Spectrometry Association (EXSA). Des de la seva creació, el Laboratori va participar en múltiples activitats de formació de tècnics i investigadors a escala nacional i internacional, en col·laboració amb l'Organització Internacional d'Energia Atòmica (IAEA), empreses tecnològiques internacionals dedicades a la fabricació d'instrumentació de raigs X, diverses societats científiques i amb institucions governamentals responsables de la investigació científica de diferents països. En el marc d'aquesta línia d'actuació, s'han realitzat diverses tesis de doctorat i mestratge en els camps de la contaminació del medi ambient i els materials del patrimoni cultural.

TRXRF, micro-EDXRF, S-XRF y XRD), así como otras herramientas analíticas de estado sólido no invasivas. A mediados de los 90's, el LARX dispuso de la primera fluorescencia de rayos X portátil de España, dedicada a estudios de Geoquímica Ambiental. El LARX, dirigido por el Dr. Ignasi Queralt, participa en proyectos de investigación relacionados con las Geociencias Ambientales y la Geoquímica.

La instrumentación de esta infraestructura permite la determinación de elementos mayoritarios, traza y ultra-traza en sólidos (minerales, rocas, materia particulada, filtros, residuos industriales, etc.), incluyendo el mapeo químico y el microanálisis de alta resolución espacial, así como la determinación del espesor de capas a escala nanométrica. Algunos aspectos más relevantes de las investigaciones se centraron en la posibilidad de realizar estudios de especiación química a partir de técnicas de preconcentración en soportes de capa fina.

Mediante convenios de colaboración, el Laboratorio ofrece apoyo técnico a los grupos de investigación que trabajan en materiales y obras de arte de patrimonio cultural, especialmente en los estudios de pigmentos de pintura, objetos metálicos, manuscritos y materiales pictóricos murales. También se realizaron colaboraciones con diversas Instituciones Públicas en el ámbito de la investigación forense.

Diversos miembros del laboratorio participaron en la creación de la European X-ray Spectrometry Association (EXSA). Desde su creación, el Laboratorio participó en múltiples actividades de formación de técnicos e investigadores a nivel nacional e internacional, en colaboración con la Organización Internacional de Energía Atómica

experimental petrology and mineral synthesis, a system of experimental analogue modeling capable of pressurization of magma chambers, a 16 m in length hydraulic channel, a modular experimental system to emulate a wide variety of tectonic settings and a computer laboratory equipped for the development of mathematical models and simulations using Geographical Information Systems software (GIS).

#### **LabGEOTOP Service - Laboratory of Geochemistry**

Following the commitment of ICTJA for research in the field of geochemistry, the labGEOTOP (Laboratory of Elemental and Isotopic Geochemistry for Petrological Applications) began operating in 2010 to meet the needs of this field. This infrastructure continues the pre-existing, also based on the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry or ICP-MS. This technique was introduced in Spain through ICTJA in 1993, being Dr José Luis Fernández Turriel (chief scientist) and Mercè Cabañas (head technician) of the Laboratory for ICP-MS during this first phase and until 1998. This laboratory renewed the ICP-MS equipment and completed the instrumentation with an Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) in later years under the direction of Dr. Xavier Querol. This equipment was moved in 2008 to the IDAEA-CSIC.

The philosophy of the labGEOTOP Service is to support multidisciplinary research in the Earth Sciences, providing complete equipment for comprehensive solutions to the requirements of the investigation, from sample preparation (i.e. drying, crushing, sieving, acid digestion of rocks and minerals, etc.) to the resolution of the most advanced analytical issues, such as



Sistema de modelatge experimental analògic pressuritzable de cambres magmàtiques al SIMGEO. (Autor: J. Martí).

Sistema de modelado experimental analógico presurizable de cámaras magmáticas en el SIMGEO. (Autor: J. Martí).

Pressurizable analog experimental system for magma chamber modeling in the SIMGEO. (Author: J. Martí).

### Laboratori de Simulació i Experimentació de Processos Geològics

El Laboratori de Simulació i Experimentació de Processos Geològics (SIMGEO) es va crear el 1996 mitjançant un conveni per enfortir la col·laboració entre la Facultat de Geologia de la UB i l'ICTJA-CSIC en la modelització teòrica i experimental de processos geològics. Aquestes instal·lacions les van promoure i dirigir el Dr. Joan Martí de l'ICTJA i el Dr. Ferran Colombo de la Facultat. L'IDAEA-CSIC es va incorporar el 2010 a aquesta infraestructura.

El SIMGEO busca promoure l'aplicació de models experimentals i teòrics per a l'estudi dels processos geològics i, en particular, d'aquells processos que impliquen un risc per a les persones i el medi ambient, a través del finançament aportat per projectes de recerca públics i privats.

(IAEA), empresas tecnológicas internacionales dedicadas a la fabricación de instrumentación de rayos X, diversas sociedades científicas y con instituciones gubernamentales responsables de la investigación científica de diferentes países. En el marco de esta línea de actuación, se han realizado varias tesis de doctorado y maestría en los campos de la contaminación del medio ambiente y los materiales del patrimonio cultural.

### SIMGEO - Laboratorio de Simulación y Experimentación de Procesos Geológicos

El Laboratorio de Simulación y Experimentación de Procesos Geológicos (SIMGEO) se creó en 1996 mediante un convenio para fortalecer la colaboración entre la Facultat de Geologia de la UB y el ICTJA-CSIC en modelización teórica y experimental de procesos geológicos. Estas instalaciones se promovieron y dirigieron principalmente

the determination of isotopic ratios of lithium, boron or lead in liquid and solid matrices and micron-scale analysis of minerals by a laser ablation microprobe. The main equipment of this laboratory is a high-resolution inductively coupled plasma mass spectrometer or HR-ICP-MS. This equipment was co-financed by ERDF funds through the National Programme for Scientific-Technological Infrastructures within the National Plan for Scientific Research, Development and Technological Innovation of the Ministry of Science and Innovation. It also has an optical microscopy laboratory for petrographic study of rocks and minerals. The labGEOTOP Service supports ICTJA researchers and other research centers and universities nationally and internationally. In addition, it collaborates regularly with industry and various government services.

El SIMGEO està ubicat al subsòl de l'edifici de la Facultat de Geologia de la UB i ofereix als investigadors espai i equipament per dissenyar i desenvolupar models experimentals. S'hi realitzen i s'hi han realitzat treballs experimentals amb instal·lacions temporals i, a més, disposa d'equipament permanent associat a un laboratori de petrologia experimental i síntesi mineral, un sistema de modelatge experimental analògic pressuritzable de cambres magmàtiques, un canal hidràulic de 16 m de longitud, un sistema experimental modular per emular una àmplia varietat de contextos tectònics i un laboratori de computació equipat amb el programari necessari per al desenvolupament de models matemàtics i simulacions utilitzant sistemes d'informació geogràfica.

#### **Servei labGEOTOP - Laboratori de Geoquímica**

Seguint amb l'aposta de l'ICTJA per la investigació en l'àmbit de la Geoquímica, l'any 2010 es va posar en funcionament el Servei labGEOTOP (Laboratori de Geoquímica Elemental i Isotòpica per a Aplicacions Petrològiques) per cobrir les necessitats en aquest camp. Aquesta infraestructura dóna continuïtat a les preexistents basades també en la tècnica d'espectrometria de masses amb font de plasma acoblat per inducció, usualment coneguda pel seu acrònim en anglès ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Aquesta tècnica es va introduir a Espanya a través de l'ICTJA el 1993. El Dr. José Luis Fernández Turiel en va ser el responsable científic i Mercè Cabanyes, la responsable tècnica del laboratori d'ICP-MS en aquesta primera etapa i fins al 1998. Aquest laboratori inicial va renovar l'equip d'ICP-MS i es va completar amb la

por el Dr. Joan Martí del ICTJA y el Dr. Ferran Colombo por parte de la Facultat. El IDAEA-CSIC se incorporó en 2010 a esta infraestructura.

El SIMGEO busca promover la aplicación de modelos experimentales y teóricos para el estudio de los procesos geológicos y, en particular, los procesos que implican un riesgo para las personas y el medio ambiente, a través de la financiación aportada por proyectos de investigación públicos y privados.

El SIMGEO está ubicado en el subsuelo del edificio de la Facultat de Geologia de la UB y ofrece a los investigadores espacio y equipamiento para diseñar y desarrollar modelos experimentales. En el SIMGEO se realizan y se han realizado trabajos experimentales con instalaciones temporales y además cuenta con equipamiento permanente asociado a un laboratorio de petrología experimental y síntesis mineral, un sistema de modelado experimental analógico presurizable de cámaras magmáticas, un canal hidráulico de 16 m de longitud, un sistema experimental modular para emular una amplia variedad de contextos tectónicos y un laboratorio de computación equipado con el software necesario para el desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones utilizando sistemas de información geográfica.

#### **Servicio labGEOTOP- Laboratorio de Geoquímica**

Siguiendo con la apuesta del ICTJA por la investigación en el ámbito de la geoquímica, en el año 2010 se puso en funcionamiento el Servicio labGEOTOP (Laboratorio de Geoquímica Elemental e Isotópica para Aplicaciones Petrológicas) para cubrir las necesidades en este campo. Esta infraestructura da continui-

Dr. José Luis Fernández Turiel as scientific chief and Dr. Marta Rejas as technical manager lead the service. Jonathan Cotano joined the staff of the laboratory in 2013.

The labGEOTOP Service is also involved in training activities for both technical and scientific personnel. Since the early 1990s, practically every year, the laboratory leaders in collaboration with the Department of Postgraduate and Specialization of the CSIC have taught the Theoretical-Practical Course of ICP-MS. In addition, students from different educational centers routinely perform practices in our facilities.

#### **Borehole Geophysical Logging Laboratory and Scientific Boreholes Almera 1 and 2**

Two boreholes for scientific research were drilled in 2011 in the Barcelona Knowledge Campus of the UB (BKC-UB) near the ICTJA. These wells are part of the infrastructure of ICTJA for subsurface investigation. The main objective of this facility is to test logging and monitoring tools "in situ" for characterizing subsurface rocks, fluids and active processes. The role of this infrastructure is also relevant for the training of scientists and students of the Faculty of Geology of the UB and other institutions as well as outreach activities. This infrastructure is managed by Dr. María José Jurado and has the technical support of José Crespo.

The Almera-1 well is 214.20 m deep and is used as a test site for the development of geophysical prospecting and monitoring tools. The Almera-2 borehole is located 1 m from Almera-1, reaching a depth of 46 m, and it is intended to carry out measurements of the groundwater piezometric level and support experiments conducted in the Almera-1 borehole.



**Instal·lacions del primer Laboratori d'ICP-MS d'Espanya el 1993 a l'ICTJA. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

Instalaciones del primer Laboratorio de ICP-MS de España en 1993 en el ICTJA. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

Laboratory facilities of the first ICP-MS of Spain in 1993 at the ICTJA. (Author: J. L. Fernández Turiel).



**El Dr. José Luis Fernández Turiel i Mercè Cabañas al Laboratori d'ICP-MS de l'ICTJA el 1993. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

El Dr. José Luis Fernández Turiel y Mercè Cabañas en el Laboratorio de ICP-MS del ICTJA en 1993. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

Dr. José Luis Fernández Turiel and Mercè Cabañas in the ICP-MS Laboratory of ICTJA in 1993. (Author: J. L. Fernández Turiel).



tècnica d'ICP-OES en anys posteriors sota la direcció del Dr. Xavier Querol. Aquest equipament es va traslladar el 2008 al nou centre IDAEA-CSIC.

La filosofia del Servei labGEOTOP és donar suport a la recerca multidisciplinària en Ciències de la Terra, aportant un equipament complet per donar solucions integrals als requeriments de la investigació, des de la preparació de la mostra (assecat, mòlta, tamisatge, digestió àcida de roques i minerals, etc.) fins a la resolució de les qüestions analítiques més punteres, com ara la determinació de relacions isotòpiques de liti, bor o plom en matrius líquides i sòlides, i l'anàlisi a escala micromètrica de

dad a las preexistentes basadas también en la técnica de espectrometría de masas con fuente de plasma acoplado por inducción, usualmente conocida por su acrónimo en inglés ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Esta técnica fue introducida en España a través del ICTJA en 1993, siendo el Dr. José Luis Fernández Turiel el responsable científico y Mercè Cabañas la responsable técnica del Laboratorio de ICP-MS en esta primera etapa y hasta 1998. Este laboratorio renovó el equipo de ICP-MS y se completó con la técnica de ICP-OES en años posteriores bajo la dirección del Dr. Xavier Querol. Este equipamiento se trasladó en 2008 al nuevo centro IDAEA-CSIC.

An underground communication system among the boreholes and the laboratory at the ICTJA facilitates continuous long-term monitoring of the boreholes from the equipment of the laboratory. This facility is equipped with a complete set of tools for acquiring and processing geophysical subsurface data in research on new borehole logging devices.

The Almera-1 and Almera-2 boreholes provided new data on the subsurface geology of the area of Barcelona, allowing a better understanding of the recent geological history and the structural geology of Paleozoic and Quaternary materials. In addition, ongoing monitoring reveals the fluid dynamics and flow in the local aquifer system.

**Espectròmetre de masses d'alta resolució equipat per a l'anàlisi de mostres líquides (aigües i digestions àcides de roques, minerals, terres, filtres atmosfèrics, etc.) i sòlides mitjançant microsonda d'ablació làser, que permet l'anàlisi puntual de minerals amb una resolució espacial micromètrica. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

Espectrómetro de masas de alta resolución equipado para el análisis de muestras líquidas (aguas y digestiones ácidas de rocas, minerales, suelos, filtros atmosféricos, etc.) y sólidas mediante microsonda de ablación láser, que permite el análisis puntual de minerales con una resolución espacial micrométrica. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

High-resolution mass spectrometer equipped for analysis of liquid samples (i.e. water and acid digestions of rocks, minerals, soil, air filters, etc.), and solid samples by microprobe laser ablation, allowing precise analysis of minerals to a micrometer spatial resolution. (Author: J. L. Fernández Turiel).



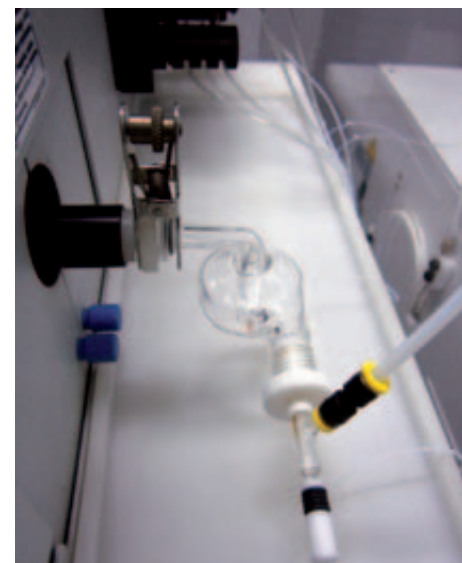
minerals mitjançant una microsonda d'ablació làser. L'equipament principal d'aquest laboratori és un espectròmetre de masses d'alta resolució amb font de plasma acoblat per inducció o HR-ICP-MS, de l'acrònim de la denominació en anglès. Aquest equipament es va cofinançar amb fons FEDER mitjançant el Programa Nacional d'Infraestructures Científicotecnològiques dintre del Pla Nacional d'Investigació Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica del Ministeri de Ciència i Innovació. També es disposa d'un laboratori de microscòpia òptica per a l'estudi petrogràfic de roques i minerals. El Servei labGEOTOP dóna suport als investigadors de l'ICTJA i als d'altres centres de recerca i universitats d'àmbit nacional i internacional. A més, es col·labora habitualment amb la indústria i amb diferents serveis de l'Administració. El responsable científic del Servei és el Dr. José Luis Fernández Turiel, i la responsable tècnica, la Dra. Marta Rejas. Durant el 2013 va formar part del personal de suport del Laboratori Jonathan Cotano.

El Servei labGEOTOP està involucrat en l'aspecte formatiu, tant de personal tècnic com científic. Des de principi dels anys 1990 els responsables del Laboratori en col·laboració amb el Departament de Postgrau i Especialització del CSIC han impartit, pràcticament amb periodicitat anual, edicions del Curs Teorico-pràctic d'ICP-MS. A més, habitualment realitzen pràctiques a les nostres instal·lacions alumnes de diferents centres formatius.

**Sondejos d'Investigació Almera 1 i 2 i Laboratori de Testificació Geofísica de Sondejos**  
 Dos sondejos per a investigació científica es van perforar el 2011 al Campús de la Diagonal

La filosofia del Servicio labGEOTOP es dar soporte a la investigación multidisciplinaria en Ciencias de la Tierra, aportando un completo equipamiento para dar soluciones integrales a los requerimientos de la investigación, desde la preparación de la muestra (secado, molienda, tamizaje, digestión ácida de rocas y minerales, etc.) hasta la resolución de las cuestiones analíticas más punteras, como por ejemplo la determinación de relaciones isotópicas de litio, boro o plomo en matrices líquidas y sólidas y el análisis a escala micrométrica de minerales mediante una microsonda de ablación laser. El equipamiento principal de este laboratorio es un espectrómetro de masas de alta resolución con fuente de plasma acoplado por inducción o HR-ICP-MS, en su acrónimo en inglés. Este equipamiento se cofinanció con fondos FEDER mediante el Programa Nacional de Infraestructuras Científico-Tecnológicas dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica del Ministerio de Ciencia e Innovación. También se dispone de un laboratorio de microscopía óptica para estudio petrográfico de rocas y minerales. El Servicio labGEOTOP da apoyo a los investigadores del ICTJA y a los de otros centros de investigación y universidades de ámbito nacional e internacional. Además, se colabora habitualmente con la industria y con diferentes servicios de la administración. El responsable científico del Servicio es el Dr. José Luis Fernández Turiel y la Dra. Marta Rejas la responsable técnica. Durante 2013 formó parte del personal de apoyo del laboratorio Jonathan Cotano.

El Servicio labGEOTOP está involucrado en el aspecto formativo, tanto de personal técnico como científico. Desde principios de los años



**Sistema d'introducció de mostres líquides de l'espectròmetre de masses d'alta resolució amb un nebulitzador concèntric Meinhard i una cambra d'esprai ciclònica. Aquest sistema permet determinar una seixantena d'elements, entre majoritaris, traces i ultratraces, en volums d'uns pocs mil·lilitres de mostres d'aigua o be de roques; en aquest últim cas es necessari digerir la mostra prèviament amb àcids molt forts. (Autor: J. Cortés).**

Sistema de introducción de muestras líquidas del espectrómetro de masas de alta resolución con un nebulizador concéntrico Meinhard y una cámara de spray ciclónica. Este sistema permite determinar unos sesenta elementos, entre mayoritarios, trazas y ultratraces, en volúmenes de unos pocos mililitros de muestras de agua o bien de rocas; en este último caso es necesario digerir la muestra previamente con ácidos muy fuertes. (Autor: J. Cortés).

Liquid sample introduction system of the high-resolution mass spectrometer with a Meinhard concentric nebulizer and a cyclonic spray chamber. This system allows determining sixty major, trace and ultratrace elements, in volumes of few milliliters of water and rock samples; in the latter case it is necessary to digest previously the sample with very strong acids. (Author: J. Cortés).

Portal del Coneixement de la UB (BKC-UB) i formen part de la infraestructura de recerca del subsòl de l'ICTJA. L'objectiu principal d'aquestes instal·lacions és la prova d'eines de registre i monitorització de fons de pou in situ per a la caracterització de les roques del subsòl, fluids i processos actius. També és rellevant el paper d'aquesta infraestructura per a la formació dels científics i estudiants de la Facultat de Geologia de la UB i d'altres institucions així com per a activitats de divulgació. Aquesta infraestructura està dirigida per la Dra. María José Jurado i té el suport tècnic de José Crespo.

El sondeig Almera 1 té 214,20 m de profunditat i s'utilitza com a lloc de proves per al desenvolupament d'eines de prospecció i monitoratge geofísics. El pou Almera 2 està a 1 m de l'Almera 1, arriba a una profunditat de 46 m i té per objectiu dur a terme mesuraments piezomètrics del nivell de l'aigua subterrània i experiments de suport als realitzats en l'Almera 1.

Una connexió subterrània de comunicacions entre els pous i el Laboratori de Testificació Geofísica de Sondejos de l'ICTJA facilita el monitoratge continu a llarg termini dels sondejos des del Laboratori. Aquesta instal·lació està equipada amb un sistema complet d'eines d'adquisició i processament de dades geofísiques del subsòl en projectes de recerca sobre nous dispositius de testificació de sondejos.

noventa del segle XX se han impartido, pràcticament con periodicidad anual, ediciones del Curso Teórico-Práctico de ICP-MS por los responsables del Laboratorio en colaboración con el Departamento de Postgrado y Especialización del CSIC. Además, habitualmente realizan prácticas en nuestras instalaciones alumnos de diferentes centros formativos.

#### **Sondeos de Investigación Almera 1 y 2 y Laboratorio de Testificación Geofísica de Sondeos**

Dos sondeos para investigación científica fueron perforados en 2011 en el Campus de la Diagonal Portal del Conocimiento de la UB (BKC-UB). Estos pozos son parte de la infraestructura de investigación del subsuelo del ICTJA. El objetivo principal de esta instalación es la prueba de herramientas de registro y monitoreo de fondo de pozo "in situ" para la caracterización de las rocas del subsuelo, fluidos y procesos activos. También es relevante el papel de esta infraestructura para la formación de los científicos y estudiantes de la Facultat de Geología de la UB y de otras instituciones así como para actividades de divulgación. Esta infraestructura está dirigida por la Dra. María José Jurado y cuenta con el apoyo técnico de José Crespo.

El sondeo Almera-1 tiene 214,20 m de profundidad y se utiliza como lugar de pruebas para el desarrollo de herramientas de prospección y monitoreo geofísicos. El pozo Almera-2 está a 1 m del Almera-1, alcanzando una profundi-



#### **Treballs de perforació dels sondejos Almera 1 i Almera 2. (Autora: M. J. Jurado).**

Trabajos de perforación de los sondeos Almera 1 y Almera 2. (Autora: M. J. Jurado).

Drilling of Almera-1 and Almera-2 scientific boreholes. (Author: M. J. Jurado).

Els sondejos Almera 1 i Almera 2 han proporcionat dades noves sobre la Geologia del subsòl d'aquesta zona de Barcelona, i han permès un millor coneixement de la història geològica recent i de la geologia estructural dels materials paleozoics i quaternaris. A més, el monitoratge i els mesuraments en curs han revelat la dinàmica i el flux de fluids en el sistema d'aqüífers de la zona.

dad de 46 m, y tiene por objeto llevar a cabo mediciones piezométricos del nivel del agua subterránea y experimentos de apoyo a los realizados en el Almera-1.

Una conexión subterránea de comunicaciones entre los pozos y el Laboratorio de Testificación Geofísica de Sondeos del ICTJA facilita el monitoreo continuo a largo plazo de los sondeos desde el Laboratorio. Esta instalación está equipada con un sistema completo de herramientas de adquisición y procesado de datos geofísicos del subsuelo en proyectos de investigación sobre nuevos dispositivos de testificación de sondeos.

Los sondeos Almera-1 y Almera-2 han proporcionado datos novedosos sobre la geología del subsuelo de esta zona de Barcelona, permitiendo un mejor conocimiento de la historia geológica reciente y de la geología estructural de los materiales paleozoicos y cuaternarios. Además, el monitoreo y mediciones en curso han revelado la dinámica y el flujo de fluidos en el sistema de acuíferos de la zona.



**Monitoratge del sondeig Almera 1. D'esquerra a dreta, José Crespo, Maria José Jurado i Maya Castañer de BTV el 2012. (Autora: M. J. Jurado).**

Monitoreo del sondeo Almera-1 por, de izquierda a derecha, José Crespo, la Dra. María José Jurado y Maya Castañer de BTV en 2012. (Autora: M. J. Jurado).

Monitoring of the Almera-1 borehole by, from left to right, José Crespo, Dr. María José Jurado and Maya Castañer of BTV in 2012. (Author: M. J. Jurado).

# ADMINISTRACIÓ I SERVEIS GENERALS

## ADMINISTRACIÓN Y SERVICIOS GENERALES

### ADMINISTRATION AND GENERAL SERVICES

J. L. Fernández Turiel\*, Leonor Fernández Torres, José Luis López Buguillo, M. C. Palacio, Esmeralda Rodríguez, Elisa Zamorano

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*



■ L'administració de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) ha anat evolucionant i s'ha adaptat als canvis de situació vers la Universitat de Barcelona, el mateix CSIC i també les pròpies necessitats del centre. Des de la creació el 1965 i fins al 1978, el paper de gerent el feia el Dr. M. Font Altaba, com a Secretari de l'Institut, amb el suport d'algun personal administratiu (M. R. Ramis, A. Giacobino, M. D. Clavera). R. M. Botey, secretària del Dr. L. Solé i Sabarís, gestionava els assumptes de la direcció.

Amb el Reial decret de 25 de gener de 1977, que suprimia els patronats, els instituts assoleixen un grau més gran d'autonomia. Entre 1979 i 1990, l'administració era dirigida pel Secretari de l'Institut (primer el Dr. L. Solé Sugrañes i després la Dra. I. Zamarreño). R. M. Botey portava la Secretaria de Direcció i M. D. Clavera feia tasques administratives i s'encarregava de l'edició de l'Acta Geologica Hispanica. El 1990 es creen les gerències dels centres del CSIC i desapareix la figura de Secretari de l'Institut. La primera gerència de l'Institut va estar a càrrec de M. D. Clavera fins al 2008. Posteriorment, la van gestionar successivament E. Cabrera (2009-2013), el Dr. J.

■ La administración del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA) ha ido evolucionando adaptándose a los cambios de situación respecto a la Universitat de Barcelona y el propio CSIC y también a las propias necesidades del centro. Desde su creación en 1965 y hasta 1978, el papel de gerente lo llevo a cabo el Dr. M. Font Altaba, como Secretario del Instituto, con el apoyo de algún personal administrativo (M. R. Ramis, A. Giacobino, M. D. Clavera). R. M. Botey, secretaria del Dr. L. Solé Sabarís, gestionaba las cuestiones relativas a la dirección.

Con el Real Decreto de 25 de enero de 1977, que suprimía los patronatos, los institutos alcanzaron un mayor grado de autonomía. Entre 1979 y 1990, la administración era dirigida por el Secretario del Instituto (primero por el Dr. L. Solé Sugrañes y después por la Dra. I. Zamarreño). R. M. Botey llevaba la Secretaría de Dirección y M. D. Clavera hacía tareas administrativas y llevaba la edición del Acta Geologica Hispanica. En 1990 se crearon las gerencias de los centros del CSIC y desapareció la figura de Secretario del Instituto. La primera gerencia del Instituto estuvo a cargo de M. D. Clavera hasta 2008. Posteriormente,

■ Since the creation of the Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA) in 1965 and until 1978, the role of Manager was carried out by Dr. M. Font Altaba, as Institute Secretary, with the support of administrative staff (M. R. Ramis, A. Giacobino, M. D. Clavera). R. M. Botey, Secretary of Dr. L. Solé Sabarís, provided key management.

With the Royal Decree of January 25, 1977, which removed the figure of boards "patronatos", the institutes of CSIC reached a higher degree of autonomy. Between 1979 and 1990, the administration was headed by the Secretary of the Institute (first by Dr. L. Solé Sugrañes and then by Dr. I. Zamarreño). R. M. Botey was the Secretary of the Director and M. D. Clavera administrative and editor of the journal Geologica Acta Hispanica. The position of Secretary of the Institute was replaced by the Manager in 1990. The first Manager was M. D. Clavera, until 2008. Subsequently, the institute was managed successively by E. Cabrera (2009-2013), Dr. J. L. Fernández Turiel (temporarily in 2013), and J. L. López Burguillo (2013-present).

The administrative work of the Institute grew in volume and complexity over time due to the increased number of projects managed.



**Mariano Fernández (El Señor Mariano) al taller. Va estar a càrrec del manteniment de l'Institut al nou edifici del Campus de Pedralbes (1982) fins a la seva jubilació (1995). (Autor: desconegut. Arxiu ICTJA).**

Mariano Fernández (El Señor Mariano) en el taller. Estuvo a cargo del mantenimiento del Instituto en el nuevo edificio del Campus de Pedralbes (1982) hasta su jubilación (1995). (Autor: desconocido. Archivo ICTJA).

Mariano Fernandez (Señor Mariano) at the workshop. He was in charge of the maintenance of the new building of the Institute in the Pedralbes Campus (1982) until his retirement (1995). (Author: unknown. ICTJA Archive).

L. Fernández Turiel (temporalment el 2013) i J. L. López Burguillo (2013-actualitat).

La feina administrativa de l'Institut s'ha incrementat en volum i complexitat al llarg del temps com a conseqüència del major nombre de projectes gestionats. Aquesta evolució ha portat a organitzar les tasques administratives per temàtiques de gestió: personal, projectes, compres, dietes i viatges, pagaments i assistència a la direcció. Han realitzat aquestes tasques M. C. Bondi (1982-1990), M. Tayadella (fins al 1990), R. M. Botey (1965-1991), A. Rosell Bover (1987-1996), C. Sánchez Lucas (1990-1996), A. Giacobino (1965-2002), A. Santos (1997-2004), A. Cercós (1990-2007), A. M. Barreiro (2005-2007), M. R. Ramis (1965-2008), F. Mosquera (2009-2015), L. Fernández Torres (1989-actualitat), M. C. Palacio Álvarez (1992-actualitat), E. Rodríguez Escribano (2008-actualitat), E. Zamorano (2010-actualitat) i N. Gasull (2015-actualitat).

Fins al 1982, l'Institut primer estava a la Universitat de Barcelona, a la plaça de la Universitat, i després a la seu del CSIC, al carrer de les Egipcíaques, i no hi havia personal específic del CSIC dedicat a tasques de manteniment. Una vegada posat en funcionament el nou edifici del Campus de Pedralbes, les tasques de manteniment general i electrònic, així com la gestió dels vehicles, dintre dels Serveis Generals, les van assolir M. Fernández (1982-1995), J. O. Cursellas (1986-2002), J. J. Cepero (1995-2006), M. A. González (1989-actualitat) i O. Àvila (1996-actualitat). Aquest personal fix ha estat de vegades recolzat per personal temporal.

Des del punt de vista tecnològic, s'ha viscut la revolució de la informàtica i les telecomu-

la gerencia fue gestionada sucesivamente por E. Cabrera (2009-2013), el Dr. J. L. Fernández Turiel (temporalmente en 2013) y J. L. López Burguillo (2013-actualidad).

El trabajo administrativo del Instituto se ha visto incrementado en volumen y complejidad a lo largo del tiempo como consecuencia del mayor número de proyectos gestionados. Esta evolución llevó a organizar las tareas administrativas por temáticas de gestión: personal, proyectos, compras, dietas y viajes, pagos y asistencia a la dirección. Realizando estas tareas han estado M. C. Bondi (1982-1990), M. Tayadella (hasta 1990), R. M. Botey (1965-1991), A. Rosell Bover (1987-1996), C. Sánchez Lucas (1990-1996), A. Giacobino (1965-2002), A. Santos (1997-2004), A. Cercós (1990-2007), A. M. Barreiro (2005-2007), M. R. Ramis (1965-2008), F. Mosquera (2009-2015), L. Fernández Torres (1989-actualidad), M. C. Palacio Álvarez (1992-actualidad), E. Rodríguez Escribano (2008-actualidad), E. Zamorano (2010-actualidad) y N. Gasull (2015-actualidad).

Hasta 1982, el Instituto primero estaba en la Universidad de Barcelona, en la plaza Universitat, y después en la sede del CSIC, en la calle Egipcíaques, y no había personal específico del CSIC dedicado a tareas de mantenimiento. Una vez puesto en funcionamiento el nuevo edificio del Campus de Pedralbes, las tareas de mantenimiento general y electrónico, así como la gestión de los vehículos, dentro de los Servicios Generales, fueron realizadas por M. Fernández (1982-1995), J. O. Cursellas (1986-2002), J. J. Cepero (1995-2006), M. A. González (1989-actualidad) y O. Àvila (1996-actualidad). Este personal fijo ha sido a veces complementado con personal temporal.

This development led to the organization of administrative tasks by subject management: people, projects, purchases, allowances and travel, payment and management assistance. Performing these tasks have been M. C. Bondi (1982-1990), M. Tayadella (until 1990), R. M. Botey (1965-1991), A. Rosell Bover (1987-1996), C. Sánchez Lucas (1990-1996), A. Giacobino (1965-2002), A. Santos (1997-2004), A. Cercós (1990-2007), A. M. Barreiro (2005-2007), M. R. Ramis (1965-2008), F. Mosquera (2009-2015), L. Fernández Torres (1989-present), M. C. Palacio Álvarez (1992-present), E. Rodríguez Escribano (2008-present), E. Zamorano (2010-present) and N. Gasull (2015-present).

Until 1982, the Institute was located at the University of Barcelona, in the Universitat Square, and later in the delegate headquarters of the CSIC in Catalonia, at Egipcíaques Street, and there was no specific CSIC staff dedicated to maintenance. Once implemented the new building in the Pedralbes Campus, the workshop and maintenance and the management of vehicles, within the General Services, were carried out by M. Fernández (1982-1995), J. O. Cursellas (1986-2002), J. J. Cepero (1995-2006), M. A. Gonzalez (1989-present) and O. Avila (1996-present). This permanent staff was sometimes supplemented by temporary staff.

From the technological point of view, the Institute has experienced the revolution in computing and telecommunications. The growing needs of this issue led to the creation and subsequent expansion, under different names, of the Computing and Communications Service. Initially it was headed by Dr. L. Solé Sugrañes and then by Dr. E. Hernández (1987-2013), sup-

nicacions. El creixement de les necessitats en aquest apartat va motivar la creació i ampliació successiva, amb diferents denominacions del Servei d'Informàtica i Comunicacions. Primer se'n va fer càrrec el Dr. L. Solé Sugrañes i posteriorment el Dr. E. Hernández (1987-2013), amb el suport de J. C. Martínez (1996-2008) i J. Benavent (2011-2014).

La recepció de l'Institut ha estat a càrrec de J. García (1982-1994), A. Salas (1994-2007), M. Caba (1995-2003), J. Saenz (2004-2008), M. J. López (2008-2012), X. Pascual (1999-actualitat) i A. Tatevosíán (2013-actualitat).

Desde el punto de vista tecnológico, se ha vivido la revolución de la informática y las telecomunicaciones. El crecimiento de las necesidades en este apartado motivó la creación y ampliación sucesiva, con diferentes denominaciones, del Servicio de Informática y Comunicaciones. Primero se hizo cargo el Dr. L. Solé Sugrañes y posteriormente el Dr. E. Hernández (1987-2013), con el apoyo de J. C. Martínez (1996-2008), y J. Benavent (2011-2014).

La recepción del Instituto ha estado a cargo de J. García (1982-1994), A. Salas (1994-2007), M. Caba (1995-2003), J. Saenz (2004-2008), M. J. López (2008-2012), X. Pascual (1999-actualidad) y A. Tatevosíán (2013-actualidad).

ported by J. C. Martínez (1996-2008), and J. Benavent (2011-2014).

The reception of the institute has been in the charge of J. Garcia (1982-1994), A. Salas (1994-2007), M. Caba (1995-2003), J. Saenz (2004-2008), M. J. López (2008-2012), X. Pascual (1999-present) and A. Tatevosíán (2013-present).



# DIVULGACIÓ CIENTÍFICA

## DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

### SCIENTIFIC OUTREACH

José Luis Fernández Turiel\*, Adelina Geyer Traver, Marta Rejas Alejos, Jordi Díaz Cusi, Daniel García Castellanos

\* *Coordinador / Coordinador / Coordinator*

■ El personal investigador i tècnic de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (ICTJA) contribueix a la tasca d'apropar la Ciència, en general, i les Ciències de la Terra, en particular, a la societat a través d'una sèrie d'activitats de difusió del coneixement científic que resulta dels projectes i serveis que es duen a terme a l'Institut. En conseqüència, les activitats de divulgació són també un aspecte important de difusió de les activitats del centre.

Un dels principals objectius és apropar la Ciència als joves per promoure les vocacions científiques. En aquest sentit i per intentar arribar al màxim públic possible, l'ICTJA participa i organitza seminaris específics dins dels programes de formació contínua del professorat de secundària, com ara "El CSIC a l'Aula", així com activitats en què s'expliquen de forma senzilla les Ciències de la Terra amb la finalitat d'apropar la recerca científica als nens i al públic en general. En aquest sentit, es treballa, per exemple, apropant els instruments científics a les classes dels centres escolars de secundària, desenvolupant jocs educatius d'ordinador disponibles a la web per als joves estudiants, dirigint seminaris específics i participant activament en els actes organitzats a

■ El personal investigador y técnico del Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (ICTJA) contribuye a la labor de acercar la ciencia, en general, y las Ciencias de la Tierra, en particular, a la sociedad a través de una serie de actividades de difusión del conocimiento científico resultante de los proyectos y servicios que se llevan a cabo en el Instituto. En consecuencia, las actividades de divulgación son también un aspecto importante de difusión de las actividades del centro.

Uno de los principales objetivos es acercar la Ciencia a los jóvenes para promover las vocaciones científicas. En este sentido y para tratar de llegar al máximo público posible, el ICTJA participa y organiza seminarios específicos dentro de los programas de formación continua del profesorado de secundaria como "El CSIC en el Aula", así como actividades en las que se explican de forma sencilla las Ciencias de la Tierra con el fin de acercar la investigación científica a los niños y al público en general. En este sentido, se trabaja por ejemplo acercando los instrumentos científicos a las clases de los centros escolares de secundaria, desarrollando juegos educativos de ordenador disponibles en la web para los jóvenes estudiantes,

■ The research and technical staff of the Institute of Earth Sciences Jaume Almera (ICTJA) contribute to the work of bringing science, in general, and Earth Sciences, in particular, to society through a series of activities to disseminate scientific knowledge resulting from the projects and services performed in the Institute. Consequently, the outreach activities are also an important aspect of the dissemination activities carried out in the Center.

One of the main objectives is to bring Science to young people to promote scientific vocations. In this sense and trying to reach the maximum number of people as possible, ICTJA is involved in organizing specific seminars within extended education programs of high-school teachers as well as down-scaling Earth sciences in order to bring scientific first-break research to children and the general public. In this regard, the ICTJA scientists and technicians approach scientific instruments to classes of secondary schools, develop computer educational games as web materials for young students, and give regular specific seminars as well as actively participate in the locally organized events like the Espai Ciència of Saló de l'Ensenyament and Expominer, both organized by Fira de Barcelona, and

escala local, com ara l'EspaiCiència del Saló de l'Ensenyament i l'Expominer, tots dos organitzats a la Fira de Barcelona, i la Festa de la Ciència de l'Ajuntament de Barcelona.

Durant la Setmana de la Ciència es realitzen jornades de portes obertes en què diferents escoles i centres educatius assisteixen a tallers i xerrades sobre les investigacions que realitza l'Institut. Per exemple, un dels tallers mostra l'ús de sondes de testificació geofísica i sondes per monitorització sísmica en els sondejos científics Almera-1 i Almera-2, per donar a conèixer les tècniques d'exploració

dando seminarios específicos y participando activamente en los actos organizados a nivel local, como el EspaiCiència del Saló de l'Ensenyament y el de Expominer, ambos organizados en la Feria de Barcelona, y la Fiesta de la Ciencia del Ayuntamiento de Barcelona.

Durante la Semana de la Ciencia se realizan jornadas de puertas abiertas en las que diferentes escuelas y centros educativos asisten a talleres y charlas sobre las investigaciones que el centro realiza. Por ejemplo, uno de los talleres muestra el uso de sondas de testificación geofísica y sondas para monitorización sísmi-

the Festa de la Ciència of the Ajuntament de Barcelona.

During Science Week open days, schools of different levels perform workshops and attend lectures in the Institute related to ICTJA research. For example, one of the workshops shows the use of geophysical probes for logging and monitoring in seismic surveys in the two scientific Almera-1 and Almera-2 boreholes: outreach exploration techniques normally inaccessible to the public, due to the fact that they are carried out in remote areas or in locations limited by safety considerations. This workshop displays



**Exposició Viu la Geologia al Saló Expominer de Fira de Barcelona, any 2012.**

(Autor: J. L. Fernández Turiel).

Exposición Viu la Geologia en el Saló Expominer de Fira de Barcelona, año 2012.

(Autor: J. L. Fernández Turiel).

Exhibition Viu la Geologia in Expominer of the Fira de Barcelona, 2012. (Author: J. L. Fernández Turiel).

que normalment són inaccessibles al públic ja que es realitzen en localitzacions remotes o bé en zones limitades per seguretat en obres. En aquest taller també és possible mostrar i analitzar les mostres de roca que es van extreure de fondàries superiors als 200 m en el sondeig Almera-1.

En totes aquestes iniciatives s'ha constatat l'interès del públic per les Ciències de la Terra en àmbits com els riscos naturals, el coneixement del subsòl i la relació entre les matèries primeres minerals, el petroli o l'aigua amb la vida quotidiana. Entre els mètodes utilitzats en les investigacions de l'Institut, els que més interès desperten en els últims anys són els sísmics si bé per una curiosa aplicació: el

ca en los dos sondeos científicos Almera-1 y Almera-2, para dar a conocer las técnicas de exploración que normalmente son inaccesibles al público por realizarse en localizaciones remotas o bien en zonas limitadas por seguridad en obras. En este taller también es posible mostrar y analizar las muestras de roca que se extrajeron de profundidades superiores a los 200 metros en el sondeo Almera-1.

En todas estas iniciativas se ha constatado el interés del público por las Ciencias de la Tierra en ámbitos como los riesgos naturales, el conocimiento del subsuelo y la relación entre las materias primas minerales, el petróleo o el agua con la vida cotidiana. Entre los métodos utilizados en las investigaciones del Instituto,

and analyses rock samples that were extracted from over 200 meters in depth in the Almera-1 borehole drilling.

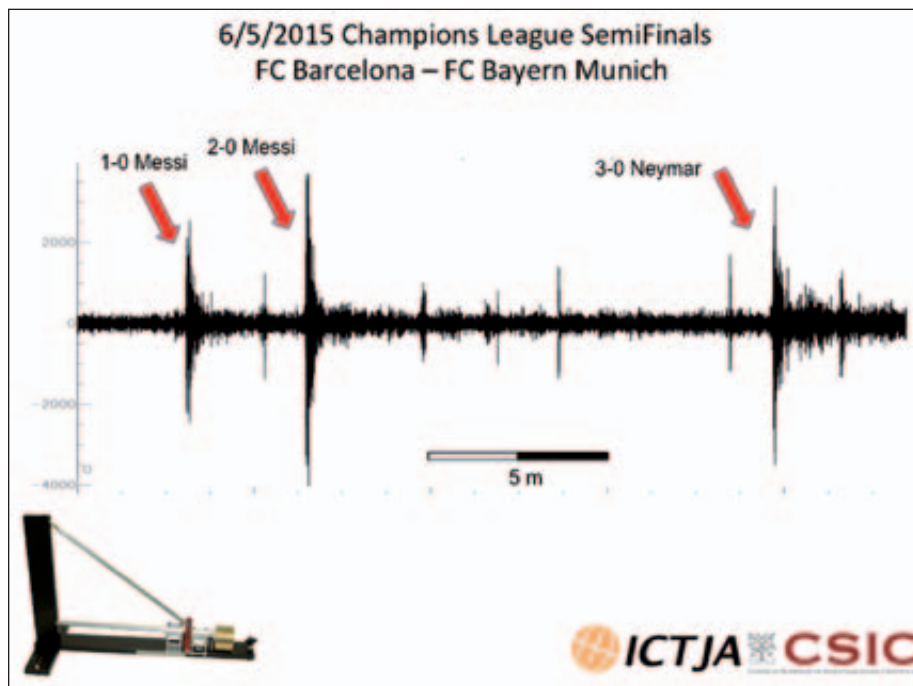
In all these initiatives, we have found public interest in Earth Sciences in fields such as natural hazards, subsurface knowledge, and the relationship between and mineral raw materials, oil or water with everyday life. Among the methods used in research in the Institute, those that most interest people are seismic data, due to a curious application: measuring the intensity of the vibration of the Camp Nou stadium by the excitement of the goals of Football Club Barcelona fans. ICTJA proximity to Camp Nou facilitates exceptional records of the seismic signals produced by the football fans.

**Xerrada del Dr. Santiago Giralt al Saló Expomimer de Fira de Barcelona, any 2013. (Autor: J. L. Fernández Turiel).**

Charla del Dr. Santiago Giralt en el Saló Expomimer de Fira de Barcelona, año 2013. (Autor: J. L. Fernández Turiel).

Talk of Dr Santiago Giralt in Expomimer of the Fira de Barcelona, 2013. (Author: J. L. Fernández Turiel).





**Registre sísmic dels gols en el Camp Nou.  
(Autor: J. Díaz).**

Registro sísmico de los goles en el Camp Nou.  
(Autor: J. Díaz).

Seismic record from the goals in the Camp Nou.  
(Author: J. Díaz).

mesurament de la intensitat de la vibració de l'estadi del Camp Nou, per l'emoció dels gols del FC Barcelona. La proximitat de l'ICTJA al Camp Nou facilita que hi hagi uns registres excepcionals dels senyals sísmics produïts pels moviments dels aficionats.

D'altra banda, l'exposició itinerant GEOflaix! va començar el 2012 amb la col·laboració de la Facultat de Geologia de la UB, l'ICTJA-CSIC i l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), i ha rebut el suport del Ministeri d'Economia i Competitivitat, la Fundació Espanyola per a la Ciència i la Tecnologia (FECYT) i la Xarxa d'Unitats de Cultura Científica i Innovació. Aquesta iniciativa s'inclou dins del pro-

los que más interés despiertan en los últimos años son los sísmicos si bien por una curiosa aplicación: la medición de la intensidad de la vibración del estadio del Camp Nou, por la emoción de los goles del F.C. Barcelona. La proximidad del ICTJA al Camp Nou facilita que haya unos registros excepcionales de las señales sísmicas producidos por los aficionados.

Por otra parte, la exposición itinerante GEOflaix! se inició en 2012 en colaboración con la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona (UB), el ICTJA-CSIC y el Instituto Cartográfico y Geológico de Catalunya (ICGC), y tuvo el soporte del Ministerio de Economía y Competitivitat, la Fundació Espanyola para

In addition, the itinerant exhibition GEOflaix! was launched in 2012 in collaboration with the Faculty of Geology of University of Barcelona (UB), the ICTJA-CSIC and the Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), with support of the Ministerio de Economía y Competitivitat, the Fundació Espanyola para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) and the Xarxa d'Unitats de Cultura Científica i Innovació. This initiative forms part of the project Geodivulga. GEOflaix! is a look into everyday life from the perspective of minerals and rocks that form part of our environment. When they are processed, we obtain materials that are the key to a more comfortable life. From some rocks we produce raw materials to make

**Cartell que anuncia l'exposició itinerant GEOflaix!  
(Arxiu ICTJA - Facultat de Geologia, UB).**

Cartel anunciando la exposición itinerante GEOflaix!  
(Arxiu ICTJA- Facultat de Geologia, UB).

Poster announcing the itinerant exhibition GEOflaix!  
(ICTJA-Faculty of Geology UB Archive).

# GEO flaix!



Fotografia: Arxivament de l'Ornament de Biologia

Organitzat per:



Universitat  
de Barcelona



CSIC  
ICTJA



IGC  
Institut Geològic  
de Catalunya

Amb el suport de:



GOVERN DE CATALUNYA  
DEPARTAMENT DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA



FECYT



RED-CTM  
REDE DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y PLANETARIAS



UCC



CEPS  
CENTRO DE ESTUDIOS DE CULTURA CIENTÍFICA

jecte Geodivulga. GEOflaix! és una mirada a la nostra vida quotidiana des de la perspectiva dels minerals i les roques que formen part del nostre entorn. En processar-los, n'obtenim materials que són la clau d'una vida més confortable. A partir d'algunes roques obtenim matèries primeres per fer objectes quotidians. Cada dia, en cada moment, portem minerals a sobre. L'exposició pretén mostrar al visitant com la majoria d'objectes que ens envolten tenen una base geològica.

Un altre aspecte destacable és la col·laboració amb mitjans de comunicació que van de la premsa escrita a la ràdio i televisió per tal de difondre el coneixement sobre el funcionament de diversos processos geològics com ara les erupcions volcàniques, falles i terratrèmols. Moltes d'aquestes intervencions es fan en relació amb esdeveniments de l'actualitat informativa. També cal destacar la participació en el documental de National Geographic "El naixement d'Europa". Amb la consolidació de les noves tecnologies i les xarxes socials, l'ICTJA participa en diversos comptes i canals sobre temes relacionats amb la nostra investigació, com ara al Twitter (@ICTJA\_CSIC) o al Facebook. La pàgina web institucional ([www.ictja.csic.es](http://www.ictja.csic.es)) és un canal molt útil també per mostrar l'activitat de l'ICTJA.

la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y la Xarxa d'Unitats de Cultura Científica i Innovació. Esta iniciativa forma parte del proyecto Geodivulga. GEOflaix! es una mirada a nuestra vida cotidiana desde la perspectiva de los minerales y las rocas que forman parte de nuestro entorno. Al procesarlos, obtenemos materiales que son la clave de una vida más confortable. A partir de algunas rocas obtenemos materias primas para hacer objetos cotidianos. Cada día, en cada momento, llevamos minerales encima. La exposición pretende mostrar al visitante como la mayoría de objetos que nos rodean tienen una base geológica.

Otro aspecto destacable es la colaboración con medios de comunicación que van de la prensa escrita a la radio y televisión para difundir el conocimiento sobre el funcionamiento de diversos procesos geológicos como las erupciones volcánicas, fallas y terremotos. Muchas de estas intervenciones se hacen en relación con eventos de la actualidad informativa. También cabe destacar la participación en el documental de National Geographic "El nacimiento de Europa". Con la consolidación de las nuevas tecnologías y las redes sociales, el ICTJA participa en varias cuentas y canales sobre temas relacionados con nuestra investigación, como por ejemplo en Twitter (@ICTJA\_CSIC) o en Facebook. La página web institucional ([www.ictja.csic.es](http://www.ictja.csic.es)) es un canal muy útil también para mostrar la actividad del ICTJA.

everyday objects. Every day, every moment, we carry the aforementioned minerals. The exhibition aims to show visitors that most objects that surround us have a geological origin.

Another significant feature is the collaboration with media from newspapers to radio and television, in order to spread knowledge about various geological processes such as volcanic eruptions, earthquakes and faults. Many of these interventions are made with respect to current news events. Participation in the National Geographic documentary movie "The Birth of Europe" is also noteworthy. Recently, with the consolidation of new technologies and social networks, the ICTJA participates in several social media accounts and channels on topics related to our research, as for example Twitter (@ICTJA\_CSIC) or Facebook. The institutional web page ([www.ictja.csic.es](http://www.ictja.csic.es)) is a useful channel to show the activities in the ICTJA.



**ANNEXOS**  
ANEXOS  
ANNEXES

5



**Personal Científic de Plantilla IJA-ICTJA (1965-2015) / Personal Científico de Plantilla IJA-ICTJA (1965-2015) / Scientific staff IJA-ICTJA (1965-2015)**

<b>Nom / Nombre / Name</b>	<b>Inici / Inicio / Start</b>	<b>Final / Final / End</b>	<b>Destí posterior / Destino posterior / Next position</b>
Alastuey Uros, J. Andrés	1990	2008	IDAEA
Alvarez Marrón, Joaquina	1995	Actualitat	
Anadón Monzón, Pere	1981	Actualitat	
Artús Surroca, Lluís	1992	Actualitat	
Ayora Ibañez, Carles	1990	2008	IDAEA
Banda Tarradellas, Enric	1987	1994	Administr Publ
Bosch Figueroa, J. M.	1965	1982	Jubilat
Brianso Penalva, Jose Luís	1975	1975	UAB
Brown, Dennis	1994	Actualitat	
Cama Robert, Jordi	1992	2008	IDAEA
Carbonell Bertran, Ramon	1993	Actualitat	
Carrera Ramírez, Jesús	2006	2008	IDAEA
Clotet Perarnau, Núria	1987	1990	Mort
Crusafont Pairo, Miquel	1965	1978	Jubilat
Cuscó Cornet, Ramon	1993	Actualitat	
Dañoibeitia Canales, Juan José	1989	2001	UTM-CMIMA
Díaz Cusi, Jordi	1989	Actualitat	
Esteban Cerda, Mateu	1972	1983	Indústria
Fernández Ortiga, Manuel	1990	Actualitat	
Fernández Turiel, José Luis	1988	Actualitat	
Font Altaba, Manuel	1965	1978	Cessació
Gallart Muset, Josep	1988	Actualitat	
Gallart Gallego, Francesc	1987	2008	IDAEA
García Castellanos, Daniel	1993	Actualitat	
García Fernández, Mariano	1994	2007	MNCNM
Giralt Romeu, Santiago	1994	Actualitat	
Ibáñez Insa, Jordi	1997	Actualitat	
Jiménez Munt, Ivone	1995	Actualitat	
Julià Brugués, Ramon	1979	2015	
Jurado Rodríguez, María José	1990	Actualitat	
Lobo Aleu, Agustín	1993	Actualitat	
López Soler, Ángel	1965	2008	IDAEA
Llorens García, Pilar	1988	2008	IDAEA
Maldonado López, Andrés	1974	1986	ICM
Martí Molist, Joan	1989	Actualitat	
Martínez Pérez, Benjamín	1987	1989	ICMAB
Miravittles Torras, Carles	1972	1986	ICMAB
Molins Grau, Elies	1985	1986	ICMAB
Moreno Pérez, Teresa	2004	2008	IDAEA
Obrador Tuduri, Antoni	1972	1974	UAB
Parés Casanova, Josep Maria	1989	1998	U. Michigan
Pérez Estaún, Andrés	1993	2014	Mort

Plana Llevat, Felicià	1979	2008	IDAEA
Queralt Mitjans, Ignasi	1990	Actualitat	
Querol Carceller, Xavier	1988	2008	IDAEA
Reguant Serra, Salvador	1967	1972	UB
Riba Arderiu, Oriol	1969	1978	Cessació
Rius Palleiro, Jordi	1986	1986	ICMAB
Rodríguez Clemente, Rafael	1986	1986	ICMAB
Rosell Sanuy, Joan	1966	1967	UB
Rull del Castillo, Valentí	2015	Actualitat	
San Miguel Arribas, Alfredo	1965	1978	Cessació
Schimmel, Martin	2002	Actualitat	
Solé Sabarís, Lluís	1965	1978	Jubilat
Solé Sugrañes, Lluís	1967	2011	Jubilat
Soler Matamala, Josep Maria	2001	2008	IDAEA
Soriano Clemente, Carles	1995	Actualitat	
Taberner Hernández, M. Concepción	1988	2005	Indústria
Torné Escasany, Montserrat	1992	Actualitat	
Travería Cros, Adolf	1965	1993	Jubilat
Utrilla Casal, Rosa	1990	Actualitat	
Vázquez Suñé, Enric	2007	2008	IDAEA
Vázquez Martínez, Antonio	1988	Actualitat	
Vergés Masip, Jaume	1997	Actualitat	
Via Boada, Lluís	1977	1980	Jubilat
Villalta Comella, Josep Fernandez	1965	1983	Jubilat
Villaseñor Hidalgo, Antonio	1990	Actualitat	
Zamarreño Herrero, Isabel	1977	1996	Jubilat

**Personal d'altres organismes temporalment adscrits al ICTJA / Personal perteneciente a otros organismos adscritos temporalmente al ICTJA**  
/ Staff temporarily assigned to ICTJA from other agencies

Ayala Galán, Concepción	2011	Actualitat	
Cruz Larrasoña, Juan C.	2013	Actualitat	

**Actualitat** = presente = present

**Cessació** = cese = cessation

**Mort** = fallecido = deceased

**Jubilat** = jubilado = retired

**Indústria** = industria = industry

**Administració pública** = administración pública = public administration

**UB** Universitat de Barcelona

**UAB** Universitat Autònoma de Barcelona

**IDAEA** Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Agua CSIC

**UTM** Unidad de Tecnología Marina -CMIMA

**MNCNM** Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid CSIC

**ICM** Institut de Ciències del Mar CSIC

**ICMAB** Institut de Ciències de Materials de Barcelona CSIC

**Personal Tècnic de Plantilla / Personal Técnico de Plantilla / Technical staff**

<b>Nom / Nombre / Name</b>	<b>Inici / Inicio / Start</b>	<b>Final / Final / End</b>
<b>Administració / Administración / Administration</b>		
Barreiro Castro, Ana María	2005	2007
Bondi Cernuda, M <sup>a</sup> Carmen	1982	1990
Botey Burrull, Rosa María	1965	1991
Cabrera Afonso, Eva María	2009	2013
Cercós Uriarte, Asunción	1990	2007
Clavera Pizarro, M <sup>a</sup> Dolores	1968	2008
Fernández Torres, Leonor	1989	Actualitat
Gasull Aragonés, Núria	2015	Actualitat
Hernández Perea, Antonia	(1985)	1986
López Burguillo, José Luis	2013	Actualitat
Mosquera Nogueira, Francisco	2009	2015
Palacio Alvarez, M <sup>a</sup> Consuelo	1992	Actualitat
Ramis Arcalís, M <sup>a</sup> Rosa	1965	2008
Rodríguez Escribano, Esmeralda	2008	Actualitat
Rosell Bover, Àngels	1987	1996
Sánchez Lucas, Carmen	1990	1996
Santos Botana, Alejandro	1997	2004
Solans Hugué, M <sup>a</sup> Teresa	1965	1986
Tayadella Ramos, Montserrat	1982	1990
Zamorano Rueda, Elisa	2010	Actualitat
<b>Recepció / Recepción / Receptionists</b>		
García Carral, Jesús	1981	1994
Pascual Ollé, Xavier	1999	Actualitat
Tatevosian Abramian, Alejandro	2013	Actualitat
Salas Díaz, Amelia	1994	2007
<b>Laboratori / Laboratorio / Laboratori technicians</b>		
Alvarez Pousa, M <sup>a</sup> Soledad	2010	Actualitat
Bartrolí Solé, Rafael	1990	2008
Briansó Penalva, José Luis	1972	1975
Cabañas Albero, Mercè	1990	2008
Chinchón Yepes, José Servando	1973	1995
Domínguez Celorrio, M <sup>a</sup> Dolores	?	1985
Elvira Betanzos, José Joaquín	1989	Actualitat

Fernández Álvarez, M <sup>a</sup> Teresa	1972	1977
Font Carot, Mercè	1965	1992
Font Piqueras, Oriol	2001	2008
Gómez López, Ana	1970	2014
Hoyos Guerrero, M <sup>a</sup> Isabel	1981	?
Martínez Alonso, Sara Eva	1991	1995
Monzón Gutiérrez, Graciela	1986	Actualitat
Parga Toledo, Jesús	1982	2008
Rejas Alejos, Marta	2002	Actualitat
Ruíz Fernández, Mario	2009	Actualitat
Seijas Rodríguez, Esteban	2004	2005
Serra Rogent, Amèlia	1975	1982
Soler Roig, Montserrat	1996	2008
Vergés Vidal, Elisenda	(1985)	1986

#### **Informàtica / Informática / Computer support**

Benavent Mora, Joan	2011	2014
Hernández Chivas, Emili	1987	2013
Martínez Mateo, Juan Carlos	1996	2008

#### **Manteniment / Mantenimiento / Maintenance**

Ávila Rodríguez, Oscar	1996	Actualitat
Cepero López, Juan José	1995	2006
Cursellas Estrada, Josep Oriol	1986	2002
Fernández Comenge, Mariano	1982	1995
González Creus, Miguel Àngel	1989	Actualitat

#### **Biblioteca / Biblioteca / Library**

Fernández Barrero, M <sup>a</sup> Dolores	2008	Actualitat
Giacobino Bartolomé, Àngela	1965	2002
Losada Fernández, M <sup>a</sup> Carme	2001	2006
Guerra Aparicio, Margarita	1973	1992
Oró Altisent, Assumpció	1967	1994
Plaza Navas, Miquel Àngel	1994	2001
Santos Panadero, Àngela	1999	2008

**Actualitat** = presente = present

## Personal contractat / Personal contratado / Temporary staff

Nom / Nombre / Name			
Ablay, Giray (****)	Castelltort Aiguabella, F. Xavier	Folch Durán, Arnau	Jiménez Corral, Santiago
Afonso Abella, Pura	Castro Castro, Iria	Font Capo, Jordi	Jiménez Santos, M <sup>a</sup> Josefa
Afonso Arancibia, Juan Carlos	Cembroski, Marcel	Fullea Urchulategui, Javier	Jodar Bermudez, Jorge
Alonso Marínez, Belén	Chaves, Aura	Gagala, Lukasz	Jurado Roldán, Antonio M.
Alonso Pérez, Silvia	Clavero, Eduard	Gaite Castrillo, Beatriz	Klosowska, Bogumila (*)
Alvarez Ayuso, Esther (*)	Colldeforns Xertó, Baldomer	Galdón de la Torre, Javier	Koch, Magaly (****)
Amato, Fulvio	Cornella Zamora, Ona Ada	Galvé, Audrey (*)	Labraña de Miguel, Gemma
Andujar Fernández, Juan Francisco	Corral Calleja, Isaac	García Carmona, Marta	Latron, Jerome Bernard P. (****)
Aragó Andrade, Silvia	Costa Rodríguez, Fidel (**)	García García, Andrés Javier	Legros, Francois (****)
Arranz Casas, Francesc	Cotano Lemus, Jonathan	García Sancho, Candela	Liguerzana Rodríguez, Sergio
Asta Andrés, M <sup>a</sup> Pilar	Coz Diego, Esther	Garrido Ortíz, Araceli	Lladó Serra, Cristina
Avila Ortega, Patricia	Cruz Orosa, Israel	Garriga Barceló, Montserrat	Llena Gil, M <sup>a</sup> Victòria
Ayala Galán, Concepción	Cusack, Michael	Gaspa Rebull, Oriol	Llorens Benito, José Francisco
Ballesi Seres, Oscar	De Bolós Granados, Xavier	Gibert Agullo, Oriol	López Barrera, Ana Isabel
Barde-Cabusson, Stephanie (****)	De Vicente Gil, Raquel	Gil López, M <sup>a</sup> Dolores	López García, M <sup>a</sup> Josefa
Bayona Termens, Josep M.	Díaz Guerrero, José Ignacio	Gil Rincón, José Antonio	Lorenzo García, Almudena
Bartolomé de la Peña, Rafael	Díez Salvador, Sergi (**)	Giner Sánchez, José Antonio	López Sebastián, José M. (*)
Bea, Sergio Andrés	Dinarés Turell, Jaume	Giordano, Daniele (**)	Luque Marín, José Antonio
Bécel, Anne	Domenech Hernández, Sonia	Gómez Expósito, Manuel	Makovsky, Yizhaq
Benet Llobera, M <sup>a</sup> Concepción	Docherty, James Iam Craig	Gómez Fernández, Francisca	Mansilla Roldán, Astrid
Benitez Pardo, Elisa	Ecker, Christine	Gómez García, Clara	Manzano Arellano, M <sup>a</sup> del Sol
Bitzer, Klaus	Emami, Hadi	Gómez Zaera, Lidia	Marcos Montes, Bernabé
Bolzicco, José	Escandell Roget, Joan	Gomis Coll, Eduardo	Marguí Grabulosa, Eva (***)
Braud, Xavier	Escudero Tellechea, Miguel	González del Río, Miguel Angel	Marotta, Anna María
Burjachs Casas, Francesc	Esestime, Paolo	Gottsmann, Joachim (**)	Martín Martín, Juan Diego
Butturini, Andrea	Espallargas Yus, Ruben	Gràcia Mont, Eulàlia	Martínez Sánchez, Silvia
Caba Solsona, Montserrat	Español Catasús, Marc	Gran Esforzado, Meritxell	Marzán Blas, Ignacio
Calahorrano Betancourt, Alcinoe (****)	Eyre, John Kelday	Grelaud, Sylvain (****)	Mehl, Caroline
Canals Artigas, Miquel	Fábrega Sáchez, Jordi	Guasch Batalla, Lluís	Merida Terroba, June
Carbonell López, Joana D'Arc	Falcón Suárez, Ismael	Gutierrez Díaz, Victoria Eugenia	Messenger, Gregoire
Carrillo Alvarez, Emilio	Farran Vert, Marcel·lí	Gutierrez Santiago, Núria	Mikes, Daniel
Carvalho Pereira, Wilma	Felpeto Rielo, Alicia	Hasangoodarzi, Mohammad	Milford, Celia (*)
Casanova Anoll, Juan David (****)	Fernández Martínez, José Antonio	Hidalgo González, Juan José	Mitjavila Balanzo, José María
Casas Esplugas, Eduard	Fernández Terrones, Naiara	Homke, Stephane	Mogollón Montilla, José Luís
Casciello, Emilio (****)	Ferreruela Sanfeliu, Andrea	Illa Saenz, M <sup>a</sup> Begoña	Molins Rafa, Sergi
Casini, Giulio	Fillón, Charlotte	Izquierdo Ramonet, María	Montero Pinilla, J. Albert
Casquero Ubieto, Sofia	Flecha Lacalle, Isaac	Jiménez Carmona, M. Dolores	Moreno Palmerola, Natalia

**Nom / Nombre / Name**

Muñoz Limia, Alfonso	Playa Pous, Elisabet	Salas Navarro, Joaquín	Tirados González, Josefina (++)
Negredo Moreno, Ana	Poyatos López, Rafael	Sallarés Casas, Valentí	Tomás Pujadas, Bernat
Oliveras Menor, Inmaculada	Prafulla, Jha	Salvador Martínez, Pedro	Toro Montero, Sandra
Olle Soronellas, Marc	Prims Labrador, Jordi	Salvany González, M <sup>a</sup> Cinta	Torres Sánchez, Ester
Ordoñez López, Antonio	Puigdefabregas Tomás, Cayo	Sánchez de la Campa Verdone, Ana M <sup>a</sup>	Tortella Azcárate, Diego
Otero Pérez, Neus (***)	Quesada Pizarro, Sara	Sánchez Goñi, M <sup>a</sup> Fernanda	Tryggvason, Ari
Ouro Losada, Vanesa	Regues Muñoz, David	Sánchez Quilez, Gemma	Turón Balcells, Elisenda
Ovejero Andión, Mercedes	Rey Moral, M <sup>a</sup> del Carmen	Santacana Quintas, Nuria	Ugalde Aguirre, Arantza
Palomeras Torres, Inmaculada	Robert, Aexandra	Serra Clavera, Agueda	Vázquez Martínez, Antonio
Pancorbo Picó, Miguel	Rico Pérez, Silvia	Serra Clavera, Esteban	Vázquez Tarrío, Daniel
Pandolfi, Marco	Rodríguez González, Alejandro	Serret Magaz, Jordi	Velasco Isusi, Camino
Papis López, M <sup>a</sup> Dolores	Roig Moreno, Albert	Signorelli, Stefano	Vendrell Saz, Mario
Pastor Pastor, David	Romaire, Indiana	Silva Rojas, Orlando (*)	Viana Rodríguez, M <sup>a</sup> del Mar (**)
Pérez Aparicio, Alfredo	Romero Miranda, Francisco	Smyth, Evelyn	Vila Planella, Miguel
Pérez Gusiñé, Marta (**)	Rotting, Tobias	Sobrado Pérez, Rosa M <sup>a</sup>	Viñolo Monzoncillo, Carlos
Pérez Lozano, Noemí	Rubio Culebras, Luís Eduardo	Soler Rueda, José Manuel	Zafrilla Raposo, Silvia
Pérez Pérez, Francisco Javier	Rubio Esteve, Carlos Miguel	Soto Marín, Ruth L. (***)	Zlotnik, Sergio
Pérez Pérez, José Javier	Saaltink, Maarten Willem	Tárraga Enamorado, Marta (*) (***)	
Pey Betran, Jorge	Saenz Revilla, Joana	Thun, Johannes	
Planas Massana, Blanca Ondina	Sahpazi, María (****)		

**Contractes actuals / Contratos actuales / Present contracts**

Almar Villanueva, Ylenia	Coruña Llopis, Francisco	Martí Linares, David
Balsa González, Jorge	Crespo Cadorniga, Jose	Melchiorre, Massimiliano
Bartolini, Stefania	Cruset Segura, David	Moragas Rodríguez, Mar
Baqués Almirall, Vinyet	Español Catusus, Marc	Peral Millán, Mireia
Beamud Amorós, Elisabet (+)	Geyer Traver, Adelina (*) (**)	Poprawski, Yohann
Becerril Carretero, Laura	Gómez García, Clara	Saura Parramón, Eduard (****)
Buffett, Grant	Gómez Paccard, Miriam (***) (**)	Ventosa Rahuet, Sergi
Casciello, Emilio	Le Garzic, Edouard	

(\*) Juan de la Cierva Contract

(\*\*) Ramón y Cajal Contract

(\*\*\*) Jae-Doctor

(\*\*\*\*) Marie Curie

(+ ) Personal UB (Paleomagnetisme)

(++) Generalitat de Catalunya. Servei Làmina Prima / Servivio de lámina delgada / Thin Section Service

**Actualitat = presente = present**

**Becaris / Becarios / Research fellows**

Acero Salazar, Patricia	Fuertes Miquel, Amparo	Pedreira González, Felix
Alarcón Lladó, Esther	Fullea Urchulutegui, Javier	Pi Pujol, Dolors
Alcalde Martín, Juan	Gabás Gasa, Montserrat	Pitarch Martí, Africa
Antich Cortès, Nuria	Gallardo Hernández, Helena	Poyatos López, Rafael
Asta Andrés, M. Pilar	Genera Monells, Margarita	Rabadà Vives, David
Bartolini, Stefania	Geyer Traver, Adelina	Ribó Arnau, Alexandre
Barris Duran, Jordi	Gil de la Iglesia, Alba	Rodríguez González, Sergio
Bea Jofre, Sergio	Globig, Jan	Ronchín, Erika
Beguiría Portugués, Santiago	González Fernández, Oscar	Rubio de Inglés, M <sup>a</sup> Jesús
Bonatto, Anahí Luciana	Hernández Hernández, Armand	Rubio Esteve, Carlos Miguel
Camanni, Giovanni	Hernández Márquez, Sergio	Ruggieri, Flavia
Cama Robert, Jordi	Hidalgo González, Juan José	Ruiz Fernández, Mario
Canales Cisneros, Juan Pablo	Hurlimann, Marcel	Salas Navarro, Joaquín
Carballo González, Alberto	Iribarren González, Leire	Salvany González, M <sup>a</sup> Cinta
Carmona Arranz, Virginia	Jodar Bermude, Jorge	Sánchez López, Guiomar
Castillo Fernández, Sonia	Lacueva Pérez, M. Fabiola	Sanz Escudé, Esteban
Cendón Sevilla, Dionisio	Luque Marín, José Antonio	Sayyad Hernando, Ismael
Delgado Tinoco, Martha Juliana	Margalef Marrase, Olga	Solé Benet, Albert
Domenech Amador, Nuria	Márquez Carrillo, Manuel	Teixidó Benedi, Fabio
Domenech Orti, Cristina	Minguillón Bengochea, M <sup>a</sup> Cruz	Tunini, Lavinia
Ehsan, Siddique Akhtar	Molins, Grau, Elies	Umaña Peña, Juan Carlos
Estévez Escalera, Jordi	Noriega Salmón, Raquel	Vidal Martínez, Neus
Fernández Viejo, Gabriela	Palomera Torres, Inmaculada	Vila Mitja, Assumpció
Folch Durán, Arnau	Pedrazzi, Dario	

**Becaris actuals / Becarios actuales / Present fellows**

Biete Castells, Cristina (FPI)  
 Oliva Vidal, Robert (FPI)  
 Sánchez Sánchez-Pastor, M<sup>a</sup> del Pilar (FPI)

# AGRAÏMENTS

## AGRADECIMIENTOS

### ACKNOWLEDGEMENTS

■ **Aquest llibre no hauria estat possible sense la implicació i participació del personal del ICTJA. També cal agrair a totes aquelles persones alienes a l'Institut que d'una manera o altra han col·laborat en la confecció del llibre, ja sigui aportant dades, informació gràfica o de qualsevol altre tipus. En particular cal agrair la col·laboració de les següents persones i entitats.**

■ **Este libro no habría sido posible sin la implicación y participación del personal del ICTJA. También hay que agradecer a todas aquellas personas ajenas al Instituto que de una manera u otra han colaborado en la confección del libro, ya sea aportando datos, información gráfica o de cualquier otro tipo. En particular hay que agradecer la colaboración de las siguientes personas y entidades:**

■ **This book would not have been possible without the involvement and participation of ICTJA staff. We must also thank all those people outside the Institute that, in one way or another, have collaborated in the preparation of the book, either by providing data, pictures or any other information. In particular, we thank the following people and organizations:**

- Núria Aguilera, Mercè Alvarez i Lluís Calvo Calvo (*Delegació del CSIC a Catalunya*)
- Teresa Requena (*Arxiu Miquel Crusafont, Museu de l'Institut Català de Paleontologia*)
- Sebastià Calzada (*Arxiu, Museu de Geologia del Seminari de Barcelona*)
- Fina Solà Gasset (*Arxiu Històric, Diputació de Barcelona*)
- Miriam Miguélez González (*Biblioteca y archivo histórico de la Misión Biológica de Galicia – CSIC*)
- Miquel Àngel Plaza Navas y Ana M<sup>a</sup> Sánchez Montañés (*URICI-CSIC, Barcelona, Madrid*)
- Maria Àngels Esteban, Xaviara Vilamitjana i Maite Vernet (*Arxiu Històric, Universitat de Barcelona*)
- Isabel Morón (*Archivo, Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid-CSIC*)
- Cristina Simó Recasens (*Arxiu Municipal de Vilassar de Mar*)
- Salvador Galí, Montse Liesa, Laura Rosell i Pere Santanach (*Facultat de Geologia, UB*)
- David García i Salvador Canas (*Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*)
- Joan Jofre i Torroella, M. Dolores López, Josefina Fortuny i Ivan Rodas (*RACAB*)
- Mercè Font Bardia (*Serveis Científics i Tecnològics, Universitat de Barcelona*)
- Àngel López Soler (*Exdirector ICTJA*)





