

Convocatoria de ayudas de Proyectos de Investigación

MEMORIA TÉCNICA PARA PROYECTOS DE LA CONVOCATORIA DE I+D TIPO A ó B

1 RESUMEN DE LA PROPUESTA (Debe rellenarse también en inglés)

INVESTIGADOR PRINCIPAL: BLAS LORENZO VALERO GARCÉS

TITULO DEL PROYECTO: CALIBRE: Cambios climáticos rápidos en la Península Ibérica basados en calibración de indicadores, series instrumentales largas y análisis de alta resolución de registros terrestres y marinos.

RESUMEN (debe ser breve y preciso, exponiendo sólo los aspectos más relevantes y los objetivos propuestos):

Llegar a comprender las causas y efectos de los cambios globales y las interacciones sinérgicas del sistema climático continúa siendo un reto científico complejo. La Península Ibérica es particularmente sensible a los cambios climáticos rápidos y los costes previstos en los escenarios de cambio climático futuro (pérdidas económicas, impacto hidrológico de las sequías, pérdida de biodiversidad) son elevados. Este proyecto supone una oportunidad única para reconstruir series largas de variabilidad climática y analizar la dinámica climática durante periodos de cambio climático rápido en la Península Ibérica. Por una parte, coordina cuatro grupos de investigación y por otra, aplica una estrategia científica pluridisciplinar que incluye el estudio de registros paleoclimáticos de alta resolución, la monitorización de dichos archivos y la calibración con registros instrumentales largos. Como resultado de los trabajos previos de los subgrupos se dispone de registros de alta resolución marinos, lacustres y espeleotémicos y de una metodología adecuada para la elaboración de series instrumentales largas. Los periodos de cambio climático rápido en el pasado servirán como comprender mejor, modelizar y predecir los efectos del cambio climático actual. Debido a las incertidumbres de los modelos climáticos a escala intermedia, proponemos un estudio regional en la Península Ibérica que tiene en consideración su diversidad geográfica y la interconexión entre los procesos atmosféricos, hidrológicos, oceánicos y biológicos. Para cumplir estos objetivos, son necesarios tanto un conocimiento detallado de la dinámica climática actual y su variabilidad como series climáticas más largas que las del periodo instrumental. Nuestra estrategia científica se basa en: i) identificación de los patrones de variabilidad climática actual en la Península Ibérica y de las tendencias actuales y análisis de la dinámica regional de los periodos de cambio climático rápido en el registro instrumental; ii) calibración de los indicadores climáticos de los distintos archivos utilizando monitorización de los archivos y técnicas de calibración aplicadas a sondeos cortos y espeleotemas activos; iii) aplicación de los resultados de la calibración a la reconstrucción de la dinámica climática durante periodos de cambio rápido a escala de décadas (variabilidad asociada a la NAO), de siglos (Pequeña Edad de Hielo, Periodo Cálido Medieval) y milenios (Eventos Heinrich, ciclos de Bond, Dryas Reciente, el evento frío del 8.2 ka).

PROJECT TITLE: CALIBRE: Rapid climate changes in the Iberian Peninsula based on proxy CALibration, long term instrumental series and high resolution analyses of terrestrial and marine REcords.

SUMMARY:

Understanding the causes and effects of global changes, and the synergic interactions of the climate system remains a complex scientific challenge. The Iberian Peninsula is particularly sensitive to rapid climate changes and the projected cost of future climate scenarios (economic losses, hydrological impact of droughts, loss of biodiversity) are high. This project encompasses a unique convergence of scientific and logistic opportunities to reconstruct long time series of climate variability in the Iberian Peninsula and to analyze the climate dynamics during periods of rapid climate change. We will use reconstructed climate series from high-resolution archives, monitoring of the terrestrial (lakes and caves) and marine sites, and calibration with long term instrumental data. As a result of the previous work meteorological data have been compiled, and high resolution, continuous archives of past climate changes from different settings (lacustrine, marine and cave deposits) will be available for the research. As a whole, they provide the best archives of past climate variability in the Iberian Peninsula. Past periods of rapid climate change will serve to better understand, model, and predict the effects of the current period of rapid climate change. Due to the uncertainty of climate models at meso-scale, we propose a regional study focus in the Iberian Peninsula that takes into account its geographic diversity and the interconnection among atmosphere processes, the hydrosphere, the ocean dynamics and the biosphere at a regional scale. Both, a detailed knowledge of the modern climate variability in the IP at a regional scale based on instrumental records, and longer time series of climate variability are needed. Our research strategy is based on: i) Identification of patterns of climate variability in the IP at a regional scale and current trends, based on instrumental records, and analyses of climate dynamics during periods of rapid climate change within the instrumental period; ii) Calibration of the climate proxies from the different archives with climate data using in-site monitoring long term series and calibration techniques applied to marine and lacustrine core and active speleothems, iii) application of the calibration to longer cores and speleothems to reconstruct the climate dynamics during selected periods of rapid climate change, at decadal (NAO variability) to centennial scale (Little Ice Age, the Medieval Warm Period) and millennial scale (Heinrich Events, Bond cycles, YD, 8.2 cold event)

2. INTRODUCCIÓN

(máximo cinco páginas)

- Deben tratarse aquí: la finalidad del proyecto; los antecedentes y estado actual de los conocimientos científico-técnicos, incluyendo la bibliografía más relevante; los grupos nacionales o internacionales que trabajan en la misma materia específica del proyecto, o en materias afines.

1. CALIBRE'S MAIN GOAL AND STRATEGY.

This proposal represents the effort of several Spanish research groups to the challenge of developing a multidisciplinary strategy to understand some of the outstanding problems on **Iberian climate variability** and the response of ecosystems to **present and past periods of rapid climate change**. Due to the complex nature of Global Change, **an interdisciplinary approach** is sought to understand the interactions between climate, human activity and the Biosphere-Geosphere-Hydrosphere. New partners have been added to the on-going collaboration between research groups focused on lacustrine and marine climate archives organized in the REN-2003-09130-CLIBER project. A group of experts on long instrumental climate series has teamed up with experts on terrestrial (lakes and speleothems) and marine archives of past climate changes. By doing so, we have realized an important effort to coordinate scientific activities and strategies, following the philosophy of the Spanish National Scientific Programme. Our project integrates aspects of the three main research lines outlined in the call: biodiversity, climate global change, and earth sciences.

Understanding climate variability and rates of climate change requires **long-term data series**, longer than those provided by the instrumental records, and scarce for the Iberian region. This proposal will provide high quality, long series of climate data and paleoclimate proxies based on unique archives in the Iberian Peninsula. Our research will help to better understand the present period of rapid climate change, and provide **analogues** to test climate models and scenarios.

Our research strategy is based on:

1. Identification of **patterns of climate variability in the IP** at a regional scale and current trends, based on **instrumental records**, and analyses of climate dynamics during periods of rapid climate change within the instrumental period.
2. use of **high resolution, continuous archives of past climate changes** from different settings: lacustrine, marine and cave deposits. Marine records from the western Mediterranean and its Atlantic connection have been selected. High sedimentation rates (especially in the Alboran Sea basin) together with a continuous sedimentation provide excellent conditions to analyze global and regional climate changes at ultra-high resolution. A suite of long, continuous lacustrine cores from 9 lakes, and speleothems from active caves in Asturias and Andalucía are already available.
3. **Calibration** of the climate proxies used in the different archives with climate data using in-site monitoring data and calibration techniques
4. Reconstruction of the climate dynamics during **selected periods of rapid climate change**, at decadal (NAO variability), centennial scale (Little Ice Age, the Medieval Warm Period) and millennial scale (Heinrich Events, Bond cycles, YD, 8.2 cold event).

2. MODERN CLIMATE VARIABILITY IN THE IBERIAN PENINSULA

The modern climate variability in the IP and the main teleconnections have been intensively studied during the last decade (see <http://www.iim.csic.es/~rbos/CLIVAR-ES/> for extensive list of publications). The location of the Iberian Peninsula at the limit of the mid- and subtropical climates, at the south limit of the Atlantic fronts, the complex geography of the IP, and its location between the Atlantic and the Mediterranean explain the **modern climate variability of the IP**, and the large temperature and precipitation gradients (Rodríguez-Puebla et al. 1998). Most of the precipitation is related to Atlantic fronts, although meso-scale convective systems produce large precipitation in the Mediterranean regions (García-Herrera et al. 2005). Wetter conditions in the IP may result from markedly different changes in the circulation regime as a result of fundamentally different global forcing (glacial or insolation changes) (Harrison *et al.*, 1992; Kutzbach *et al.*, 1993; Harrison *et al.* 1996): i) a southward displacement of the westerlies (for example during glacial intervals) leading to an increase in winter precipitation; ii) a northward extension of the African monsoon itself during intervals of higher-than-present summer insolation, and weakening of the influence of the

subtropical anticyclonic circulation over the Mediterranean, iii) a local monsoon-like phenomenon, generated by the extensive land areas of the Iberian Peninsula, that favor the development of depressions over the Mediterranean and increase cyclonic rainfall and storms in summer.

Under the current climate, the dominant mode of climate variability in the Atlantic is the **North Atlantic Oscillation** (NAO) which is strongly related to the North Atlantic Deep Water (NADW) formation (Bojariu and Gimeno, 2003). An extreme negative mode of the NAO with high pressure over the Icelandic area and low in the Azores produces a blocking situation for the westerlies, and a southward displacement of storm tracks. As a result, low temperatures and below-normal precipitation over central and northern Europe, and above-normal precipitation over southern and central Europe and northwestern Africa occur. The impact of the NAO in the winter precipitation in the IP has been extensively studied (Hurrell 1995; Zorita et al 1992; Muñoz-Díaz & Rodrigo, 2003, Trigo et al 2004, Pozo-Vázquez et al 2001, Rodríguez-Fonseca & Serrano 2002, Goodes y Jones 2002). The role of NAO in temperature variability is much smaller (Pozo-Vazquez et al., 2001, Castro-Díez et al 2002), and restricted to minimum winter temperatures. Though most of the Iberian Peninsula is under NAO influence in winter, some stations in the eastern regions show no connection and a clearer link with **ENSO** (Rodó et al., 1997; Rodó, 2001). However, instrumental records also show marked variations on multidecadal time-scales in the summer time climate of western Europe (Sutton and Hodson, 2005) and indicate that European summer climate is also controlled by North Atlantic forcing.

3. PATTERNS OF RAPID CLIMATE CHANGE IN THE IBERIAN PENINSULA.

The current global climate change.

We are living a **period of rapid climate change** with unforeseen consequences not only in ecosystems and biodiversity, but also in human societies and economy (Houghton et al., 2001). The scientific consensus is that the increase in CO₂ due to anthropogenic activities is responsible for most of the global climate change (Bala et al., 2005). Modern CO₂ concentration (375 ppm) is the highest during the last 650000 years (Siegenthaler et al., 2005) and the increase during the last 150 years, of similar range to a glacial/interglacial transition (which would normally occur over about 15000 years). Besides the global increase in temperature, at regional scale there are many indicators of global change: glacier retreat, changes in precipitation patterns, increase in extreme phenomena due to warmer oceans, increase in heat waves, shifting in ecotones and biodiversity loss (Clubbe, 1996, Dirnböck & Grabherr, 2003, Rull & Vegas Vilarrúbia, 2006). Recent observations have shown indications of a slowdown of the NADW production (Dickson et al., 2002) and a reduction of the Gulf Stream during the last decades (Bryden et al., 2005) with unknown consequences for the thermohaline circulation and the climate of Western Europe. Understanding the causes and effects of global changes, and the synergic interactions of the climate system remains a complex scientific challenge.

Modern Rapid Climate Change in IP.

Available instrumental data and regional models agree that the Iberian Peninsula is particularly sensitive to rapid climatic changes at a decadal to multidecadal scale (Brunet and Lopez, 2001; Brunet et al., 2001). Trends in spring precipitation decrease, temperature increase (particularly in winter, 0.13 °C/decade) (Paredes et al., 2005) and increase in intensity and frequency of heat waves (Meehl and Tebaldi 2004) for the last decades have been detected. The precipitation trend is particularly significant in the western regions, where the North Atlantic Oscillation (NAO) signal is stronger. Some scenarios at a regional scale have been conducted by Castro et al (2004) and Sánchez et al. (2004) using the regional model PROMES, and they show a general increase in extreme events and temperature. The response of rainfall over the IP under different future climate scenarios is non conclusive (Cubasch et al. 1996; Goodes and Palutikof, 1998; González-Rouco et al. 2000). Over the last three decades the NAO has remained predominantly in the positive phase, the longest and largest such trend in the 140 year instrumental record (Hurrell, 1995; Bojariu and Gimeno, 2003). During this period, major large scale changes in precipitation have occurred in Europe and the Middle East (Cullen et al., 2000, 2001) and the positive NAO state may be responsible for some of the observed continental warming in the northern hemisphere (Hurrell, 1995). However it is unclear if this tendency is part of the natural variability and it is related to anthropogenic climate forcing (Shindell et al., 1999). The projected cost of climate change in Spain is multifaceted: economic losses, hydrological impact of droughts, loss of biodiversity (Sardans and Penuelas, 2004; de Luis et al., 2005; Garcia-Herrera et al., 2005a, b).

Past Periods of Rapid Climate Change.

Several research teams in Spain and elsewhere have demonstrated that a number of **past periods of rapid**

climate change have occurred in the IP during the last millennia. Although the Holocene has been traditionally considered as a climatically stable period, it is now clear it has been punctuated by rapid oscillations, still poorly understood (Duplessy et al., 2005). The complex nature of these changes, needs an understanding of the response of the climate subsystems -atmosphere (eolian input fluctuations), lithosphere (sedimentary regime), oceans (circulation and water oxygenation), hydrosphere (precipitation-evaporation balance, fluvial regimes) and biosphere (productivity, plankton and benthos response, vegetation history, land uses)- to abrupt climate changes. The role of the ocean as a regulator of the climate system is well known, but its potential role in destabilizing climate has only recently been discovered. One of the most striking characteristics of millennial scale climate events during the Pleistocene is **their association with changes in thermohaline circulation** (Bond et al., 1997, Gherardi et al., 2005; Sierro et al., 2005; Wang, 2005). Small sea-surface temperature variations (<2 °C) have been evidenced in the North Atlantic Basin and may be interpreted as a linear response to mean annual insolation variations (on what timescale). The hydrological cycle, however, has experienced large changes, and shows evidence of a threshold response even to more gradual forcing from changes in the Earth's orbital configuration. For example, a humid period at the beginning of the Holocene resulted in enhanced precipitation over the Mediterranean Basin, in eastern Mediterranean Sea stagnation and sapropel formation. All these changes in the hydrological cycle may be related to variations of the monsoon intensity. The abrupt onset and end of these hydrological changes is believed to be linked to a critical threshold in feedbacks between the hydrological cycle and vegetation cover (Gasse, 2000; Hu and Neelin, 2005). Superimposed on the orbitally driven monsoon cycle are numerous rapid millennial changes correlated to those elsewhere in the North Atlantic (Gasse, 2000).

Both, terrestrial and marine archives have shown the dependence of Iberian climate to **high and low frequency climate variability and Atlantic and subtropical forcings**. Marine cores (Sanchez Goñi et al., 2002; Desprat et al., 2003; Alvarez et al., 2005, O'Hare et al. 2005), and lacustrine cores (Luque 2003) show a strong although variable NAO component in the climate signal during the Holocene, with periods of dominant positive phase during the LIA and the Mid Holocene. The NAO has been reconstructed many centuries back in time (Luterbacher et al., 2001; Cook et al., 2002; Rimbu et al, 2003). Several authors emphasize that NAO reversals are typical elements of climatic fluctuations during the Holocene and they refer to them as 'Little Ice Age' Type events. Low frequency modulation of the NAO could a potential mechanism for millennial scale climate variations and the transition into and out of these millennial events occurred within few decades (Shindell et al., 1999). These millennial events were characterized by large (5 degree) temperature shifts in Greenland and Northern Europe, alterations of oceanic circulation in the North Atlantic, and variations in the South American monsoon (Bond et al., 2001).

The main climatic fluctuations in the Iberian Peninsula since the Last Glacial Maximum have been reconstructed at a **millennial scale** in several sites (Pérez Obiol & Juliá, 1994; Sanchez Goñi & Hannon, 1999; González-Sampériz et al., 2005; Bárcena et al., 2001; Cacho et al, 2001, Martínez-Ruiz et al., 2003). However, although some results show a clear teleconnection between marine (SST in Alboran Sea, Cacho et al., 1999) and lacustrine (reconstructed ice cover in Pyrenean lakes, Pla and Catalán, 2005), pluridisciplinary and multi-archive reconstructions are scarce. Although pollen studies are still dominant in terrestrial archives, multiproxy studies are becoming more common (Giralt et al., 1999, PAGES-España Meeting, Ruiz-Zapata et al., 2002; González-Sampériz et al, 2006; Valero-Garcés et al, 2006). Numerous research groups work in marine records (e.g., González-Donoso et al., 2000; Bárcena et al., 2001, Cacho et al., 1999, 2001, Moreno et al., 2002, 2005, Martínez-Ruiz et al., 2003). Detailed reconstructions of millennial scale climate variability from speleothems are not available for the Iberian Peninsula. Paleoclimate reconstructions have shown that the climate system has experience rapid and abrupt changes at decadal to centennial scale, both during glacial (Dansgaard events; Dansgaard-Oeschger cycles; Dansgaard et al., 1993; Hemming, 2004) and interglacial periods (Bond et al., 1997) mainly related to changes in the thermohaline circulation in the North Atlantic. **The Iberian Peninsula has been particularly sensitive** to these past changes because of its location and geographic characteristics. The SST range during this abrupt and rapid change events in the western Mediterranean has been up to 6 C during the last glacial period (Cacho et al., 1999), and even higher during the last interglacial (Martrat et al., 2004). Dansgaard-Oeschger cycles and Heinrich events have been documented in the Atlantic Iberian Margin, the Alboran Sea, and the Western Mediterranean (e.g., Cacho et al., 1999; Martrat et al., 2004; Moreno et al., 2004; Perez-Folgado et al., 2004). Feedbacks and interconnections between atmospheric, ocean and terrestrial processes in the dynamics of those abrupt changes have been documented in the IP. Pollen reconstructions documented vegetational changes from arboreal to stepic taxa occurring at a decadal scale (Sanchez Goñi et al., 2002) and also a rapid response of

the vegetation to rapid climate change during the last glacial – interglacial transition (Gonzalez Samperiz et al., 2006). The influence of the North Atlantic climate during the Late Glacial and the Holocene has been documented in marine and terrestrial records. However, the timing and nature of the main climatic events in Mediterranean Iberia show a clear connection with northern Africa (Valero-Garcés et al., 1998; Gasse 2000). Lake records show a large hydrological variability during the last millennia (Sanabria, Luque and Julia, 2002) that could be related to the marine-defined Bond cycles (Bond, et al., 1997).

The **four research groups** integrated in this proposal maintain active collaborations with other national and international groups. Among the marine proxy records, we collaborate with the groups led by Dr. Sierro and Flores (University of Salamanca), Dr. Canals (University of Barcelona), and Dr. Grimalt (CSIC), all of them participants in the European project PROMESS in which part of our team also participates. We also have relationships with other Spanish groups working in climate variability such as that of Dr. Castro Diez (University of Granada). Active current collaborations also exist with other CSIC Centers: CMIMA, Estación Experimental del Zaidín, Instituto Jaime Almera-CSIC. We also are actively involved in International Programs such as “Ocean Drilling Program, (<http://www.oceandrilling.org/>), TTR-UNESCO (<http://ioc.unesco.org/iocweb/default.htm>). We maintain an active collaboration with several groups working on lacustrine records in Spain (IJA-CSIC, University Complutense of Madrid) and in Europe (GFZ-Potsdam, ETH-Zurich) and contacts with other groups dealing with speleothems in Spain (IGME, U. Complutense) and abroad (University of Massachusetts, University of Minnesota).

4. LONG TERM TIME SERIES OF CLIMATE DATA: PROXIES AND CALIBRATION.

In order to understand climate variability at a local scale during periods of rapid climate change we need to improve the data and observations, both at spatial and temporal scale, and also obtain **longer time-series of climate variability than those provided by the instrumental records**. Accurate predictions and model outputs need to take into account the role of the ocean and the biosphere. Regional scenarios of past and future climate change in the complex geography of the Iberian Peninsula can only be possible with climate reconstructions at meso and micro-scale based on models that integrate the global atmospheric patterns and the climate response to local, watershed scale. Our integrated research provides such a network of varied sites in the IP. On the other hand, most of the climate fluctuations in the IP during the Holocene are related to precipitation changes more than temperature, and, consequently, climate proxies reflecting paleohydrological information as those proposed in this project need to be used. Only high-resolution analyses of terrestrial (speleothems and lake sediments) and marine climate archives may provide records of past rapid climate change, and reconstruct the dynamics of climate variability during periods of rapid change.

The **calibration** of climate proxies to the instrumental series is the key to obtain the needed longer time series of climate variability in the IP, and **quantitative reconstructions** that could be used by modelers. Some calibration studies have been done using single proxies, but this is the first time a collaborative, multidisciplinary and multi-archive effort is launched in the IP. The RECLIDO network provides reconstructions based on historical records (<http://www.ucm.es/info/reclido/>). Biological proxies in lakes (crisophytes and chironomid proxies in Pyrenean lakes (Catalán et al., 2002; Pla et al. 2003), ostracods in karstic lakes (Wansard, 1996) have provided reconstructions of climate and limnological parameters during the Holocene. Some sediment proxies have been used to calibrate with climate parameters. Lakes are complex and dynamics systems and a multiproxy strategy is needed to provide reliable reconstructions of past global changes (Valero Garces et al., 2006). Calibration studies are in progress in several caves in Spain (Stoll et al., 2005). Calibration studies have also been conducted in marine records

Calibration techniques have to be **archive and proxy-specific**, so we need to understand the response of the ecosystem to modern climate variability. An increase in temperature has been detected in some lakes in Spain through the last decades (Redó data set, Catalan et al. 2002; Pla and Catalán, 2005), and a clear correlation between productivity and precipitation is documented in the 20-year data from Sanabria. In **marine ecosystems**, recent changes in the NADW production and the Gulf current have been detected in the last decades (Bryden et al., 2005). Geochemical composition of several **active speleothems** shows a clear correlation with precipitation in northern Spain and central Spain (Stoll et al., 2005).

5. RESEARCH PERSPECTIVES.

This proposal will help to bridge the gap in some of outstanding issues of climate variability in the Iberian Peninsula.

- **Discrepancies** between global, hemispheric and local climate reconstructions based on different methodologies and proxies. We propose the use of alternative climate archives and the implementation of **integrated multi-archive, multi-proxy strategies**.
- Improvement of analytical and proxy calibration techniques, and paleoclimate and instrumental **data bases** (global and Spanish, RECLIDO network and others.) and training set for climate calibrations.
- **Quantitative climate reconstructions**. Only high-resolution analyses of terrestrial (speleothems and lake sediments) and marine climate archives, calibrated with the instrumental record, may provide quantitative records of past climate variability that could be incorporated in the computer models.
- Through the improvement of the coordination between instrumental data, paleoclimate reconstructions, and meso and micro-scale models we will be able to produce **better scenarios of climate change at a regional scale (Iberian Peninsula)**.
- **Climate variability transfer mechanisms**. Our coordinated research will increase our understanding of the mechanisms explaining how climate variability is transfer from one region to another, since we will provide solid correlations among diverse regional archives.
- **Regional structure and dynamics of periods of rapid and abrupt climate changes at different time-scales**. Although the main climatic fluctuations in the Iberian Peninsula since the Last Glacial Maximum have been reconstructed at a millennial scale, the correlation among different archives is rare, many records are not continuous, and the resolution is not enough to decode rapid changes. Besides, the response of the different ecosystems and archives to similar climate forcing remains to be tested and understood.
 - a. What is the structure and effects of D/O and Heinrich events in the Iberian Peninsula?. Are the current N/S and W/E climate gradients in the Iberian Peninsula similar to those during other climate phases?. How do the climate and ecological boundaries shift during past periods of rapid climate change?
 - b. What is the structure at a regional scale in the Iberian Peninsula of the Bond-type climate events during the Holocene?. Can we detect them in the terrestrial archives?.; are they mostly registered in the Atlantic regions?. do they have a clear climate signal (e.g. reduced precipitation and temperatures)?
 - c. Have the precipitation patterns in northern Spain been controlled by NAO-type variability during the Holocene and the late glacial?. Is there any past analogous periods of ENSO-type variability in the SE of Spain during the Holocene?
 - d. Is the LIA an analogue for past “cold phases” during the Holocene?. Does it have the same climate structure than the 8.2 cold event, the YD and the Heinrich events?. Are the MWP and the “Mid Holocene Optimum” analogies for the present global warming period?
 - e. What are the mechanisms that explain drought periods and its cyclicity?. Has it been the hydrological response similar to all drought and arid periods?. How was the dynamics of extreme events in the past: droughts, floods?. Only within the framework of long term climate series cyclicity can be addressed to predict future climate variations and their effects.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

(máximo dos páginas)

- ◆ **3.1** Describir brevemente las razones por las cuales se considera pertinente plantear esta investigación y, en su caso, la **hipótesis de partida** en la que se sustentan los objetivos del proyecto (**máximo 20 líneas**)

This project represents the continuation of the on-going collaboration between research groups working on marine and terrestrial (lakes and caves) paleoclimate records and instrumental data and it encompasses a unique convergence of scientific and logistic opportunities to understand the present global warming and the dynamics of rapid climate change in the Iberian Peninsula. Four scientific teams have coordinated their methodologies and work plans to produce quantitative reconstructions of climate variability in the Iberian Peninsula during periods of rapid climate change. As a result of the previous work of the subgroups, unique marine and terrestrial archives are available for the proposal, the climate sensitivity of the climate proxy records has been tested, and the methodologies to produce long series of meteorological data are ready. As a whole, they provide the best archives of past and present climate variability in the Iberian Peninsula.

Our research strategy is based on the hypotheses that past periods of rapid climate change will serve to better understand, model, and predict the effects of the current period of rapid climate change. Due to the uncertainty of climate models at meso-scale, we propose a regional study focused in the Iberian Peninsula that takes into account its geographic diversity and the interconnection among atmosphere processes, the hydrosphere, the ocean dynamics and the biosphere. Both, a detailed knowledge of the modern climate variability in the Iberian Peninsula at a regional scale based on instrumental records, and longer time series beyond the instrumental record will be achieved in this project. We will use paleoclimate data from high-resolution archives, monitoring of the terrestrial and marine sites, and calibration with long term instrumental data.

The results will help government agencies and policy makers to define strategies to cope with the economic, human and environmental cost of predicted global change (more frequent heat waves, increase in extreme climate phenomena, droughts, loss in biodiversity).

- ◆ **3.2.** Indicar los **antecedentes y resultados previos**, del equipo solicitante o de otros, que avalan la validez de la hipótesis de partida

The modern patterns of climate variability in the Iberian Peninsula based on instrumental records have been intensively investigated during the last decades (see <http://www.iim.csic.es/~rbos/CLIVAR-ES/> for extensive list). There is sound scientific evidence to indicate that the pace of current climate change is among the highest in recent climate evolution and that the impact on the Mediterranean regions will be intense. A clear connection between winter precipitation and North Atlantic forcing (NAO) has been clearly documented (Zorita et al 1992; Muñoz-Díaz y Rodrigo, 2003, Trigo et al 2004, Pozo-Vázquez et al 2001). The current trends of increasing temperature, decreasing precipitation and increasing in heat waves have been established from instrumental records (Paredes et al., 2005). Hemispheric reconstructions of past precipitation, NAO and other climate variables are available, but they need to be checked against local reconstructions. Marine records in the Atlantic and the Mediterranean have detailed the climate variability of the Iberian Peninsula at millennial and centennial scales during the last glacial cycle and have identified Heinrich events, D/O cycles and Bond-type cyclicity (González-Donoso et al., 2000; Bárcena et al., 2001, Cacho et al., 1999, 2001, Moreno et al., 2002, Martínez-Ruiz et al., 2003, Martrat et al., 2004; Sierro et al., 2005). Terrestrial records have proven the impact of millennial scale variability in the continent (González-Sampériz et al., 2006) and the occurrence of Bond-type cycles and decadal to multidecadal variability during the Holocene (Luque, 2003). Several research teams in Spain and elsewhere have demonstrated that a number of **past periods of rapid climate change** have occurred in the IP during the last millennia (Cacho et al., 1999; Martrat et al., 2004) however, the timing and the correlation between marine and terrestrial archives is not complete, and the feedback mechanisms and interactions need to be resolved.

Some **calibration** studies of marine and terrestrial records have proven the reliability of the climate reconstructions based on paleoclimate archive. Analysis of available data on oxygen isotopes in precipitation (IAEA/WMO 2004) suggests significant relationships between precipitation $\delta^{18}\text{O}$ and rainfall amount and the

NAO in the northern region. Initial analyses of stalagmites from Pindal cave in northern Spain show significant variation in Sr/Ca, and Mg/Ca, which suggest significant precipitation variations. Biological and sedimentological climate proxies have been applied to short cores in Iberian lakes and compared with the meteorological records (Luque, 2003; Valero-Garcés et al., 2006).

To sum up, although the occurrence of periods of rapid climate change in the past has been clearly demonstrated, we do not know their exact timing, structure, duration, cyclicity, and their impacts in the geographically-diverse Iberian Peninsula. Both the paleoclimate and the instrumental community agree (Spanish CLIVAR workshop Madrid, February 2005) on the need for long climate series, beyond the meteorological and historic data to characterize the natural variability of the climate in the Iberian Peninsula at meso and micro-scale, to provide qualitative data for climate models and future scenarios of global change.

- ◆ **3.3.** Enumerar brevemente y describir con claridad, precisión y de manera realista (es decir, acorde con la duración prevista del proyecto) los **objetivos concretos** que se persiguen, los cuales deben adecuarse a las líneas temáticas prioritarias del Programa Nacional al que se adscribe el proyecto (*ver Anexo de la convocatoria*).

La novedad y relevancia de los objetivos (así como la precisión en la definición de los mismos) se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (*ver apartado Noveno de la Convocatoria*)

The main objective of this project is to produce high-resolution long-term paleoclimate time series from the Iberian Peninsula to test hypotheses concerning the dynamics, cause and extent of the periods of rapid climate change. Our study will provide some of the needed mid latitude continental records required to advance the understanding of the causes and ecosystem responses of these abrupt changes, which have more immediate importance in predicting future climate changes than the long term variations attributed to orbital forcing.

The detailed objectives of the CALIBRE proposal are:

1. Compile the long term series of climate variables in Spain close to the sites to be studied to reconstruct the modern climate variability and the climate trends
2. Calibrate the relationships between lacustrine, marine and speleothems proxy records with climate variables using:
 - a) Available long-term in-situ monitoring data series in lakes, caves and oceans and climate variables, with some on-going monitoring studies.
 - b) short cores dated with ^{210}Pb and ^{137}Cs and actively growing stalagmites which overlap with known historical and climate records.
3. Produce high resolution, well-dated, climate proxy records from terrestrial (cave speleothems and lake cores) and marine archives based on sedimentological, geochemical and biological analyses during past periods of rapid climate change.
4. Reconstruct some climate parameters and past climate variability in the IP during selected periods of rapid climate change based on:
 - a) System-specific (lake, cave, marine) calibrations to decode past climate variations
 - b) Comparison among the climate reconstructions during selected periods along N-S and W-E transect to evaluate the spatial and temporal variability of past climate changes.
 - c) Comparison with Regional Climate Models
5. Test several hypotheses concerning climate mechanisms during periods of rapid climate change in the Iberian Peninsula, at decadal, centennial and millennial scales.

◆ **3.4. En el caso de Proyectos Coordinados** (máximo dos páginas):

- el **coordinador** deberá indicar:

- los objetivos globales del proyecto coordinado, la necesidad de dicha coordinación y el valor añadido que se espera alcanzar con la misma
- los objetivos específicos de cada subproyecto
- la interacción entre los distintos objetivos, actividades y subproyectos
- los mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto

The **overall objectives** of the CALIBRE proposal are:

1. Reconstruction of **some parameters of climate variability** in the IP during selected periods of rapid climate change based on:

- a. Analyses of long term series of instrumental data
- b. System-specific (lake, cave, marine) calibrations of climate proxies and instrumental records
- c. High-resolution reconstructions of past climate variability based on lacustrine, marine and speleothem records.
- d. Comparison with Regional Climate Models

2. Test several hypotheses concerning climate mechanisms during periods of rapid climate change in the IP: Long term reconstructions of NAO evolution and its impact on precipitation over the IP, drought cyclicality, increase of extreme events (floods and droughts), impact of Heinrich events and Dansgaard-Oeschger cycles in the IP. Millennial –scale cyclicality during glacial and interglacial periods (Bond-cycles).

In order to achieve them, every subproject will provide the following outputs:

CLICAL. A compilation of the long term series of climate variables in Spain close to the sites to be studied to reconstruct the modern climate variability and the climate trends

The three projects dealing with proxy records will produce high resolution, well-dated, climate proxy records from terrestrial (cave speleothems and lake cores) and marine archives based on sedimentological, geochemical and biological analyses during past periods of rapid climate change.

LIMNOCAL. Calibrate the relationships between lacustrine proxy records with climate variables:

- i. Calibrate relationships between in-situ monitoring of limnological parameters and climate variables in several lakes using available long-term data series and on-going monitoring studies.
- ii. Calibrate relationships between lacustrine biological, geological and geochemical indicators and climate variables in several lakes using short cores dated with ²¹⁰Pb and ¹³⁷Cs which overlap with known historical and climate records.

CAVECAL. Calibrate the relationships between speleothem deposits proxy records with climate variables

iii. Calibrate relationships between climate and dripwater chemistry in several caves using dripwater collection systems.

iv. Calibrate relationships between climate and stalagmite chemistry in several caves using actively growing stalagmites which overlap with historical climate records.

MARCAL. Marine records from the Western Mediterranean and the Atlantic.

v. Calibrate relationships between in-situ monitoring of marine parameters and climate variables in the Alboran Sea, western Mediterranean and Atlantic using available long-term data series and on-going monitoring studies.

vi. Calibrate relationships between marine biological, geological and geochemical indicators and climate variables in short cores which overlap with climate records.

This is the **first multi-archive, multiproxy, and multidisciplinary effort** within the Spanish scientific community to coordinate several research groups dealing with different aspects of the climate system at a regional scale. Over thirty scientists (X doctors and Y graduate students) have teamed up to decode present and past climate variability in the Iberian Peninsula, focusing on periods of rapid climate change. The synergies created by the collaborative activities will stimulate the research in the paleo-climate community and the meteorological community, and help to bridge the differences in methodologies and approaches. The multidisciplinary scientific team and the combined research methodologies and strategies are an adequate response to the multifaceted nature of the global change challenge. The quantitative and qualitative outputs of the project will contribute to the resolution and sensitivity of the climate computer models and future scenarios of global warming. Because of the number of sites involved in the climate variability studies, a comparison among the climate reconstructions during selected periods along N-S and W-E transect will enable us to evaluate the spatial and temporal variability of past climate changes.

The research activities for each subproject are described in detail in the methodology and work plan sections. The Principal Investigators of each subgroup are responsible for the implementation of the work plan. Two annual coordination meetings will be scheduled to assure a good timing of the delivery of the milestones and also to ensure coordination among the four subprojects. The celebration of ad hoc scientific meetings to solve specific research issues is also envisaged. Working meetings during the last two years of the workplan will also be devoted to analyze results, and writing scientific papers and reports.

4. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO (en el caso de proyectos coordinados deberá abarcar a todos los subproyectos)

Se debe **detallar y justificar con precisión la metodología y el plan de trabajo** que se propone y debe exponerse la planificación temporal de las actividades, incluyendo cronograma (se adjunta un posible modelo a título meramente orientativo).

- ◆ El plan de trabajo debe desglosarse en actividades o tareas, fijando los hitos que se prevé alcanzar en cada una de ellas. En los proyectos que empleen el Hespérides o se desarrollen en la zona antártica, deberán también incluir el plan de campaña en su correspondiente impreso normalizado.
- ◆ En cada una de las tareas debe indicarse el centro ejecutor y las personas (ver apartados 2.1, 2.2 y 2.3 del formulario de solicitud) involucradas en la misma. Si en el proyecto participan investigadores de otras entidades no relacionados en el apartado 2.3 del formulario de solicitud, deberán exponerse los méritos científicos que avalan su participación en el proyecto.
- ◆ Si solicita ayuda para personal contratado justifique claramente su necesidad y las tareas que vaya a desarrollar.

La adecuación de la metodología, diseño de la investigación y plan de trabajo en relación con los objetivos del proyecto se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (ver apartado Noveno de la convocatoria).

This methodology is structured in the four subprojects that conform this proposal: **CLICAL**, **LIMNOCAL**, **CAVECAL** and **MARCAL**.

CLICAL Subproject 1

High quality and long-term homogeneous instrumental climate records play a pivotal role in ensuring accuracy of many climatic studies, particularly those dealing with climate variability, climate prediction and climate change. Therefore, to count with **high-quality and homogenous climate data** is a key and previous issue before undertaking whichever climatic analysis. This requirement is still more demandable when trying to **calibrate proxy climate data**, such like this proposal aims. However, the longest climate records are mostly not available in a digital format, and then they have first to be located, recovered and digitised to have them in a useful format. In the process of digitising original records, many errors can be incorporated, making the quality control procedures of raw data a worthwhile exercise. Even when the raw data is obtained from a National Meteorological Service (NMS) in a digital form a further scrutiny of these raw data is still required, as many errors can still remain in the provided time series. Moreover, due to the temporal changes in observational practices, in instrumental exposures and instrumentation, in stations' location or in abrupt or gradual changes in the surroundings of the stations (urbanization, irrigated fields, etc), the longest records use not to be homogeneous, which require a homogeneity approach before employing them in whatever analyses (e.g. Aguilar *et al.*, 2003). Then, **several steps** have to be undertaken for reconstructing long historical climate records before being able to use them for calibrating proxy climate time series:

1. **Locate, recover and digitise** instrumental data or data archaeology activities
2. Apply **quality control** (QC) procedures to the raw data
3. **Homogenise** the quality controlled records
4. Develop **regional time series** for calibrating proxy records

The methodological approach for reconstructing historical climate series are then a mix of documental and statistical procedures undertaken in order to ensure the quality and homogeneity of the climate data.

The **methods and work plan** here proposed will be conducted by the following analysis and activities:

1. In the field of **data recovery**:

- Recover new monthly temperature and precipitation records from stations located near to the location of the drilled lacks
 - Obtain from INM monthly precipitation data for a similar network that those represented by the SATSv.2 temperature network (See section 6 on CCRG's history)
2. In the field of the **data quality control** (QC) procedures, they will be carried out the following tests as recommended in the WMO Guidance (Aguilar *et al.* 2003):
- Gross error checks (i.e. aberrant values, T_{\max} and T_{\min} values $> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $< -50\text{ }^{\circ}\text{C}$, negative precipitation, consistency of calendar dates: number of days per year and number of days per month, etc.)
 - Tolerance tests (four or more consecutive identical values, values exceeding ± 4 standard deviation)
 - Internal consistency ($T_{\max} < T_{\min}$ for temperature)
 - Temporal coherency (values exceeding a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ difference between consecutive observations for temperature)
 - Spatial coherency (values exceeding $\pm 4\sigma$ threshold for the difference between the candidate record and its group of reference stations, visual comparisons among neighbouring stations, etc.)
3. **Homogeneity** testing procedures:
- Minimisation of the “screen bias” in the longest thermometric records following Brunet *et al.* (2006) procedures
 - Merge SATSv.2 and SDATS (See section 6 on CCRG's history) for getting a better temperature network and spatial coverage on monthly basis
 - Past the Standard Normal Homogeneity Test (SNHT; Alexandersson and Moberg, 1997) on the monthly temperature and precipitation data for detecting breakpoints in the time series
 - Application of the correction factors estimated by the SNHT to the monthly temperature and precipitation data for creating homogeneous time series
4. **Development of regional and sub-regional climate time series**
- Application of a Rotated Principal Component Analysis (RPCA) to the individual homogenised records for estimating spatial patterns of variability
 - Employment of the Jones and Hulme (1996) method of separating temperature and precipitation into its two components (the climatology and the anomaly) to the monthly temperature and precipitation records for developing regional series
 - Develop sub-regional temperature and precipitation series for each spatial pattern emerged from the RPCA
5. **Calibration of proxy climate data** against the records, sub-regional and regional homogenised instrumental time series
- Discussion and test of different approaches for calibrating proxy records against the current instrumental record (i.e. Multiple correlations, multiple regression, Principal Component Analysis, Canonical Correlation Analyse -CCA, etc.)
 - Selection and application of the best approach to calibrate proxy records
6. **Analysis of low- and high-frequency climate variability** over IP
- Carry out studies on spatial patterns of climatic variability and change using robust estimation of trends, RPCAs and CCAs

- Perform temporal analysis of climate variability over IP employing Spectral Analysis and Wavelets

To carry out the work plan detailed above, the **main tasks and activities** together with **milestones** and the **responsible** for each activity are listed here (see also the chronogram and the first sentence of section 6 of this form for researchers' name acronyms):

1. Activities in data rescue:
 - 1.1. Obtain from INM and reformat monthly precipitation data for a similar network of that in SATSv.2. *Responsible:* URV: (EA, IG). *Milestone:* Delivery of reformatted original monthly precipitation dataset composed by 60 records
 - 1.2. Obtain from INM and reformat new monthly temperature and precipitation data for a network of eight stations located in the proximities of the drilled lacks. *Responsible:* URV: (OS, IG). *Milestone:* Delivery of reformatted original monthly temperature and precipitation dataset composed by 8 stations
2. QC's activities
 - 2.1. Perform QC tests to the new monthly precipitation data. *Responsible:* URV: (EA, JS). *Milestone:* Delivery of quality controlled monthly precipitation dataset composed by 60 records
 - 2.2. Carry out the defined QC tests to the new monthly temperature and precipitation network located in the proximities of the drilled lacks. *Responsible:* URV: (EA, IG). *Milestone:* Delivery of quality controlled monthly temperature and precipitation dataset composed by 8 stations
3. Homogeneity testing tasks:
 - 3.1. Merge the SDATS and SATSv.2 for enhancing the temperature network, together to the new records of stations in the proximities of the drilled lacks and minimisation of "screen bias". *Responsible:* URV: (OS). *Milestone:* Delivery of merged monthly temperature dataset composed by about 80 records
 - 3.2. Test homogeneity of the merged temperature datasets. *Responsible:* URV: (OS, JS).
 - 3.3. Test homogeneity of the new monthly precipitation dataset and the new precipitation records of stations in the proximities of the drilled lacks. *Responsible:* URV: (OS, EA)
 - 3.4. Application of the correction pattern to adjust the whole data. *Responsible:* URV: (JS, MB). *Milestone:* Delivery of monthly homogenised temperature and precipitation datasets
4. Activities for developing regional and sub-regional time series:
 - 4.1. Application to the data of a RPCA. *Responsible:* URV: (JS, EA). *Milestone:* Delivery of spatial patterns of climate variability over IP
 - 4.2. Creation of regional and sub-regional series. *Responsible:* (MB, JS). *Milestone:* Delivery of regional and sub-regional temperature and precipitation curves over IP
5. Activities for calibrating proxy records:
 - 5.1. Assessment, comparison and definition of the best calibration method. *Responsible:* URV: (MB, JS)
 - 5.2. Application of the calibration method selected to the data. *Responsible:* URV: (MB, EA). *Milestone:* Delivery of calibrated against the instrumental record of proxy time series developed in the others sub-projects
6. Activities related to the analysis of climate variability and change over the Iberian Peninsula
 - 6.1. Analysis of low and high-frequency climate variability: Spatial and temporal patterns of Iberian climate variability. *Responsible:* URV: (MB, EA, JS, OS). *Milestone:* Production of two peer-reviewed papers on long-term temperature and precipitation variability and change

- 6.2. Analysis of causal mechanisms of climate variability over IP. *Responsible*: URV: (MB, EA, JS, OS). *Milestone*: Production of two peer-reviewed papers on the forcing factors of temperature and precipitation variability over IP

References Subproject 1.

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C. and Weringa, J. (2003) Guidelines on Climate Metadata and Homogenization, World Climate Programme Data and Monitoring, WMO-TD no. 1186, World Meteorological Organization, Geneva, 51 pp.
- Alexandersson H, Moberg A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17: 25-34.
- Brunet, M., Saladié, O., Jones, P. D., Sigró, J., Moberg, A., Aguilar, E., Walter, A., Lister, D. And López, D. (2006). The development of a new daily adjusted temperature dataset for Spain (1850-2003), *International Journal of Climatology* (under revision).
- Jones PD and Hulme M. (1996). Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations. *International Journal of Climatology*, **16**: 361-377.

LIMNOCAL Subproject 2

Our scientific strategy to provide reliable reconstructions of past climate variability from lake sediments is based on the following **five main points**:

- A. **TARGETED SITES**. Availability of a suite of the **best lake records in Spain**, in terms of continuity, chronological framework, geographic location and preliminary results.
- B. **CALIBRATION**. **Calibration of climate proxies** from well-dated short cores with long-term series of limnological and meteorological data.
- C. **MULTIDISCIPLINARY ANALYSES OF CORES**. **Multiproxy analyses of sediment cores** including novel and promising techniques
- D. **CHRONOLOGY**. High resolution of past climatic crisis attained through **absolute dating methods**.
- E. **CLIMATE PROXIES INTEGRATION**. Use of **modern calibration studies** to constrain and improve climate reconstructions of past global changes based on multiproxy analyses.

A. TARGETED SITES

1. Available records

Lakes are dynamic depositional systems that collect complex signatures of the landscape, the aquatic system and the biotic and abiotic processes. Since most of that information is archived in the sediments deposited in the lake, a multidisciplinary approach may (1) resolve the different parameters that controlled or influenced the sedimentary infill and (2) provide information to decode temperature, precipitation, wind strength, changes in the vegetation cover, seasonality and climate variability. Careful calibration of climate proxies to express the paleolimnological variations in terms of climatic parameters conforms the first aim of this proposal to, once achieved the first goal, reconstruct the Iberian climate during the last millennia with particular emphasis on periods of rapid climate change.

To accomplish those objectives, six **exceptional lake records** were selected covering three highly different geographic and climatic zones in the Iberian Peninsula: **the Galaico-Cantabrian Mountains** (Sanabria and Enol lakes), **the Pre-Pyrenean range** (Caicedo de Yuso and Montcortès) and **the Iberian range** (El Tobar and Villarquemado paleolake) (Fig. 1). Additionally to these three regions, we are going to provide new data and incorporate the obtained proxy calibration during this project to previous paleoclimate studies from: **Laguna Zoñar** (Córdoba, Andalucía) (Valero-Garcés *et al.*, 2003; in press), **Laguna de Taravilla** (Iberian range) (Valero-Garcés *et al.*, submitted), **El Portalet** peatbog (Pyrenean range) (González-Sampéris *et al.*, in press) and **Laguna de Estaña** (Pre-Pyrenean range). These lake systems were studied in the framework of previous projects (mainly in **LIMNOCLIBER, REN2003-09130-C02-02**) but the availability of new longer cores and the PhD theses in progress (Laguna de Estaña: M. Morellón; Laguna Zoñar: C. Martín) give the opportunity to extend the study of those sequences and integrate them in this current proposal.

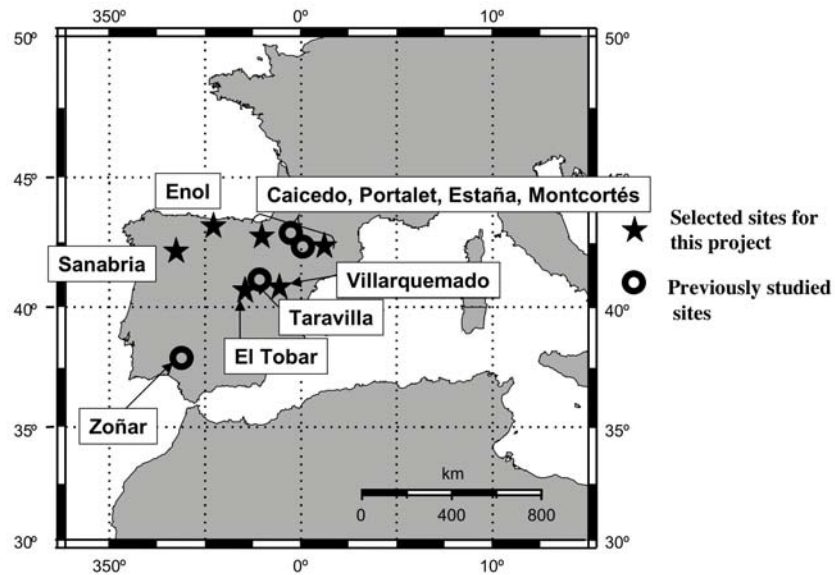


Fig. 1. Location of selected lacustrine sites to carry out this proposal in the Iberian Peninsula

Short sediment cores covering approx. the last 100 years and the water-sediment interphase and long sediment cores (up to 72 m) are already available to calibrate the climatic proxies (sedimentological, geochemical and biological) and reconstruct past climate variability in continental Iberia during the last millennia (Table 1).

Table 1. Long and short cores already available from the study sites.

Area	Lake name	Available cores		Length of selected core (cm)	Preliminary basal ^{14}C age (yr)
		Short	Long		
Galaico-Cantabrian	Sanabria	3	5	900	25,000
	Enol	5	6	585	32,000
Pre-Pyrenean	Montcortés	4	7	530	6,000
	Caicedo de Yuso-Arreo	3	3	640	(?)
Iberian range	El Tobar	2	6	780	(?)
	Villarquemado	1	1	7200	(?)

2. Background of paleoclimate reconstructions in the selected studied areas

The Galaico-Cantabrian mountains. The north of the Iberian Peninsula is a key geographical location, where climate is likely to be very sensitive to changes in North Atlantic surface conditions. Although recent works have utilised long sequences and contain a number of absolute dates (Allen *et al.*, 1996; Jiménez Sánchez *et al.*, 2002), there is still insufficient information to provide a full account of the climate history. Muñoz Sobrino *et al.* (2004) obtained two new pollen sequences and a new palaeoenvironmental reconstruction of the region. The pollen data reach back to before 18,000 BP, a period of very harsh climate with seasonal sedimentation and a landscape characterised by herbaceous and scrub formations. Luque (2003) shows the presence of the 1500-yr Bond cycles during the last 6000 yr inferred from the sediment sequence. Lake sediment response to land-use and climate change during the last 1000 yr is described in Luque and Julià (2002). The available long cores from **Lago de Enol** and **Sanabria** provide an outstanding opportunity to check previous hypothesis (Bond cycles, NAO impact on precipitation) and unravel the sequence of climatic events for the last millennia.

The Pre-Pyrenean range. The only available data come from the interpretation of a 160 cm long core retrieved in Laguna Estaña (Huesca). Riera *et al.* (2004) identified water level oscillations during the last 2,000 years in a record based on a pollen model and complemented by other biological, sedimentological and geochemical proxies. The obtained results show 7 different episodes in the development of the lake indicating hydrological fluctuations ranging from -2m to +4m in relation to present-day water level.

The Iberian range. Pollen records show vegetation history for Lateglacial and Holocene (Stevenson, 2000) but do not provide any information about glacial periods. Stratified scree deposits are located in the region, indicating cold conditions and periglacial activity during last glacial period (Peña and Lozano, 1998). Other studies in tuffa deposits in the Guadalaviar river (Sancho *et al.*, 1998) or in Laguna de Taravilla (Valero Garcés *et al.*, submitted) show the establishment of temperate conditions during the Holocene. The main pitfall of these few paleoclimate studies in the Iberian range is the lack of a good chronology, making then difficult correlation with global climatic periods. Exceptional available cores from El Tobar lake (Fig. 2) will provide new data to that line of research.

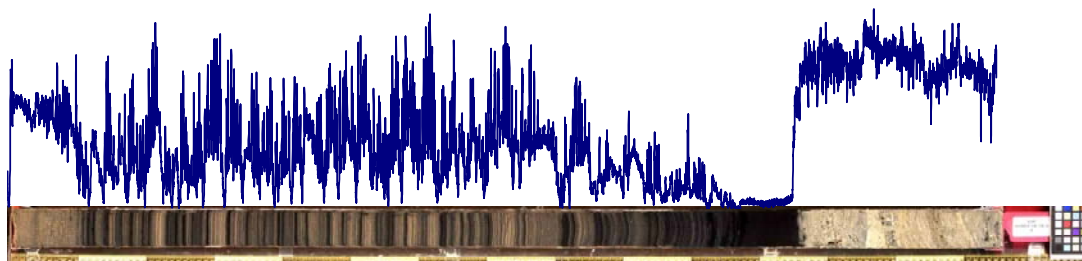


Figure 2. Imaging analyses (colour picture and lightness) from bottom section in El Tobar core.

3. Hydrological and limnological characteristics of the selected lakes

Table 2 provides some limnological data of the lakes selected for this study.

Table 2. Limnological and hydrological data

Area	Lake	Coordinates	Height	Limnology and hydrology
Galaico-Cantabrian mountains	Sanabria	42°07'N 06°42'W	1000 m. asl	Oligotrophic lake in an exorheic basin. Composition of the catchment area determines the absence of inorganic carbon in lake waters. De Hoyos (1996) and Vega <i>et al.</i> (1992) carried out a complete limnological study of the Lago de Sanabria.
	Enol	43°11'N 4°09'W	1070	The limnology of this glacial and karstic lake has been scarcely studied. The karstic processes that occur in the Carboniferous carbonatic rocks control the hydrological characteristics of the basin.
Pre-Pyrenean range	Montcortés	42°20'N; 1°00'E	1605	Water temperature ranges from 12.5 to 4.7°C; pH from 8.1 to 7.1; conductivity is very stable, increasing from the surface 0.503 to the bottom 0.521 mScm ⁻¹ .
	Caicedo de Yuso-Arreo	42°46'N; 2°59'W	655	Holomictic, with thermal stratification during most of the year. Oligosaline (0.95 g l ⁻¹) and with an intense production of biogenic carbonate (charophyte incrustations). Subsaline waters Ca-(Mg)-(Na)-SO ₄ -HCO ₃ -(Cl) and influence of subterranean saline waters.
Iberian range	El Tobar	40°32'N; 3°56'W	1200	Karstic lake formed by two basins (67 ha). The largest subbasin is holomictic, max. depth of 12.8 m. Fed by several springs The smallest subbasin is meromictic, max. depth of 19.5 m. It contains permanently anoxic saline waters (conductivity of 150-200 mS/cm and temperature of 13.5°C).
	Villarquemado	40°30'N; 1°18'W	990	One of the largest wetlands in Spain. Max. water level of 2.5 m. Drained in S. XVIII (Rubio Dobón, 2004)

B. CALIBRATION

Calibration of paleoclimate proxies is necessary to properly use them in the quantitative reconstruction of past climate and limnological parameters, such as temperature, precipitation, bathymetry or productivity (Birks, 1995). Calibration of biological proxies is quite common (pollen: Davis *et al.*, 2003; diatoms: Rosén *et al.*, 2000, Fritz *et al.*, 1991; quironomids: Lotter *et al.*, 1997), but few references are found in the literature for sedimentological or geochemical proxies (Giralt *et al.*, 2003; Rodó *et al.*, 2002). This proposal aims to calibrate a set of proxies considered for paleoclimate reconstruction in the selected Iberian lakes. We propose the following calibration procedure:

1. Available limnological datasets and transfer functions for the Iberian Peninsula

Calibration of our paleoindicators requires the knowledge of present-day lacustrine ecosystem responses to modern climate. Therefore, the best way to calibrate the proxy records is by using available limnological data in comparison with the instrumental series of temperature and precipitation, among other climate parameters routinely measured in the Spanish meteorological stations. Unfortunately, those limnological data are extremely scarce. They are only produced for very few lakes in the Iberian Peninsula (**Lago de Sanabria**, Llac Redó, Laguna de Zoñar) with enough accuracy and during a relatively long time interval to be adequate for calibration procedures.

Apart from the limnological properties (mainly physical parameters) other **datasets** may be available and allow transferring paleodata to environmental properties, such as temperature or precipitation. Accordingly, several possible dataset must be considered:

- a) *Diatoms*: there is an available diatom database to infer conductivity made by Jane Reed with samples from several Iberian lakes (Reed, 1998). However, transfer functions are generally very local and cannot be extrapolated to lakes with different limnological or environmental characteristics. Additionally, there is a “European Diatom Database-EDDI” where transfer functions for all over the world are compiled (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/index.jsp>).
- b) *Chironomids* There is only a first preliminary attempt to produce a transfer function for chironomids in the Iberian Peninsula (Catalán *et al.*, 2002) based on data obtained by M. Rieradevall from several Pyrenean lakes (Rieradevall *et al.*, 1995, 2000). The other common transfer functions are for alpine lakes from higher altitudes that may not be valid for paleoclimate reconstructions from karstic Spanish lakes.
- c) *Ostracods* Several transfer functions are available, as the applied by Mezquita *et al.*, (2005) to sediments from two Iberian lakes, Banyoles and Laguna de Medina, concluding that ostracod-based reconstructions are powerful tools for ecology and palaeoecology research. However, more work is needed.
- d) *Pollen data*: there have been several attempts of creating European pollen databases, some of them including few pollen data from the Iberian Peninsula (Cheddadi *et al.*, 1997; Guiot *et al.*, 1993). However, due to the great biodiversity of the Iberian Peninsula and the high geographical and climatic contrasts, the use of European databases can be risky to infer paleotemperatures and paleoprecipitation from our records.

Research Center: B. Valero-Garcés will be the coordinator for this activity but the whole group will participate both collecting the available datasets and incorporating their new findings.

Milestone: Compilation of available limnological datasets in the Iberian Peninsula. Study and evaluation of the available databases and transfer functions for diatoms, pollen, ostracods and chironomids. Detection of data lags (in terms of time, space and location) to be filled by these studies.

2. New data required: working plan to monitor the selected lakes

Once detected the gaps in the available limnological datasets, we will start with our own procedures to obtain the new data required. The working plan to monitor the selected lakes will be carried out seasonally along the first year of this project and it will include:

- a) Seasonal measurement of **limnological properties** in situ (e.g. pH, redox, water depth,) in the selected lakes.

- b) Seasonal **water sampling** for chemical (major elements, salinity, nutrients), isotopical ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in Dissolved Inorganic Carbon-DIC) and biological analyses (biological oxygen demand, pigments) in the selected lakes.
- c) Analyses of **present day diatoms, chironomids and ostracods assemblages** in the selected lakes. The training set will include new samples to complete the datasets and finally elaborate *transfer functions* for every indicator.
- d) Elaboration of a **present-day pollen database** to calibrate the fossil information in terms of climatic parameters. For doing so, we will consider (1) the existent current pollen rain series and temperature and precipitation data and (2) the location of pollen traps to collect pollen rain samples in the lakes during two consecutive years.

Research Center: B. Valero-Garcés will be the coordinator for this activity but the whole group will participate collecting the samples and performing their respective analyses. Particularly, J.C. Vega, A. J. González-Barrios and M. A. García Vera will participate sampling water and developing hydrological models.

Milestone: The main expected result is the construction of a calibration model making possible the reconstruction of past climatic parameters (e.g. temperature, precipitation, etc) from paleodata studied in the available long records.

3. Available short cores. Chronology and multi-proxy analyses

Short cores are already available at the IPE-CSIC institute (Table 1). Our goal is to obtain another calibration by comparing the paleoindicators analyzed in every short core with climatic parameters recorded by long instrumental series (activity coordinated with Subproject 1).

The selected short cores will be accurately dated by means of **radiometric techniques**: ^{210}Pb and ^{137}Cs (Schottler and Engstrom, in press) at Dan Engstrom laboratory (Science Museum, University of Minnesota). Since they will likely cover the last century, the obtained results after the multiproxy analyses could be compared with instrumental data providing a good calibration procedure. In Fig. 3 we present a recent study from Lago Zoñar where paleoclimate proxies are compared with rainfall index (Valero-Garcés *et al.*, in press).

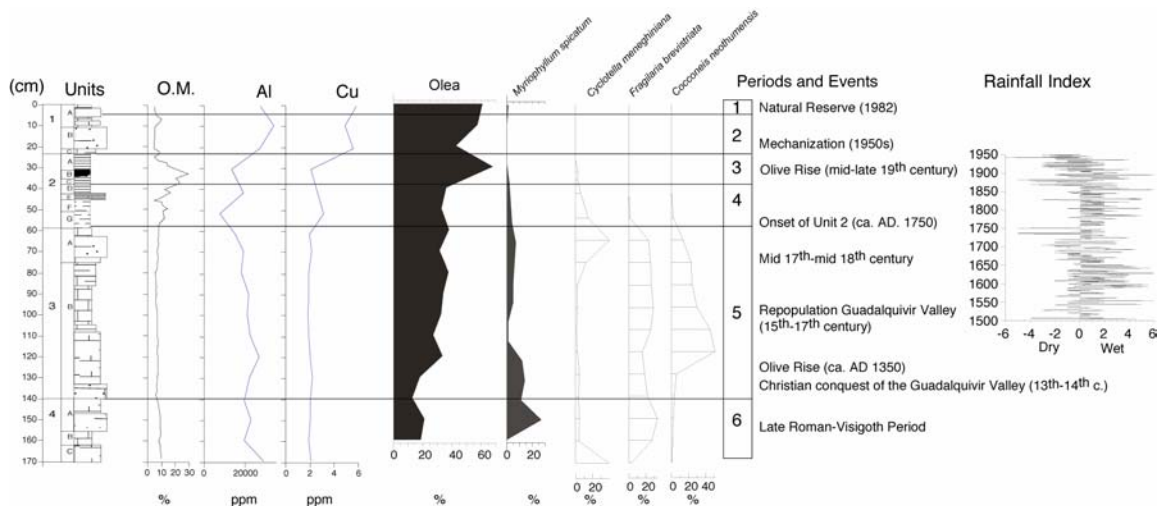


Fig. 3. Summary of the environmental and climate changes reconstructed from Lago Zoñar

In Table 3, we indicate the list of the indicators that will be measured in the short cores (note that these indicators are the same that we will use later for paleoclimate reconstruction, chapter C).

Table 3. Proxies to be analysed in the selected short cores (see Table 1)

Proxy	Sampling interval	Responsible	Milestone
Sedimentology	5 cm	B. Valero-Garcés	Compare proxy data analyzed in short cores from the selected lakes (covering last century aprox.) with long instrumental series to produce a proxy calibration to be used for paleoclimate reconstructions.
Continuous properties	1 cm	A. Moreno	
Geochemistry	5 cm	P. Mata	
Pollen	10 cm	P. González-Sampériz	
Diatoms	10 cm	T. Vegas	
Chironomids	10 cm	M. Rieradevall	
Ostracods	10 cm	M. Morellón and M. Rico	

C. MULTIDISCIPLINARY ANALYSES OF CORES

The multidisciplinary analyses of long cores to fulfil the proposed objectives for this project are summarized here in the following activities (see also Table 4 with the list of responsables and milestones):

Responsible research centres: IPE: Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, UCA: Universidad de Cádiz, UCO: Universidad de Córdoba, UACO: Universidad de A Coruña, UB: Universitat de Barcelona, LRC-UMN: Limnological Research Center, Universidad de Minnesota.

Associated collaborators: IJA-CSIC: Instituto Jaume Almera-CSIC; UM: Universidad de Murcia; PU: Postdam University, EEZ-CSIC: Estación Experimental el Zaidín-CSIC; UPV: Universidad del País Vasco; UAB: Universitat Autònoma de Barcelona; UZ: Universidad de Zaragoza.

Activity 1. Sedimentology

All the selected lakes for this project (Figure 1) will be considered for this activity. Sedimentary facies of the longer cores (Table 1) will be carefully described. A detailed sedimentological analysis is the best way to resolve the ambiguities of other proxies since sedimentary facies can be interpreted as paleoenvironmental and paleobathymetry indicators when they are related to littoral or offshore depositional subenvironments (Valero-Garcés *et al.*, 2000). An initial core description was already done for all the cores when they were opened in the Limnological Research Center (LRC, University of Minnesota) in the framework of previous project **LIMNOCLIBER** (REN2003-09130-C02-02) and the *Special Action* IBERLIMNO following Schnurremberger *et al.* (2003). However, a complete facies description requires other parameters:

- analyses of **smear slides** to describe the main components of the sediments by microscopic observation,
- description of **sedimentary micro-facies** by the study of thin sections prepared after freeze drying and resine impregnation. Thin sections will allow determining the possible annual character of the lamination. If so, counting the lamina will permit to build a preliminary floating chronology and to measure the thickness as a proxy for paleoproductivity variations (Brauer 2004).
- **grain-size analyses** (*Coulter Laser Sizer, LS-240*) of the fine fraction that can be interpreted as indicators of siliciclastic input or as a proxy for extreme precipitations events, depending on the geographical location of the studied lake.
- **mineralogical analyses** of the sediments (X-Ray diffraction, XRD) complemented by **Scanner Electronic Microscopy** (SEM) will allow to identify and characterize the evolution of wet and dry periods, in terms of the abundance of carbonates, sulfates or salts (Giralt *et al.*, 1999; Giralt and Julià, 2003; González-Sampériz *et al.*, submitted).

All these analyses will help to identify and characterize the sedimentary processes that controlled the input, transport and deposition of sedimentary particles, essential to understand the infill of the lacustrine system.

Activity 2. Continuous properties (colour, physical properties and XRF core scanner)

To infer paleoclimate and paleoenvironmental information from physical and chemical characteristics of lake sediments it is nowadays necessary to obtain the most continuous and accurate measurements possible. This activity includes the three most important techniques of continuous properties measurements to be carried out along all selected cores.

- **Colour** of the sediments will be analyzed by a DMT CoreScan digital colour line scan camera system

available at the Limnological Research Centre (LRC, University of Minnesota). Afterwards, the obtained images will be calibrated and the colour parameters curves calculated (Fig. 2). Digital image analyses will allow extracting qualitative paleoenvironmental information. Additionally, the spectral analyses of the obtained parameters is going to determine the main periodicities of the possible climate processes triggering the different events.

- **Physical properties** will be measured by the GEOTEK multisensor track (MST) at the LRC, where the whole-core sections are loaded for the automatic measurement of gamma-ray density, compressional P-wave velocity, magnetic susceptibility, and natural gamma radiation every 3 mm. To better interpret these physical properties measured along the cores, some discrete samples will be analyzed for different magnetic properties by J.C. Larrasoña (associated collaborator from the University of Zaragoza (UZ)).
- **XRF Core Scanner** analyses will be carried out by the XRF core scanner from the Duluth Large Lakes Observatory (USA) as a collaboration with Emi Ito (LRC, UMN). The resulting data are element intensities in counts per second (cps) and provide useful information about the geochemical composition of the sediments (Moreno *et al.*, in press): presence of clastic layers (usually indicated by Fe, K, Ti), carbonate laminations (Ca, Sr) or redox front variations (Mn). At least 25 samples will be analyzed by ICP-OES to calibrate the XRF Scanner.

Activity 3. Elemental and isotopical geochemistry composition of the sediments.

Elemental analyses of lake sediments are considered a necessary tool to describe the composition of the sediments. **Total inorganic carbon, total sulphur, total nitrogen and organic carbon contents** are used to reconstruct lake productivity, carbonate content and changes in water composition (Fig. 4, Valero-Garcés *et al.*, submitted). **Stable isotopes** are one of the most important tools to reconstruct past climate variability from lake sediments. $\delta^{13}\text{C}$ coupled with C/N ratios in organic matter gives information about type and density of vegetation covering (C3, C4 and CAM plants, depending on their photosynthetic cycle) as well as CO_2 concentration in the atmosphere (Delgado-Huertas, 2004). $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ allow the estimation of former water concentrations, water temperature and precipitation patterns.

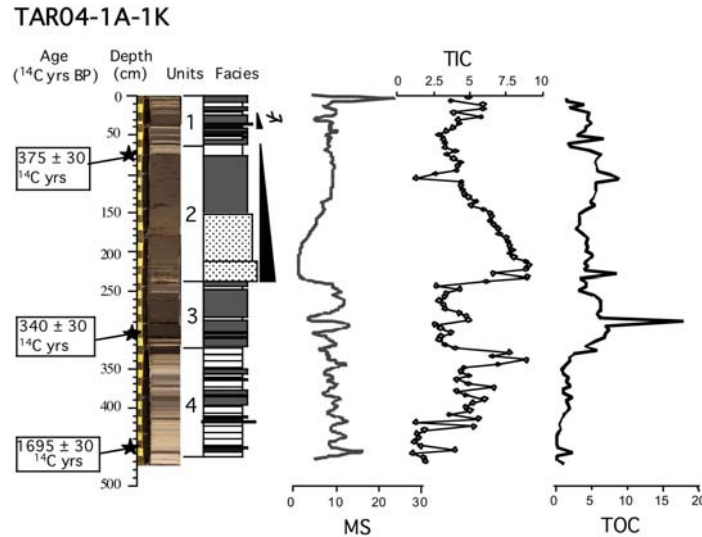


Fig. 4. Taravilla sedimentary record: magnetic susceptibility, TIC and TOC.

Activity 4. Pollen.

Pollen analyses in lake sediments permit to discern the hydrological conditions and evolution of the basin due to the presence and composition of aquatic, hygrophytic and hydrophytic taxa (Fig. 5, González-Sampériz *et al.*, in press). The combination of terrestrial and aquatic material in comprehensive palynological analyses allows an overall palaeoenvironmental reconstruction. In addition, high-resolution pollen analyses of long records are still indispensable to describe, understand, and evaluate properly the vegetation behaviour under climatic or environmental abrupt changes.

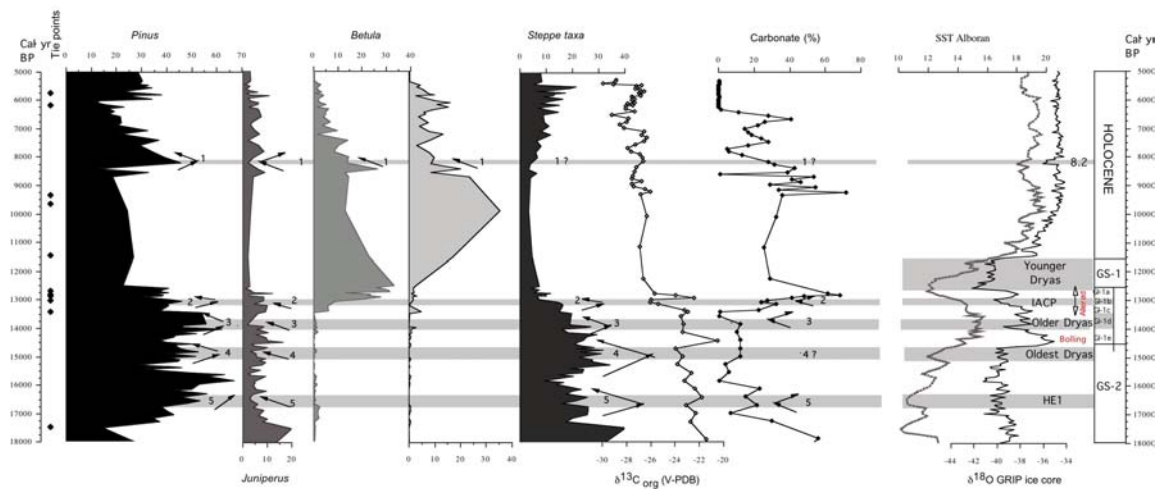


Fig. 5. Data from the El Portalet sequence compared with the GRIP ice core and the Alboran SST (Cacho *et al.*, 2001)

For this project, **pollen** activity is focused in obtaining continuous data series to identify and to understand climatic characteristic of abrupt changes during the last millennia and its consequences in the vegetation.

Activity 5. Diatoms and biogenic silica.

Diatoms (Bacillariophyceae) are one of the most powerful tools for paleoenvironmental research in lacustrine systems (Battarbee, 2000; Battarbee *et al.*, 2001). Their indicator value relies upon: a) high diversity and adaptative ability to changing conditions, and b) their principal role as primary producers. Diatom assemblages response to environmental gradients can be modeled constructing transfer functions (Birks, 2003) thus allowing quantitative estimates of air T^a , pH and TOC concentration, salinity, nutrients and water depth (Birks *et al.*, 1990, Rósen *et al.* 2000; Wilson *et al.*, 1996; Bergner and Trauth, 2004). The **biogenic silica** content in sediments is an indicator of siliceous paleoproductivity (Colman *et al.*, 1995). The analyses will be coordinated with the MARCAL subproject. See Fig. 6 as a multi-proxy analyses example including opal.

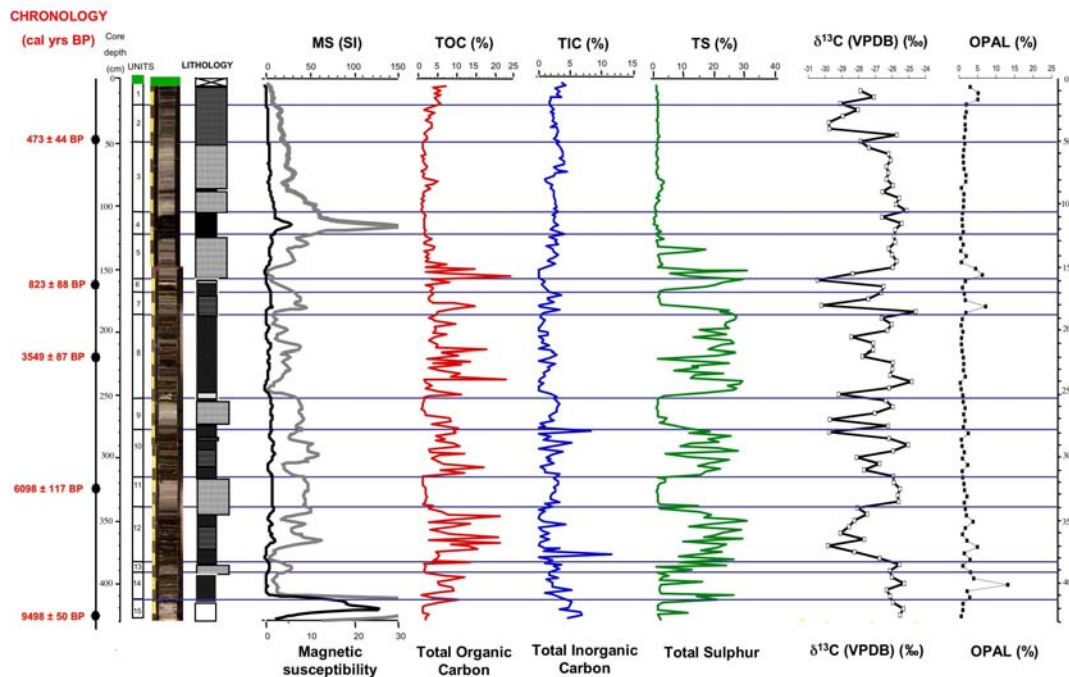


Fig. 6. Preliminary multi-proxy analyses of Estaña sedimentary core

Activity 6. Chironomids.

Among the insect remains, the chironomids are very good indicators of water quality and have been used as paleoindicators in previous studies (Walker, 2001 for a general review). This group of insects is particularly important as paleoclimate proxies due to their extraordinary richness in the number of species, their good adaptation to many environments and their high sensitivity to small alterations in environmental and climatic variables. One of the main interests is the paleotemperature reconstruction from the chironomid associations (Catalán *et al.*, 2002; Velle *et al.* 2005). Additionally, other variables such as paleobathymetry (Verschuren *et al.*, 2000), paleosalinity (Heinrichs, 2001), hypolimnetic oxygen conditions and productivity can be also inferred.

Activity 7. Ostracods.

Ostracods are excellent paleoecological indicators very sensitive to the variations in the physical and chemical parameters. They have a calcareous shell with two small valves (usually 0,5-2 mm) likely to fossilize. The study of fossil associations allows reconstruction and characterizing continental paleoenvironments and interpreting the variations in terms of climate change. Ostracods are very common in the studied sediments (e.g. Caicedo: Martín-Rubio *et al.*, 2005). The calcareous shells are formed by only one mineral (low magnesian calcite), and thus favoured the study of biogenic carbonates of ostracod shells over authigenic material. Today the determination of minor and trace elements concentrations in ostracod valves, together with the isotopic studies in them are essential methodologies in paleoambiental and paleoecologic studies (Ito, 2001). Besides the specialist in isotopic studies on the ostracod shells, E. Ito (LRC, University of Minnesota), other researchers will collaborate on the ostracod analyses and clasiffication: M. Martín-Rubio and J. Rodríguez (UPV, Universidad del País Vasco).

Activity 8. Statistical analyses: multivariate methods and time series.

One way to identify and isolate the different signals present in the lacustrine sediments is using a statistical approach. Ordination analyses, such as Correspondence Analyses, have demonstrated to be very powerful highlighting the underlying processes that trigger the recent marine facies distribution (Hennebert and Lees, 1991) or the mineralogical composition of the hypersaline lacustrine sediments (Rodó *et al.*, 2002; Giralt and Julià, 2003). Additionally, statistical methods will be applied to link the present-day available limnological data with the paleoenvironmental one in order to establish transfer functions, and therefore, to convert qualitative reconstructions of the studied parameters in quantitative ones. Furthermore, the characterization of the type of response of lacustrine systems and their timing respect to the environmental scenarios will be achieved by frequency analyses.

Table 4. List of responsables and milestones for the described activities.

Activity	Responsible (1, 2, 3)	Milestone
1. Sedimentology	B. Valero-Garcés (IPE-CSIC) will be the responsible with the help of the other IPE members (A. Moreno, M. Morellón) and M. Rico (CCMA). P. Mata and C. Martín for the mineralogical and SEM analyses. S. Giralt (IJA-CSIC) and A. Brauer (PU, Germany) will collaborate in the preparation of thin slides and C. Martín will be in charge of the micro-facies interpretation.	Detailed profiles of the sedimentary subenvironments evolution. Qualitative reconstruction of lake level variation and limnological properties (salinity, clastic input, primary productivity, precipitation of endogenic minerals).
2. Continuous properties	A. Moreno (IPE-CSIC) and M. Rico (CCMA) will be the responsible for this activity under the supervision of D. Schnurremberger (DOSSEC), Anders Noren and Mark Shapley (LRC-UMN). P. Mata (UCA) will be the responsible for the ICP-OES analyses. Interpretation of the whole set of continuously measured properties, will be assisted by J.C. Larrasoña (UZ-CSIC) and S. Giralt (IJA-CSIC).	Exceptional high-resolution profiles of colour, physical properties and main elements of studied cores. Characterization of type and origin of magnetic minerals supplied to the lake basins.
3. Elemental and isotopical geochemistry	M. Morellón (IPE-CSIC) will be in charge of the LECO and VARIO MAX CN analyses. Stable isotopes will be measured by a Finnigan MAT 251 mass spectrometer through collaboration with A. Delgado-Huertas (EEZ-CSIC)	Acquisition of elemental profiles of the chemical evolution in all the studied cores. Reconstruction of past temperatures and water concentration from isotopic values. Evolution of vegetation and productivity in the lake systems.
4. Pollen	P. González-Sampériz (IPE-CSIC) and L. Santos (UACO) would be the responsables for the palynological studies, in collaboration with J. Carrión and S. Fernández from UM and V. Rull from UAB. The chemical analyses of pollen samples would be done in the Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social-Universitat Rovira i Virgili.	Identification and evolution of abrupt climate and vegetation changes in long lake records of Iberia.
5. Diatoms and biogenic opal	T. Vegas (UB) will head this activity. R. Bao (UACO) will supervise a thesis on the study of the diatom assemblages from several selected cores. M. Morellón (IPE) and A. Moreno (IPE), with the help and supervision of O. Romero (participant in the MARCAL subproject), will be responsible for the biogenic silica analyses.	To infer changes in the main paleohydrological variables (mainly salinity, pH and nutrient condition), lake level, and siliceous paleoproductivity throughout the studied periods.
6. Chironomids	M. Rieradevall (UB) will be in charge of this activity.	Reconstruction of the chironomid association evolution in the studied lakes. Quantification of paleotemperatures, paleosalinities, paleobathymetry and paleoproductivity.
7. Ostracods	M. Morellón (IPE-CSIC) will coordinate the sampling and ostracod separation procedures to send the shells to the specialists (M. Martín, J. Rodríguez, E. Ito).	Evaluation of current ostracods diversity and reconstruction of the association evolution in the studied lakes. Reconstruction of limnological properties (salinity, temperature, eutrophy, groundwater input)
8. Statistical analyses	This activity will be focused in the IPE-CSIC (B. Valero-Garcés, M. Morellón, P. González-Sampériz and A. Moreno). S. Giralt (IJA-CSIC) will act as an external supervisor of these statistical and spectral analyses.	Identification and isolation of mixing signals in the lake sediments. Reconstruction of variation of main processes influencing lake sedimentation and their main periodicities.

(1) The PhD1 requested for this project will be focused on palynological analyses (activity 4) centred on the IPE, being also integrated in activities 1, 2, 3 and 8.

(2) The PhD2 requested for this project will be focused on chironomid analices (activity 6) centred on the UB.

(2) The technician requested for this project will be centred on the IPE, and he/she will be in charge of preparation biological samples (ostracods, chironomids and diatoms) trained by the responsible of each activity (activities 5, 6 and 7).

D. CHRONOLOGY

Constructing accurate and well-constrained chronologies for the obtained data series is fundamental and essential to accomplish the objectives of this proposal. Therefore, our efforts will be directed to acquire the best age models possible to allow a high-resolution study and precise timing of the climate changes. Four techniques will be employed (Table 5):

Table 5. Dating techniques

Technique	Responsible	Milestone	Comments
^{210}Pb and ^{137}Cs	D. Engstrom (Science Museum-UMN)	Chronology of short cores	
^{14}C AMS	B. Valero-Garcés	Chronology of long cores	Organic samples to be dated will be sent to Poznan Radiocarbon Laboratory (Poland).
U/Th series	B. Valero-Garcés (collaboration of L. Edwards, from the LRC-UMN)		This technique will be applied in carbonate samples from long cores.
Varve counting	B. Valero-Garcés, M. Morellón		This can only be produced in laminated cores (e.g. El Tobar).

E. CLIMATE PROXIES INTEGRATION

The final step of the methodology proposed for this project consists on **integrating the whole set of proxies** analyzed and finally, using **modern calibration studies**, constrain and improve climate reconstructions of past global changes. This will be organized “from down to up” (from the subproject results to the coordination of the whole project).

1. Sound paleoclimate interpretations of a record require a **multi-proxy approach**. A multi-proxy approach will give indication of the different processes acting in the system thus helping to a fully comprehension of the climate scenarios observed at any time period. Therefore, integrating the whole set of proxies is necessary to understand the lacustrine system and to interpret climate variations. To do that, a strong coordination among the members of the subproject 2 (LIMNOCAL) becomes fundamental. Meetings where present and discuss data will be realized once a year with all the subproject members.

Responsible: B. Valero-Garcés will coordinate and direct this activity. All the subproject members will be in the meetings. *Milestone:* Integrating the whole set of proxies

2. The usual lack of calibration of paleoclimate proxies in many studies makes difficult to interpret them in climatic terms and does not allow the quantification of the observed changes. With the calibration procedures detailed explained in this proposal we intend to solve this problem and also provide the scientific community with new transfer functions and complete databases for the continental area of the Iberian Peninsula.

Responsible: B. Valero-Garcés will coordinate and direct this activity. All the subproject members will participate. *Milestone:* Calibrate the proxy records to accomplish a quantitative reconstruction of climatic parameters (temperature, precipitation).

3. Progress on understanding abrupt climate change mechanisms has to evolve in parallel to the development of climate models. Paleodata and model communities should collaborate to obtain a better understanding of the mechanisms of abrupt climate change. Therefore, a close and solid **coordination** with the other subprojects is necessary to (1) create a common paleo-database from the different paleo-archives (lakes, marine, speleothems), (2) manage firm and reliable calibration procedures based on multi-proxy analyses on short cores and comparison with long instrumental series provided by Subproject 1 and (3) constrain and improve past global climate reconstructions that will be essential to test the sensitivity of the models, validate and improve them, and, hopefully, use them for future predictions of global change.

Responsible: B. Valero-Garcés will coordinate and direct this activity. *Milestone:* Provide the model community with new, complete and useful data for model implementations.

References Subproject 2

Allen, J. R. M., Huntley, B. y Watts, W. A. (1996). The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14,000 years. *Journal of Quaternary Science* **11**, 125-147.

- Battarbee, R.W. (2000) Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quaternary Science Reviews*, **19**, 197-224.
- Battarbee, R.W., Jones, V.J., Flower, R.J., Cameron, N.G., Bennion, H., Carvalho, L., Juggins, S., (2001). Diatoms. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer, Dordrecht, pp. 155-202.
- Bergner A.G.N. & Trauth M.H. (2004). Comparison of the hydrological and hydrochemical evolution of Lake Naivasha (Kenya) during the three highstands between 175 and 60 kyr BP. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, **215** (1-2): 17-36.
- Birks, H.J.B. (2003). Quantitative palaeoenvironmental reconstructions from Holocene biological data. In: *Global Change in the Holocene* (Eds A. Mackay, R.W. Battarbee, H.J.B. Birks and F. Oldfield), pp. 107-123. Arnold.
- Birks, H.J.B., Line, J.M., Juggins, S., Stevenson, A.C. and Ter Braak, C.J.F. (1990). Diatoms and pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series B, 327.
- Birks, H. J. B. (1995) Quantitative palaeoenvironmental reconstructions. In: Maddy, D. and Brew, J. S. (Eds.), *Statistical modelling of Quaternary Science Data*, Technical Guide 5, Quaternary Research Association, Cambridge, 161-255.
- Brauer, A., (2004) Annually laminated lake sediments and their palaeoclimatic relevance. In: H. Fischer *et al.* (eds) *The Climate in Historical Times Towards a Synthesis of Holocene Proxy Data and Climate Models*, 109-128. Springer, Berlin.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Canals, M., Saffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J. y Zahn, R. (2001). Variability of the Western Mediterranean sea surface temperatures during the last 25,000 years and its connection with the northern hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* **16**, 40-52.
- Catalán J., Pla S., Rieradevall M., Felip M., Ventura M., Buchaca T., Camarero L., Brancelj A., Appelby P.G., Lami A., Grytnes J.A., Agustí-Panareda A. and Thompson R. (2002). Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology* **28**, 29-145.
- Cheddadi, R. Yu, G. Guiot, J., Harrison, S.P. and Prentice, I.C. (1997). The climate of Europe 6000 years ago. *Climate Dynamics*, **1**, 1-9.
- Colman, S.M., Peck, J.A., Karabanov, E.B., Carter, S.J., Bradbury, J.P., King, J.W. and Williams, D.F. 1995. Continental climate response to orbital forcing from biogenic silica records in Lake Baikal. *Nature*, **378**: 769-771
- Davis, B. A. S., Brewer, S., Stevenson, A. C., Guiot, J. and data contributors (2003). The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* **22**, 1701-1716.
- De Hoyos, C. (1996) Limnología del Lago de Sanabria: variabilidad interanual del fitoplancton. Universidad de Salamanca, PhD Thesis, 438 pp.
- Delgado, A. y Reyes, E. (2004): Isótopos Estables como indicadores paleoclimáticos y paleohidrológicos en medios continentales. En L. Barbero y P. Mata (eds.), *Geoquímica Isotópica aplicada al medioambiente*, Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía, **1**, 37-53.
- Fritz, S. C., Juggins, S., Battarbee, R. W. and Engstrom, D. R. (1991) Reconstruction of past changes in salinity and climate using a diatom-based transfer function, *Nature*, **352**, 706-708.
- Giralt, S., Burjachs, F., Roca, J.R. and Julià, R. (1999). Late Glacial to Early Holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playa-lake (Alicante, Spain). *Journal of Paleolimnology*, **21**, 449-460.
- Giralt, S. and Julià, R. (2003). Water level reconstruction in closed lakes based on the mineralogical composition of sediments. In: Valero-Garcés, B.L. (Ed). *Limnogeology in Spain: a tribute to Kerry Kelts*. Biblioteca de Ciencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 305 - 325.
- Giralt, S., Julià, R., Leroy, S. & Gasse, F. (2003). Cyclic water level oscillations of the KaraBogaz Gol Caspian Sea system. *Earth and Planetary Science Letters*, **212**, 225-239.
- González-Mozo, M.E., Chicote, A., Rico, E., Montes, C. (2000) Limnological characterization of an evaporite karstic lake in Spain (Lake Arreo). *Limnética*, **16**, 91-98.
- González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Morellón, M., Navas, A., Machín, J. y Delgado-Huertas, A. Hydrological fluctuations and vegetation changes in the Central Ebro Basin (NE Spain) since the Lateglacial: potential and limitations of saline lake records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, submitted.
- González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Jalut, G., García-Ruiz, J. M., Martí-Bono, C., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Otto, T. y J., D. J. Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence. *Quaternary Research*, in press.
- Guiot J, Harrison SP, Prentice IC (1993) Reconstruction of Holocene precipitation patterns in Europe using pollen and lake-level data. *Quaternary Research* **40**, 139-149.
- Heinrichs, M.L. (2001). Chironomid-based paleosalinity records in Southern British Columbia, Canada: a comparison of transfer functions. *Journal of Paleolimnology* **26**:147-159.
- Hennebert, M. and Lees, A. (1991). Environmental gradients in carbonate sediments and rocks detected by correspondence analysis: examples from the Recent of Norway and the Dinantian of southwest England. *Sedimentology*, **38**, 623 - 642.
- Ito E (2001) Application of stable isotope techniques to inorganic and biogenic carbonates. In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Vol. 2. Physical and Chemical Techniques* (eds. Last WM and Smol JP). 351-371, Kluwer Academic Publishers.
- Jiménez-Sánchez, M. y Fariás-Arquer, P. (2002). New radiometric and geomorphologic evidences of a last glacial maximum older than 18 ka in SW European mountains: the example of Redes Natural Park (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Geodinamica Acta* **15**, 93-101.
- Lotter, A. F., Birks, G. J. B., Hofmann, W and Marchetto, A. (1997) Modern diatom, cladocera, chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate, *Journal of Paleolimnology*, **18**, 395-420.

- Luque, J. A. and Julià, R. (2002). Lake sediment response to land-use and climate change during the last 1000 years in the oligotrophic Lake Sanabria (northwest of Iberian Peninsula). *Sedimentary Geology* **148**, 343-355.
- Luque, J. A. (2003). El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6000 años. PhD thesis. Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", 384 pp.
- Martin-Rubio, M., Rodriguez-Lazaro, J., Anadón, P., Robles, F., Utrilla, R. y Vázquez, A. (2005). Factors affecting the distribution of recent lacustrine ostracoda from the Caicedo de Yuso-Arreo Lake (Western Ebro Basin, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **225**, 118-133.
- Mezquita, F., J.R. Roca, J.M. Reed and G. Wansard. (2005). Quantifying species–environment relationships in non-marine Ostracoda for ecological and palaeoecological studies: Examples using Iberian data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **225**, 93–117.
- Moreno, A., Giralt, S., Valero-Garcés, B. L., Sáez, A., Bao, R., Prego, R., Pueyo, J. J., González-Sampériz, P. y Taberner, C. A 15-kyr record from the tropical Andes: the Lago Chungara sequence (18°S, northern Chilean altiplano). *Quaternary International*, in press.
- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P. y Gómez-Orellana, L. (2004). Vegetation of the Lago de Sanabria area (NW Iberia) since the end of the Pleistocene: a palaeoecological reconstruction on the basis of two new pollen sequences. *Vegetation History and Archaeobotany* **13**, 1-22.
- Peña, J.L. and Lozano, M.V. (1998), Las formas periglaciares de la Cordillera Ibérica centrooriental. En: Peña, J.L. (ed.): *Geomorfología de campo en la Sierra de Albarracín*, 159-177. Univ. Verano Teruel.
- Reed, J.M., (1998) A diatom-conductivity transfer function for Spanish salt lakes. *Journal of Paleolimnology* **19**, 399-416.
- Riera, S., Wansard, G. y Julià, R. (2004). 2000-year environmental history of a karstic lake in the Mediterranean Pre-Pyrenees: the Estanya lakes (Spain). *Catena* **55**, 293-324.
- Rieradevall, M., E. García-Berthou and N. Prat (1995). Chironomids in the diet of fish in Lake Banyoles (Catalonia, Spain). In: P.Cranston (ed.): *Chironomids: from genes to Ecosystems*. CSIRO, Canberra, Australia. pp. 335-340.
- Rieradevall, M.; Bonada, N. and Prat, N. (2000) Recent and past zoobenthic communities in the high mountain lake Redó (Pyrenees, Spain). A MOLAR project study. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*
- Rodó, X., Giralt, S., Burjachs, F., Comin, F. A., Tenorio, R. G. y Julià, R. (2002). High-resolution saline lake sediments as enhanced tools for relating proxy paleolake records to recent climatic data series. *Sedimentary Geology* **148**, 203-220.
- Rosén, P. Hall, R., Korsman, T. and Renberg, I. (2000) Diatom transfer-functions for quantifying past air temperature, pH and total organic carbon concentration from lakes in northern Sweden. *Journal of Paleolimnology* **24**, 109–123,
- Rubio Dobón, J. C. (2004) Contexto hidrogeológico e histórico de los humedales del Cañizar, Serie Investigación, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza, 216 pp.
- Sancho, C., Peña, J.L. and Meléndez, A. (1998): Controls on Holocene and present-day travertine formation in the Guadalaviar River (Iberian Chain, NE Spain). *Z. für Geomorph.*, 41(3): 289-307.
- Schnurrenberger, D. W., Russell, J. M. y Kelts, K. (2003). Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. *Journal of Paleolimnology* **29**, 141-154.
- Stevenson, A. (2000), The Holocene forest history of the Montes Universales, Teruel, Spain. *The Holocene*, **10**, 5, 603-610.
- Valero-Garcés, B. L., Delgado-Huertas, A., Ratto, N., Navas, A. y Edwards, R. L. (2000). Paleohydrology of Andean saline lakes from sedimentological and isotopic records, Northwestern Argentina. *Journal of Paleolimnology* **24**, 343-359.
- Valero-Garcés, B. L., Navas, A., Mata, P., Delgado-Huertas, A., Machín, J., González-Sampériz, P., Moreno, A., Schwalb, A., Ariztegui, D., Schnellmann, M., Bao, R. y González-Barrios, A. (2003). Sedimentary facies analyses in lacustrine cores: from initial core descriptions to detailed paleoenvironmental reconstructions. A case study from Zoñar lake (Cordoba province, Spain). In "Limnología en España: un tributo a Kerry Kelts / Limnogeology in Spain: a tribute to Kerry Kelts." (B. Valero-Garcés, Ed.), pp. 385-414. Biblioteca de Ciencias. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Valero-Garcés, B. L., González-Sampériz, P., Navas, A., Machín, J., Mata, P., Delgado-Huertas, A., Bao, R., Moreno, A., Carrión, J. S., Schwalb, A. and González-Barrios, A. (2006). Human impact since Medieval times and recent ecological restoration in a Mediterranean lake: the laguna Zoñar (Spain). *Journal of Paleolimnology* **in press**.
- Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Navas, A., Machín, J., Delgado-Huertas, A., González-Sampériz, P., Schwalb, A., Morellón, M. y Edwards, R. L. The Taravilla Lake and Tufa Deposits (Central Iberian Range, Spain) as paleohydrological and paleoclimatic indicators. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, submitted.
- Vega, J. C., de Hoyos, C. and Aldasoro, J. J. (1992). The Sanabria Lake: the largest natural freshwater lake in Spain. *Limnetica*, **8**, 49-57.
- Velle, G.; Brooks, S.; Birks, HJ and Willassen, E. (2005). Chironomids as a tool for inferring Holocene climate: an assessment based on six sites in southern Scandinavia. *Quaternary Science Reviews* **24**: 1429-1462.
- Vershuren, D., Laird, K.R. and Cumming, B.F., (2000). Rainfall and drought in equatorial east Africa during the past 1100 years. *Nature* **403**, 410-414.
- Walker, I. R. (2001). Midges: Chironomidae and related Diptera. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Zoological Indicators*. Kluwer, Dordrecht, pp. 43-66.
- Wilson, S.E., Cumming, B.F. and Smol, J.P. (1996). Assessing the reliability of salinity inference models from diatom assemblages: an examination of a 219-lake data set from western North America. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **53**: 1580-1594.

CAVECAL Subproject 3

A. PALEOCLIMATIC INDICATORS IN STALAGMITES

Stalagmites record information about past climate that can be inferred from **variations in (1) the stable isotopic and (2) elemental chemistry** of the carbonate as well as the (3) **stalagmite growth rates**.

1. Variations in the stable isotopic ratios.

The oxygen isotopic ratio ($\delta^{18}\text{O}$) is a highly useful indicator for reconstructing changes in precipitation dynamics (Burns, Fleitmann *et al.* 2001; Fleitmann, Burns *et al.* 2004; Lachniet, Asmerom *et al.* 2004). The isotopic composition of the stalagmite depends on the temperature of the cave and the isotopic composition of the drip. Drip isotopic composition is closely tied to the isotopic composition of local rain infiltrating the karst massif to form drips (Cruz, Karmann *et al.* 2005). The meteorological conditions control the generation of rainfall and other parameters, such as vapour source, rainout, and altitude and temperature of condensation (Dansgaard, 1964). As an example, changes in atmospheric circulation and rainfall generation which accompany the **North Atlantic Oscillation** (NAO) are expressed in variations in the $\delta^{18}\text{O}$ of rain. In the north of Spain, data from GNIP (IAEA-WMO Global Network of Isotopes in Precipitation) from La Coruña and Santander show a moderate positive correlation (0.43 and 0.58) between monthly rain $\delta^{18}\text{O}$ and the NCEP NAO index for the same month. This may reflect colder condensation temperatures during the negative NAO phase. In the current project, we will evaluate more rigorously this relationship by collecting a **larger dataset of $\delta^{18}\text{O}$ in rainfall at higher temporal resolution**. In most of the Iberian Peninsula, including the entire northern sector, there are only 12 analyses of $\delta^{18}\text{O}$ in monthly rainfall, all from 2001.

2. Variations in the elemental chemistry.

The elemental chemistry of stalagmites records the amount of precipitation and the extent of vegetation cover (Hellstrom and McCulloch 2000; Baldini, McDermott *et al.* 2002; McMillan, Fairchild *et al.* 2005). These indicators are supported by a growing number of calibration studies (Huang, Fairchild *et al.* 2001; Tooth and Fairchild 2003; Treble, Shelley *et al.* 2003). Some **elements and elemental ratios** can be used for different reconstructions:

- Mg/Ca and Sr/Ca ratios exhibit an inverse correlation with the precipitation amount. In drier periods, the Sr/Ca and Mg/Ca ratios of drips increase as more CaCO_3 precipitates during water flow through the aquifer since nonsaturated pores permit more CO_2 degassing. This trend is amplified for Mg/Ca in mixed dolomite-limestone karst aquifers because the longer rock-water contact times in dry periods permit more extensive dissolution of the more slowly dissolving Mg-rich dolomite.
- Ba is usually immobile in soils (McBride, 1994) and its concentration in groundwaters depends on the production of organic acids, derived from the vegetation, capable of mobilizing the Ba. Consequently, increases in Ba indicate more extensive vegetation cover (Hellstrom and McCulloch 2000).

In regions where rainfall is very seasonal, as is the case in much of the Iberian Peninsula, stalagmites frequently exhibit annual laminations composed of dense transparent calcite alternating with more porous white bands rich in organic material derived from soils (Frisia, Borsato *et al.* 2000). This lamination permits very high and selective resolution for geochemical analysis (Treble and Shelley, 2003).

3. Thickness of laminations

The **thickness of laminations** serves as another indicator of climatic conditions since the growth rate and calcite character depends principally on the degree of supersaturation of the drip which in turn is regulated by the vegetation cover and ensuing soil CO_2 production (McDermott, Frisia *et al.* 1999; Genty, Baker *et al.* 2001; Frisia, Borsato *et al.* 2003).

The combined use of $\delta^{18}\text{O}$, derived from rainfall itself, with the elemental chemistry of the dripwater whose composition reflects principally the infiltration processes, permits us to deconvolve changes in rainfall amount (using Mg/Ca and Sr/Ca) and the meteorological conditions controlling the generation of rainfall (using $\delta^{18}\text{O}$).

B. CALIBRATION OF CLIMATE INDICATORS IN THE IBERIAN PENINSULA

For the subproject on climate records in caves CAVECAL, we plan 1) calibration of climate indicators with samples of rain and dripwater, 2) calibration of indicators with actively growing stalagmites overlapping with instrumental climate records, and, finally, paleoclimate reconstruction using recent and older stalagmites.

1. Calibration of climatic indicators in rain and dripwater

For reliable paleoclimate reconstruction from cave deposits, climate indicators must be **calibrated in each region** of study (Figure 7). We will take samples from caves from the North of Spain (Astur-Cantabrian area) as well as from the South (Malaga surrounds).

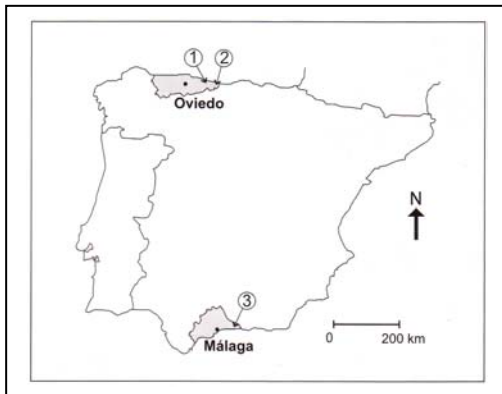


Fig. 7. Setting of study areas

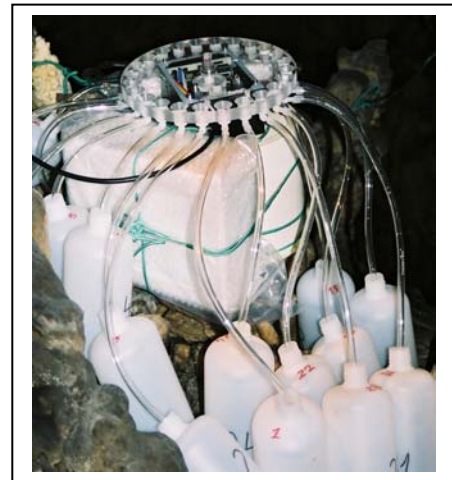


Fig. 8. Dripwater sampling device

We have designed a device that collects dripwater (or rainwater) samples in discrete bottles every 48 hours which is powered by battery for 48-day deployment periods (Fig. 8). This permits direct comparison of water chemistry with dripwater (or in situ rain). Every 48 days fresh bottles and batteries replace the working set. With the water samples, half of the water is reserved for $\delta^{18}\text{O}$ and the other half acidified to recover precipitations of CaCO_3 crystals which form in the bottle due to CO_2 degassing (analogous to stalagmite deposition). In the dripwater we simultaneously measure a range of major and trace elements using Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry (Ca, Mg, Sr, Ba, Na, P, Ni, Mn, Fe, Al). We have verified the reliability of this system in a study of dripwater quality for 11 months in 2003 (Stoll *et al.* 2005 a, 2005b).

To capture the full seasonal signal, we propose the simultaneous deployment of two dripwater collectors to collect samples in two caves during the first year, and moving the dripwater collectors to two additional caves in the second year to have data from 4 distinct systems. Caves will be selected for the presence of active and fossil stalagmites suitable for calibration and paleoclimate study, restriction of access to ensure no interference with collectors, and a relatively undisturbed karst setting to be representative of long term (pre-historic) conditions at the site. In situations where there are large delays between rainfall and drip, we can employ a third dripwater collector to sample rainwater for $\delta^{18}\text{O}$ analyses. The results of isotopic and elemental variations in dripwater (and rain) will be compared with dripwater and weather records including rain, temperature, wind direction, NAO index, etc. In the case of oxygen isotopes, we will include the data in a model of isotopes in the weather cycle to identify processes regulating isotopic fractionation at each site.

2. Calibration of climatic indicators with active recent stalagmites

The analysis of active stalagmites whose growth period coincides with instrumental climate records allows us to refine the calibrations of stalagmite indicators using instrumental rainfall, precipitation, NAO, and other data. For this purpose we will **collect active stalagmites**, cut longitudinally along the maximum growth direction (Fig. 9, left).

We will use a micromill to extract **samples for isotopic and elemental analysis**. Where sufficiently thick laminae are present, we will take 2 samples per year. Stable isotopic analysis will be carried out by gas source mass spectrometry together with the members of the University of Minnesota of LIMNOCAL subproject. Elemental analysis will be conducted on dissolved samples using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry at Complutense University of Madrid. For higher resolution study of elemental and isotopic chemistry in stalagmites, we will use LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) and microprobe techniques, including LIMS (Laser Ionization Mass Spectrometry) and SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry), by using the equipment of Malaga University in collaboration with Dr. José Javier Laserna Vázquez (Analytical Chemistry, University of Málaga).

The LIBS method uses a pulse of laser focused on a point to produce a high temperature plasma whose spectra can be analyzed to give elemental abundance ratios. This technique does not require extensive sample preparation and can work at atmospheric pressure, giving rapid data collection with no disruption of the sample material. In addition, it allows very high spatial resolution analysis to provide higher resolution time series data (Vadillo *et*

al., 1998). Alternatively the microprobe techniques (LIMS and SIMS) recover isotopic and elemental data at resolution better than 100 microns, permitting paleoclimate reconstruction at annual or subannual scale. Unlike LIBS, the microprobe techniques must be done on thin sections at high vacuum, and are more sensitive than LIBS, making them particularly useful for focused study of small time slices containing important rapid climate events. Roberts *et al.* (1998) used SIMS to identify annual variations in Sr, Ba, Mn, P, and Mg in a calcite speleothem related to seasonal changes in temperature and drip rate. Recently, Finch *et al.*, (2003) showed the application of SIMS to related trace elements in stalagmites with frequency and intensity of rainfall in South Africa.



Fig. 9. Examples of stalagmite samples from Pindal Cave showing a good development of annual laminae in active example (left) and a long ancient stalagmite suitable for analysis (right).

Using thin sections, we will measure lamina thickness and growth rate, following the methodology of Frisia, Borsato *et al.* (2003). The time scale will be established using annual layer counting, verified with radioisotope dating with ^{14}C (Beta Analytic, Miami, USA) and U-Th, also as a collaboration with the members of LIMNOCAL subproject belonging to the University of Minnesota (USA).

C. PALEOCLIMATE DATA FROM OLDER STALAGMITES

The analysis of older stalagmites permits us to study the dynamics of climate change in the Iberian Peninsula during rapid climate changes like the Younger Dryas, 8,200 year event, Little Ice Age, etc. We will use available geomorphologic data to identify stalagmites likely to be in the desired age range (<30,000 years and especially the Holocene). To minimize environmental damage in caves we will use broken material or cores. We will use basal U/Th dates to screen stalagmites to identify those which likely contain the rapid climate change events of interest. Once we have identified material of appropriate age, additional U/Th dates will be used to provide a more precise age scale.

For stable isotopic, elemental, and growth rate data we will use the same methods as for actively growing stalagmites (Fig. 9, right). We will use the elemental variations and layer thickness variations which can be made more economically, to identify parts of the record of greatest interest to focus the stable isotopic analysis. The calibrations identified with dripwater and active stalagmite studies will be used to interpret the paleoclimate record in older stalagmites.

References for Subproject 3

- Baldini, J. U. L., F. McDermott, *et al.* (2002). "Structure of the 8200-year cold event revealed by a speleothem trace element record." *Science* **296**(5576): 2203-2206.
- Burns, S. J., D. Fleitmann, *et al.* (2001). "Speleothem evidence from Oman for continental pluvial events during interglacial periods." *Geology* **29**(7): 623-626.
- Cruz, F. W., I. Karmann, *et al.* (2005). "Stable isotope study of cave percolation waters in subtropical Brazil: Implications for paleoclimate inferences from speleothems." *Chemical Geology* **220**(3-4): 245-262.
- Finch A.A., Shaw P.A., Holmgren K., Lee-Thorp J. (2003): Corroborated rainfall records from aragonitic stalagmites. *Earth and Planetary Science Letters*, **215**, 265-273.

- Flehtmann, D., S. J. Burns, *et al.* (2004). "Palaeoclimatic interpretation of high-resolution oxygen isotope profiles derived from annually laminated speleothems from Southern Oman." *Quaternary Science Reviews* **23**(7-8): 935-945.
- Frisia, S., A. Borsato, *et al.* (2000). "Calcite fabrics, growth mechanisms, and environments of formation in speleothems from the Italian Alps and southwestern Ireland." *Journal of Sedimentary Research* **70**(5): 1183-1196.
- Frisia, S., A. Borsato, *et al.* (2003). "Late Holocene annual growth in three Alpine stalagmites records the influence of solar activity and the North Atlantic Oscillation on winter climate." *Earth and Planetary Science Letters* **216**(3): 411-424.
- Genty, D., A. Baker, *et al.* (2001). "Intra- and inter-annual growth rate of modern stalagmites." *Chemical Geology* **176**(1-4): 191-212.
- Hellstrom, J. C. and M. T. McCulloch (2000). "Multi-proxy constraints on the climatic significance of trace element records from a New Zealand speleothem." *Earth and Planetary Science Letters* **179**(2): 287-297.
- Huang, H. M., I. J. Fairchild, *et al.* (2001). "Seasonal variations in Sr, Mg and P in modern speleothems (Grotta di Ernesto, Italy)." *Chemical Geology* **175**(3-4): 429-448.
- Lachniet, M. S., Y. Asmerom, *et al.* (2004). "Tropical response to the 8200 yr BP cold event? Speleothem isotopes indicate a weakened early Holocene monsoon in Costa Rica." *Geology* **32**(11): 957-960.
- McDermott, F., S. Frisia, *et al.* (1999). "Holocene climate variability in Europe: Evidence from delta O-18, textural and extension-rate variations in three speleothems." *Quaternary Science Reviews* **18**(8-9): 1021-1038.
- McMillan, E. A., I. J. Fairchild, *et al.* (2005). "Annual trace element cycles in calcite-aragonite speleothems: evidence of drought in the western Mediterranean 1200-1100 yr BP." *Journal of Quaternary Science* **20**(5): 423-433.
- Roberts M.S., Smart P.L., Baker A. (1998): Annual trace element variations in a Holocene speleothem. *Earth and Planetary Science Letters*, **154**, 237-246.
- Stoll, H. M., Auer, T., Hahn, R. S., Theberge, A., Jimémez-Sánchez, M. (2005): Can cave deposits in Northern Spain reconstruct the North Atlantic Oscillation? Geological Society of America. Abstracts with Programs, vol. 37, nº 1, p. 24. Northeastern Section, 40th Annual Meeting (March 14-16, 2005). Session Nº12: new Developments in the Late Quaternary History of the Northeastern United States and Adjacent Canada (Posters).
- Stoll, H., Jimémez-Sánchez, M., Auer, T., Martos de la Torre, E. (2005): Variaciones temporales en la hidroquímica de goteos en la cueva del Pindal (Asturias, NO España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 38. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Tooth, A. F. and I. J. Fairchild (2003). "Soil and karst aquifer hydrological controls on the geochemical evolution of speleothem-forming drip waters, Crag Cave, southwest Ireland." *Journal of Hydrology* **273**(1-4): 51-68.
- Treble, P., J. M. G. Shelley, *et al.* (2003). "Comparison of high resolution sub-annual records of trace elements in a modern (1911-1992) speleothem with instrumental climate data from southwest Australia." *Earth and Planetary Science Letters* **216**(1-2): 141-153.
- Vadillo, J.M., Vadillo, I., Carrasco, F. y Laserna, J.J. (1998): Spatial distribution profiles of magnesium and strontium in speleothems using laser-induced breakdown spectrometry. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, **361**, 119-123.

MARCAL Subproject 4

In order to reach the proposed goals, Subproject 3 proposes the high-resolution analysis of *marine paleoclimatic records* according to the following scientific strategy:

- A. SELECTION OF SAMPLING LOCATIONS AND CORE RECOVERY
- B. HIGH-RESOLUTION ANALYSIS OF MARINE RECORDS
- C. PROXY CALIBRATION AND CLIMATE VARIATIONS
- D. INTEGRATION AND CORRELATION

A. SELECTION OF SAMPLING LOCATIONS AND CORE RECOVERY

Available cores for this project and those planed to be recovered at the beginning of this project (Fig. 10) have been selected following these criteria:

- a) Because of the high sensibility to climate variability of semi-closed Mediterranean basins and their connection with the Atlantic Ocean, they are considered adequate for reaching the proposed goals. It is well-known that the Mediterranean Sea is considered a natural laboratory, exceptional for climatic change studies (e.g., Krijgsman, 2002).
- b) The continuity of the sedimentary record: several earlier studies, from the literature as well as from previous results produced by projects of the soliciting group (REN2000-0798 y REN2003-09130-CO2-01), have shown the sedimentary continuity of the record in the basins and the selected areas for the time interval being of interest in this Project.
- c) The exceptionally high sedimentation rates in the Alborán sea basin allow high-resolution analyses for studies of climatic variability to time scales lower than 10⁴ years (Figure 11).

- d) Known stratigraphy and datings show that the selected areas offer a unique archive for high-resolution studies from the Last Glacial Maximum (LMG).
- e) The considerable amount of information that both previous and running projects on the basins of the Alborán Sea Alborán and South Balearic (on which members of our research team have participated, *REN2001-3868-CO3-01-MAR* y *MAR98-0981*) have provided on the geological context and the evolution of these basins, as well as the availability of seismic profiles.

The selected cores belong to five areas of high interest from both paleoceanographic and climatic point of views. These come to complete, in addition, previous data gained on cores analyzed through previous work of the soliciting group:

Tyrrhenian Sea Basin: The Tyrrhenian basin has recorded major climatic and paleoceanographic events such as the water exchange and bottom water circulation between western and eastern Mediterranean. It has also been highly sensitive to paleoenvironment changes and wind regimes. Within this basin, ODP Site 974 samples are available, recovered during ODP 161.

Balearic Basin: The Balearic Channels are important passages for the exchange between the cooler, more saline waters from Gulf of Lion and the warmer, fresher waters from the southern basins. Studies in this strait can help to understand actual and past Western Mediterranean Sea circulation, as well as relationships with important climatic factors such as the North Atlantic Oscillation (NAO) and westerlies winds. Two gravity cores recovered during cruise TTR 14-Leg 3: 312 and 314. Moreover, ODP 975C-1H will be analysed on a high-resolution basis. These data will be integrated with results obtained from ODP Site 975.

South Balearic Basin: The South Balearic basin, located in the central part of the western Mediterranean is largely isolated from direct rivers/continental discharge and from tectonic activity, thus giving rise to a unique record of climate-related responses at centennial/millennial scale. This basin is specially sensitive to variations in neighbouring areas such as the Gulf of Lion inflow, Atlantic inflow, circulation patterns and redox conditions. One available core was collected during cruise TTR 12-Leg 3, 275, three short cores (multicorers) recovered during cruise Flucalb 97 (R/V García del Cid): FL. We intend to recover two new cores. Moreover, high-resolution data exist for core TTR12-274.

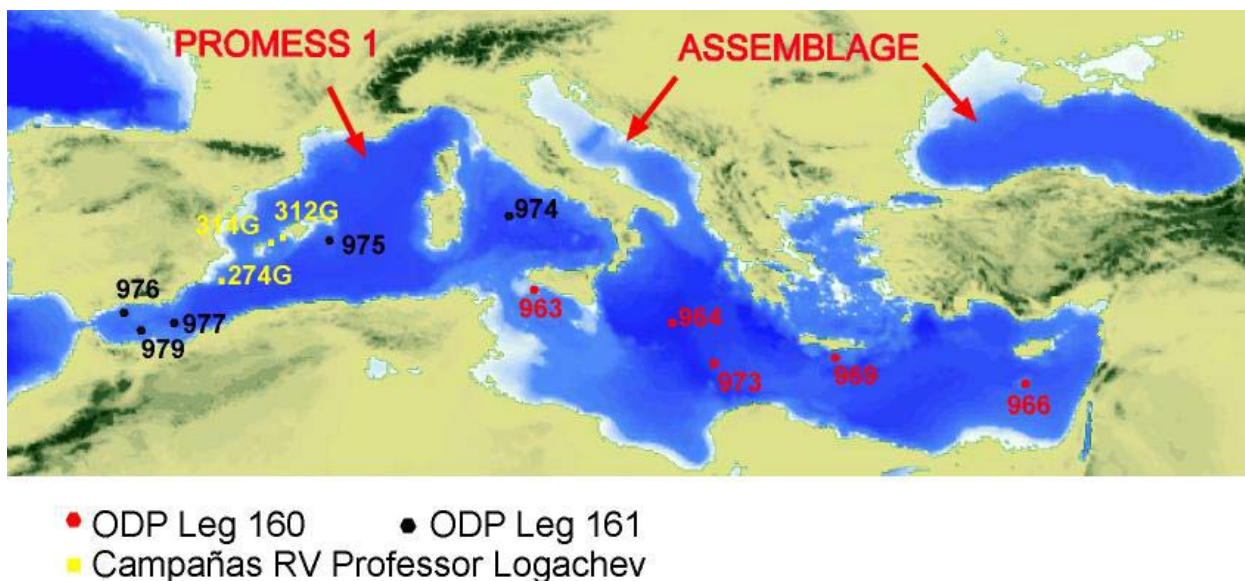


Figura 10a. Location map showing studied cores and some of those proposed within the frame of the new Project. a) **Previous studied cores:** ODP Leg 160 (966, 969, 973, 964, 963), ODP Leg 161 (975, 976, 977 y 979) and 274G (Basacalb cruise); b) **Cores to be analyzed:** 1. Available cores: 974 (ODP Leg 161), 275G, close to 274G (Basacalb cruise). Aborán Sea cores are shown in Figure 1b. Studied areas within the frame of PROMESS 1 and ASSEMBLAGE projects are also shown. Part of the research team participates in these projects. Vich Hill facilitates excellent climate records for comparison and integration of data.

Alborán Sea Basin: The Alborán sea basin is a key location for understanding the influence of the Atlantic-Mediterranean gateways. Geochemical, mineralogical, palynological and other multiproxy studies indicate that records from this area present an exceptional high resolution for paleoclimatic studies. One core recovered during cruise TTR 12-Leg 3; 293, is available and we intend to recover two more additional locations. During previous projects a significant amount of data from several cores taken in this basin has been delivered. These data have shown important east-west variations in the climate response along this basin (e.g., Martínez-Ruiz et

al., 2003; Jiménez-Espejo et al., submitted). This makes necessary to continue our study with the analysis of, at least, two new cores which will complete the transect started in this basin and will allow evaluating the locality of the climate responses.

Gulf of Cádiz: Several studies indicate that the Gulf of Cadiz is an important water mass transformation zone. Highly differentiated currents, with influence in the Gulf Stream current interact in this area. Here two new cores will be recovered.

We intent to analyze an east-west transect which will allow obtaining an exceptional record of climate variability in the Iberian Peninsula, as well as establishing variations in the climate responses from the Atlantic Ocean to the Western Mediterranean Sea. As already mentioned, these responses have strongly varied from the most western to the most eastern basins. Moreover, we will strength the study of *new cores* in the Gulf of Cadiz which will allow investigating the *Atlantic-Mediterranean teleconnections* and the *evolution of climate responses from the Atlantic through the Tyrrhenian*. The *analysis of these new paleorecords* is necessary in order to shown the climate variability and its impact on geographic areas of national interest on the basis of the locality of climatic responses. During this Project, we intend to complete the above-mentioned East-West transect by participating on an oceanographic cruise of the TTR-UNESCO Program, to be carried with the R/V *Prof. Logachev* sometime during 2007-2008. This sampling is planed in collaboration with other projects, considerably reducing in this way our costs in comparison with an own cruises well as the transits till the Western Mediterranean. Earlier cruises carried out during this Program also demonstrate the exceptionality of recovered gravity cores of 13 cm diameter, which allows obtaining the necessary amount of material for all proposed analyses. The proposed interdisciplinary study requires *very diverse analyses* on *high-resolution* intervals, for this reason broad-enough cores are needed for obtaining the *required amount of material* for all analyses. Moreover, the vessel possesses all the necessary equipment for the seismic survey and finding the drill locations (seismic equipment, subbottom profilers, underwater TV camera, side scan sonar, etc.), and we can also measure magnetic susceptibility on board. In spite of proposing a short cruise during the TTR-UNESCO Program, appropriate for this project since it offers a low *relationship between amount of data and costs* and optimizes the use of solicited fundings, alternate possibilities in order to carry out drilling is foreseen.

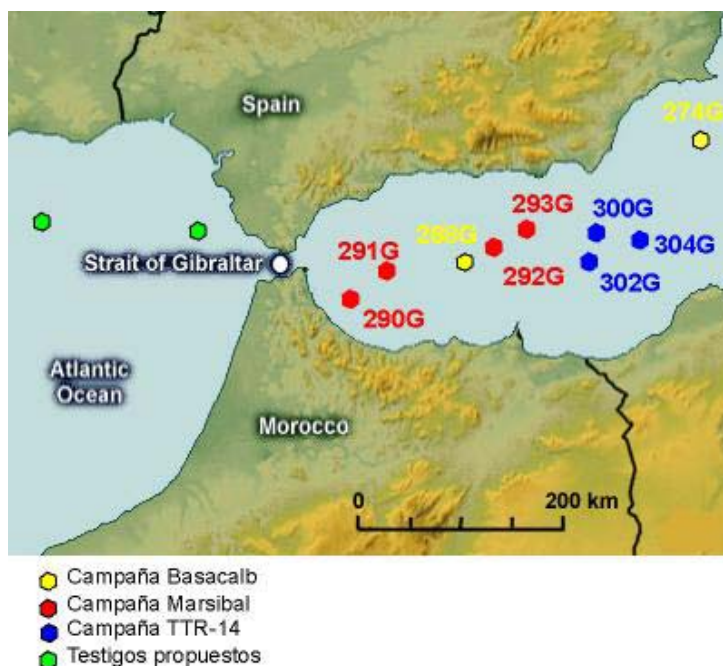


Figura 10b. Map showing the proposed core locations to be recovered during the solicited Project and previous cores. The exact locations of cores to be recovered will be decided after complete the current project. Highlighted with light-green circles is the approximate position of new cores to be collected in the Gulf of Cadiz.

The following tasks as planed to be carried out with the cores to be collected:

1. *Election of sampling locations* based on delivered data by the subbottom profiler, OKEAN (side scan sonar) for visualization of bottom morphology and obtaining reflectivities, underwater TV camera for direct visualization of bottom sea, and high-resolution, mono-channel seismic system and MAK (high-resolution side scan sonar system).
2. *Opening and preliminary core description*, mainly all those core features easily alterable like colour.
3. *Measurement of magnetic susceptibility*.

Institution: IACT

Personnel involved: Cruise participants, F. Martínez Ruiz, O. Romero, F. J. Jiménez Espejo y D. Gallego Torres

Milestones: Objective 3, obtain paleoclimate records.

(*Note Institution, IACT: Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, UGR: Universidad de Granada, UMA: Universidad de Málaga, UCO: Universidad de Córdoba, JAMSTEC: Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, UST: Universidad de Stanford, ETH: ETH-Zentrum)

B. HIGH-RESOLUTION ANALYSIS OF MARINE RECORDS

The high-resolution study of selected paleorecords will include following analysis and tasks:

1. **Continuous core analysis using XRF core scanner.** All available cores will be scanned for multielement analysis (K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cr, Sr, Ba, Cr, Co, Ni, Zn and Pb) using this instrument which allows analysis on the 2-mm resolution (though the measurement resolution will be established according to the core description). Obtained data will be integrated with data derived by wet-chemistry. This system of multielement analysis has the advantage of reaching resolutions hardly measurable by other techniques keeping costs on a low level.

Institution: JAMSTEC

Personnel involved: F. J. Jiménez Espejo, T. Sakamoto, F. Martínez Ruiz, O. Romero, y D. Gallego Torres

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records and climate parameters

2. **Core sampling.** We intend to carry out continuous samplings depending on the sedimentation rate.

Institution: IACT

Personnel involved: the whole research team (national institutions)

Milestones: Objective 3, alta resolución de registros marinos

3. **Smear slide preparation.** For detailed facies characterization smear slides will be also studied and prepared from selected samples.

Institution: IACT

Personnel involved: F. Martínez Ruiz, O. Romero, y D. Gallego Torres

Milestones: Objective 3, alta resolución de registros marinos

4. **Grain-size analysis and facies characterization.** Grain-size analysis will help to characterize sedimentary facies.

Institution: IACT

Personnel involved: the whole research team (national institutions)

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: sedimentary regime and eolian input reconstruction.

5. **Quantitative and qualitative analysis of fossil assemblages.** Samples will be treated by conventional methods. On the washed material to different kind of analyses will be carried out:
 - a) *Planktic foraminifera.* First, all present species will be identified. Secondly, the >0.15 mm fraction will be divided in quarters till obtaining an aliquot containing a minimum of 300 specimens, which will be assigned to 26 standard categories (species and morphotypes) already followed in earlier works. At last, specimens for isotopic analyses and ¹⁴C datings will be pick up; for this, specimens of *Globigerina bulloides* will be used since it is surface-water species, commonly used in paleoceanographic studies, present in sediments from the Mediterranean Sea for the last 20.000 years.
 - b) *Benthic Foraminifera and invertebrates.* Since benthic foraminifera tend to be less abundant than planktic foraminifera and the number of taxonomic categories is very high, in general only qualitative and semiquantitative analyses will be carried out. Once all existing species have been identified, some specimens of those regularly present will be picked up for isotopic analysis and will be compared with those corresponding to planktic foraminifera.
 - c) *Scanning electron microscopy* for evaluating foraminifera preservation.

Institution: UMA

Personnel involved: J.M. González Donoso y D. Linares

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: sea surface temperatures (SSTs) and salinity.

6. **Analysis of organic matter.** The content of organic carbon will be determined in all samples, while N and S will be analysed in selected samples.

Institution: IACT, ETH

Personnel involved: D. Gallego Torres, S. Bernasconi

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records and climate parameters.

7. **Mineralogical analysis by X-ray diffraction.** The mineralogical analysis will be carried out on the total sample, determining the proportions of different mineral components (in sediments mostly carbonates, silt and quartz), as well as the percentages of the different carbonate phases (calcite, magnesium calcite and dolomite). The $<2\mu\text{m}$ fraction will be separated for the quantification of different silt minerals and the measurements of crystallography parameters. The separation will be carried through the elimination of carbonates using acetic acid, with successive washings till normalizing the pH, and centrifugation. The $>2\mu\text{m}$ fraction will be used for the separation of heavy minerals.

Institution: UGR, IACT; *Personnel involved:* F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, I. Palomo

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: sedimentary regime and eolian input reconstruction.

8. **Sequential leaching analysis and barite separation.** Presently the biogenic barite is considered the unique reliable indicator of paleoproductivity conditions and, in comparison with traditionally used proxies such as organic matter content, it is better preserved in the sedimentary record. For this reason, we will analyze barite in selected samples (Fig. 11).

Institution: IACT, UST; *Personnel involved:* F. Martínez Ruiz, A. Paytan

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: productivity.

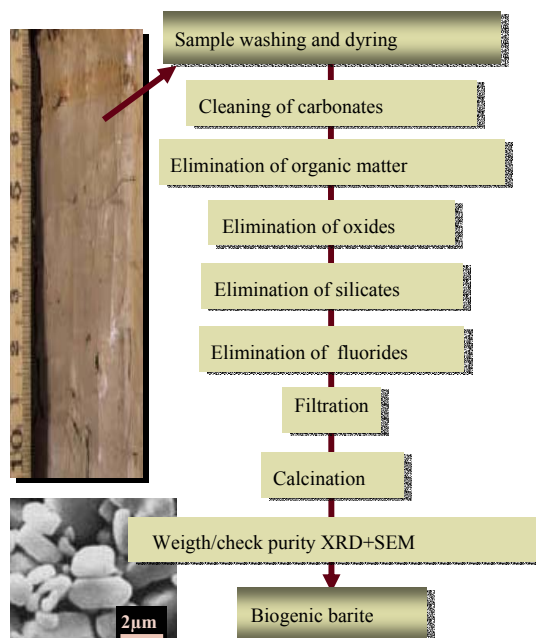


Fig 11. Summary of methodology of chemical sequence analysis followed for the separation of biogenic barite. Each step takes between 1 and 3 days.

9. **Mineralogical analysis using high-resolution Transmission and Scanning Electron Microscopy (TEM and SEM).** Mineralogical analyses in general and other specific for biogenic barite will be complemented with studies of morphology of different mineral phases, compositional analysis of heavy

minerals, carbonates, barite and pyrite, and the compositional analysis of silt minerals, specially focused on establishing the origin of these minerals.

Institution: IACT, UGR

Personnel involved: F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, I. Palomo

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: sedimentary regime and eolian input reconstruction, productivity

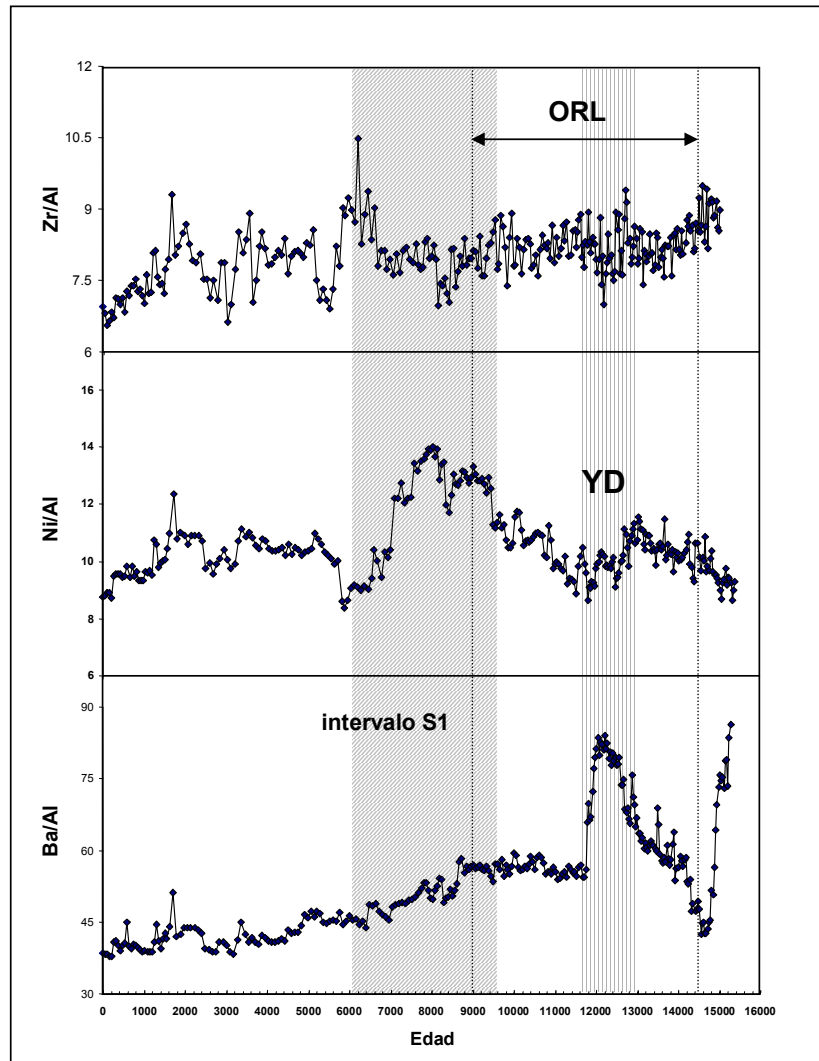


Fig. 12. Eolian input, oxygen conditions and productivity in the Alboran Sea basin (ODP Lg 161, 976C) reconstructed from Zr/Al, Ni/Al and Ba/Al ratios (Martínez-Ruiz et al., 2004)

10. Chemical analysis of major and trace elements. Here are considered:

- a) Major elements using X-ray fluorescence.
- b) Trace elements using Mass Spectrometry Inductively Coupled Plasma (ICP-MS).
- c) Analyses of Fe and Mn in oxidized and reduced state for Atomic Absorption (AA) will be carried out in relation with the beginning of oxygenation conditions in the deposit area.

Institution: IACT, UGR

Personnel involved: F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, I. Palomo

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: sedimentary regime and eolian input reconstruction, productivity, oxygen conditions, anthropogenic pollution

11. **Isotopic analysis of S on biogenic barite and pyrite.** In order to establish their origin and determine the paleoceanographic conditions.

Institution: IACT, UST

Personnel involved: I. Cacho, S. Bernasconi, F. J. Jiménez Espejo

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: productivity, oxygen conditions

12. **Stable Isotope analysis on carbonates and organic matter.** On selected species of planktic and benthic foraminifera isotopic analysis of C y O will be carried out. In addition, the isotopic composition of C and N of the organic matter will be also analysed.

Institution: UB, ETH

Personnel involved: F. Martínez Ruiz, A. Paytan

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: temperature, productivity, oxygen conditions

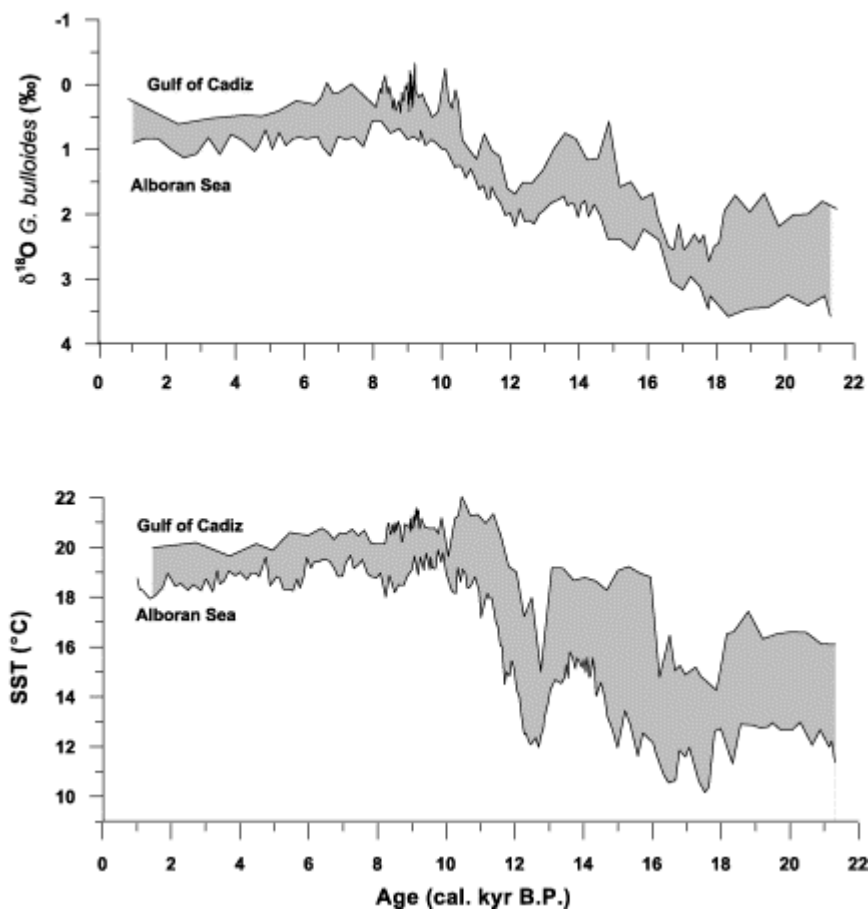


Fig. 13. Isotope and temperature gradients in the Gulf of Cadiz and Alboran Sea (Cacho et al., 2002)

13. **Trace elements (Mg, Sr, Cd, Ba) in foram shells:** Mg/Ca and Sr/Ca ratios as well as Cd and Ba concentrations in foram shells will be used as proxies for paleoceanographic conditions (temperatures and paleocirculation).

Institution: UB

Personnel involved: I. Cacho

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: temperature, paleocirculation

14. **Isotopic determination of Sr on the silicate fraction.** Changes in eolian inputs and fluctuations in the source area are mirrored by differences in the isotopic composition of detritus. Hence, we consider

necessary determining the isotopic relationship of Sr and Sm-Nd on the silicate fraction (due to the high cost of this analysis, it will be done only on selected samples).

Institution: IACT, UGR; *Personnel involved:* F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, I. Palomo, D. Gallego Torres

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: sedimentary regime and eolian input reconstruction

- Analysis of opal.** The analysis of biogenic opal will be carried out using a sequential leaching technique proposed by De Master (1981), modified by Müller and Schneider (1993).

Institution: IACT; *Personnel involved:* O. Romero

Milestones: Objectives 3 and 4, high resolution analysis of marine records: productivity

- ^{14}C dating.** The correct paleoclimatic interpretation necessarily requires a precise stratigraphy. For this goal, ^{14}C datings (AMS) will be done on selected samples, enough for the accurate dating of the time interval proposed in this project, since costs are very high.

Institution: IACT; *Personnel involved:* the whole team

Milestones: Objectives 3, chronology of marine records

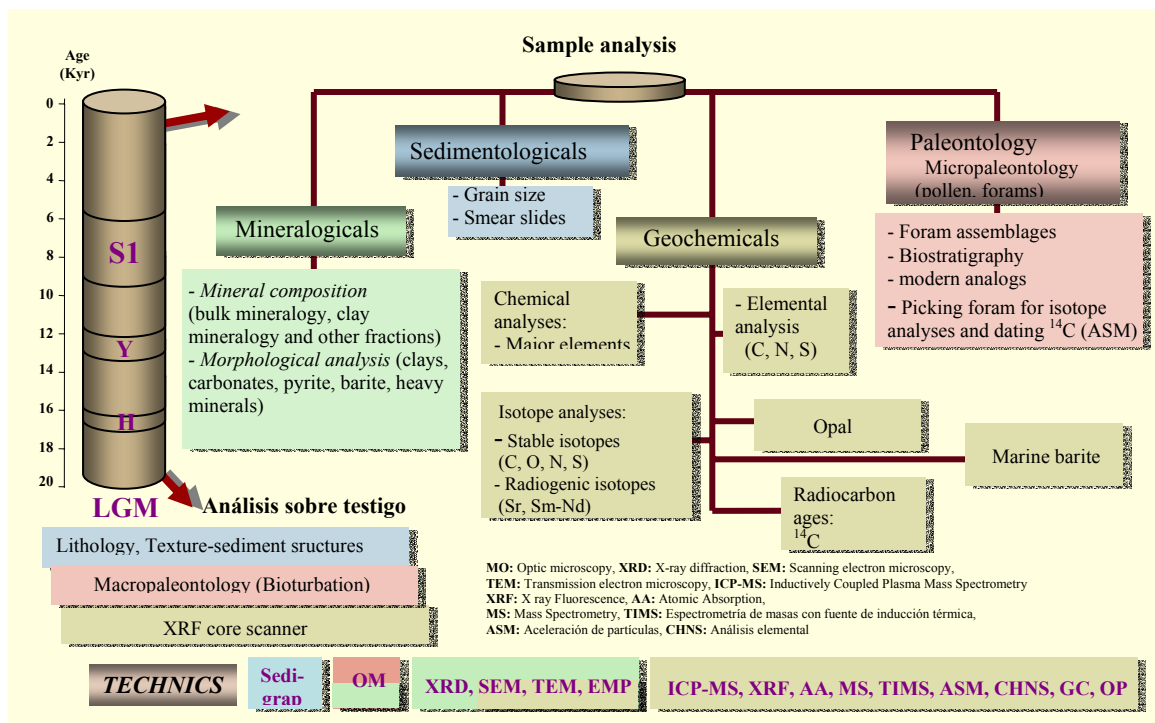


Figura 14. Summary of high resolution analyses

- Pollen analysis.** Once known first results, samples corresponding to intervals of abrupt climate changes will be selected in order to study the pollen record and plant variations in the Peninsula. This will be done in close cooperation with colleagues of Subproject 2 and also with Dr. J.S. Carrión (Universidad de Murcia).

Analyses are summarized in Fig. 14, techniques are also indicated.

C. PROXY CALIBRATION ESTABLISHMENT OF CLIMATE OSCILLATION

Institution: All Institution; *Personnel involved:* the whole team; *Milestones:* Objectives 2, 3, 4 and 5

- Proxy calibration.** The integration and correlation of climate proxies from the marine sedimentary record require their calibration and validation. Although multiproxy studies are important, often the exact relationship each climate proxy has with the inferred climatic parameters is insufficiently known to properly evaluate the internal consistency of a multiproxy climate reconstruction. Therefore part of our scientific strategy is also designed to evaluate and validate climate proxies of marine archives. A

correlation between climate proxy signals in recent sediments and meteorological time series or historical data will be also carried out.

2. **Climate profiles.** Using concentration data of major and trace elements, organic carbon, grain size, isotopic composition, opal content, ratios among minerals (total and silt mineralogy) and, in general, all results obtained with above-mentioned analysis we will represent our data in curves of variation corresponding to all selected cores.
3. **Recopilation of archeological information offering paleoclimatic information.** Archeological and historical records have demonstrated that pre-historial, anneits y pre-moderne societies have suffered different colapses, in many cases attributed to a combination of social, political end economic factors. However, this point of view has recently changed since paleoclimate records, in turn, have shown the existence of abrupt climatic changes. These changes created new living conditions to which certain human groups and cultures did not adapt rapidly enough in order to survive (*e.g.*, deMenocal, 2001; Haug et al., 2001; Weiss & Bradley, 2001; Wang, 2005). For this reason, together with establishing the climate variations affecting ancient civilizations living in the Peninsula since the LGM, we also intent that the archeological information to deliver information on possible fluctuations to be correlated with gained paleoclimate record.
4. **Establishment of numeric parameters:**
 - a) *Sedimentation rates.* They will be based on ^{14}C datings and biostratigraphy.
 - b) *Temperature.* The present-day composition of the planktic foraminifera assemblage depends on surface water temperatura. This phenomenon is the basis for the most reliable system presently available for estimating sea surface temperatures (SST) in the oceans. For estimating paleotemperatures, the quantitative composition of the planktic foraminifera assemblage downcore preserved will be studied followed by the application of one of both existing methods: transfer functions or modern analogs (*e.g.*, Imbrie & Kipp, 1971; Berger & Gardner, 1975; Hutson, 1980, González Donoso & Linares, 1998). In either, using a sample-set based on a large amount of presnt-day assemblages (ocean core-top samples) with their corresponding temperatures (from water column depth where planktic foraminifera occur). In the first method an established function allows estimating the temperature (dependant variable) based on the relative frecuencies of the different foraminifera species (independent variables). In the second method, the similarity between the fossil association and each of the present-day assotiations is calculated, being assigned as paleotemperature, the mean temperature of the most similar, present-day assemblages. From both methods, the modern analog provides the best results (GonzálezDonoso&Linares,1998).
 - c) *Salinity.* The estimation of paleosalinities is, presently, more difficult. Both methods shortly described above for temperature can also been used, although some authors question their reliability, since the salinity influence over the composition of association of planktic foraminifera is much lower than the temperature influence. Other possibility is using the paleotemperature (determined by the previous method) and the isotopic composition of the foraminifer shell for estimating the paleosalinity (*e.g.*, Duplessy et al., 1991; Rostek et al., 1993; Kallel et al., 1997), since the isotopic composition depends on the isotopic composition of seawater, of its temperature and its salinity. The principal problem on this procedure bases on the uncertainty of the isotopic composition of the seawater during the building-up of the fossil foraminifer shell. However, considering recent time intervals, like the one in this project, the seawater isotopic composition is better known.
 - d) *Sedimentation rates of biogenic barite.* Based on the content of biogenic barite we will be able to calculate sedimentation rates, directly related with marine biological productivity.
5. **Paleoenviromental proxies:**
 - a) *Sedimentary regime.* The grain size, the composition of total mineralogy, and silt minerals and their relationships (*e.g.*, illite/kaollinite), the sort and ratios of heavy minerals, the concentration of major and detrital trace elements and their ratios (*e.g.*, Ti/Al, K/Al, Zr/Al, La/Lu), and the isotopic ratios $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y Sm-Nd will be used as indicators for the sedimentary regime and the fluctuations inn the eolian input. This sort of indicators have been already used by the working group of project REN2000-0798 (*e.g.*, Martínez-Ruiz et al., 2000, 2003), and their reliability and applicability have been also shown by several authors in paleoclimatic reconstructions (*e.g.*, Hamroush & Stanley, 1990; Gallet et al., 1998; Wehausen & Brumsack, 1998, 1999; Kroom et al., 1999). Their interest lays on the fact that as well the sedimentary

regime and other kinds of inputs as the fluctuations in eolian inputs are evidence for humidity and precipitation conditions. For example, during the time span 6000 and 9000 years B.P. a climatic change towards more humid conditions with higher precipitation has been demonstrated, among others, based on these indicators: the increase in the ratio of illite/kaolinite or the decrease in the ratio Zr/Al in sediments from the Eastern Mediterranean Sea during this time span evidence the diminution of eolian input. Simultaneously, the decrease in the ratio of La/Lu or the fluctuations in the ratio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ show the decreased input from the African margin as a consequence of this climatic change and the development of rich vegetation in areas nowadays arid (e.g., Hamroush & Stanley, 1990; Gallet et al., 1998; 1999; Kroom et al., 1999; Martínez-Ruiz et al., 2000). All this allow us to establish the response of the lithosphere and atmosphere to the climate variability (objective 5.d).

- b) *Productivity*. In spite of the increase in the concentration of atmospheric CO₂ due to emission of greenhouse gases we can assume a significant alteration of the climate system, already mentioned, it is also known that the oceans, occupying the largest surface on the earth, can finally regulate this CO₂ concentration, mainly because their oceanic productivity (e.g., del Giorgio & Duarte, 2002). Hence, knowing the productivity fluctuations becomes essential for establishing the oceanic response to climate variability. Actually technology improvements, such as satellite images, allow us to know in a direct way variations in productivity. However, in order to understand the oceanic response to climate variability and to establish productivity variations on a larger scale is necessary the use of indirect indicators. In spite the fact that very diverse indicators have been used, such as the content in organic matter in sediments, its isotopic composition or that of fossil associations, its use has been also conditioned by its preservation. The studies carried out in searching more reliable indicators have shown that a Ba mineral, the barite, is independent, in areas highly oxygenated, of processes of alteration which have it diluted of the sedimentary record. As well the sedimentary record as the modern life, a high concentration of Ba is associated with a high rate of biological productivity (e.g., Dehairs et al., 1987; Schmitz, 1987; Dymond et al., 1992) when this Ba derives of barite originated in seawater column (Dehairs et al., 1987; Dymond et al., 1992; Paytan et al., 1993, 1996, 2002). This mineral has become an indirect and reliable indicator of productivity and ocean circulation, climate and, in general, of the evolution of life in the oceans. It delivers, in turn, information on all other factors controlling and affecting the cycles of C, S and O, and also over the atmosphere. Although traditionally only the Ba content in sediments has been utilized Ba for establishing productivity variations, for demonstrating that this enrichment in Ba is due to an increase in productivity, it is necessary demonstrating that the high content in Ba is a consequence of the presence of biogenic barite originated in water column (Paytan et al., 1993, 1996, 2002) but not to an increase in the input of detrital Ba or due to diagenesis. Since the biogeochemical cycle of Ba is poorly understood, mainly because mechanisms of Ba precipitation in oceanic waters are poorly known, several very innovative studies on bacteria precipitation are being presently carried out in cooperation with the working group of Dr. M.T. González and J.M. Arias, Department of Microbiology, Universidad de Granada. They have demonstrated *for the first time* the precipitation of this mineral by bacteria (González-Muñoz et al., 2003). In addition to the Ba/biogenic barite, other proxies will be used such as *isotopic composition of C and N* (carbonates and organic matter), content in *organic matter*, *fossil associations* and content of *biogenic opal*, but always integrated with detailed studies on the biogenic barite. This sort of indicators will allow establishing the oceanic response to the climatic variability and investigating the relationships between productivity and climatic change as well as nutrient cycles.
- c) *Oxygenation*. Identifying indicators offering information on the oxygenation of the deposit areas is essential for establishing models of paleocirculation and with this the oceanic response to the climate variability related with objective 5.c.v. For this we will use parameters such as salinity and others indicators such the own preservation of mineral phases such barite, the content of Mn and trace metals (Co, Mo, Ni, Cu, Zn etc.), the ratios U/Th, Cr/Ni, V/Ni, U/Th and the content of authigenic uranium (Wignall & Maynard, 1993; Jones & Manning, 1994), the presence of framboids of pyrite and its size and texture (Wilkin et al., 1996, 1997) which allow discriminate between anoxic and oxic areas, and the contents in I and Br. The ratios Br/I and I/C_{org} are direct indicators of oxygenation in the deposit area (Calvert & Pedersen, 1993) since the concentration of these elements in sediments is only controlled by the content in organic matter and the oxygenation conditions. Br occurs always associated with organic matter, while I appears only under oxygenated conditions. This behaviour is due to the fact that the ion IO₃⁻

is adsorbed in organic molecules while I⁻ does not. Additionally we will use data provided by the fossil associations (benthic foraminifera).

- d) *Contamination*. Concentrations of trace elements typically contaminating, such as Pb, will be used for evaluating possible increases in very recent sediments. The results already obtained show, for example, that levels of Pb have sensibly increased in surface sediments. In this sense, these data will be related with those of the fossil associations in order to evaluate the possible sensibility of marine ecosystems to the effects of anthropogenic contamination.
- e) *Diagenesis*. The concentration of elements specially sensitive to diagenesis, such as Mn, as well as results shown by electron microscopy on the preservation of microorganisms and possible development of minerals of secondary alteration will be used for establishing the possible alteration of sediment record, although due to the fact that we will work with modern sediments, diagenesis should be significant.

6. **Chronology and biostratigraphy**. Results of ¹⁴C datings and biostratigraphy based on fossil associations will allow to date (on both absolute and relative ways) all recognized climate variations, essential for the paleoclimatic reconstruction and cyclicity analysis.

D. INTEGRATION AND CORRELATION

1. **Analysis of the cyclicity in marine records**. The cyclicity shown by some of climate system components can be used as a tool for understanding the past and present climate, as well as for *predicting* its future climate. Cyclic phenomena affecting different climate subsystems are known in the range of high frequencies, with periodicities between one day and 10⁴ years (without considering those phenomena of time scale higher than 10⁴ years). Orbital cycles lower or equal than one year are related to gravity changes in the system Moon-Earth (tide cycles) and with variations in solar energy (sun cycles), which directly affect the marine system (tide rhythms, variations in the temperature, salinity and nutrients, etc.) and continental (season variations), till affecting the own growth of organisms (Richardson, 2001). Orbital cycles between one year and 10⁴ years are related with phenomena of diverse origin affecting water masses circulation, solar activity, or atmospheric conditions: El Niño Phenomeno (between 1 and 10 years; Damnati & Taieb, 1995), sun spots (sun cycle of ca. 11 years; Damnati & Taieb, 1995; Miliana & Lopez, 1998), variations in lunar orbit (cycle Lunar Nodal, ca. 18 years), magnetic changes (cycle Hale, ca. 22 years; Damnati & Taieb, 1995; Miliana & Lopez, 1998), sun cycles (ca. 200 years; von Rad et al., 1999; Bárcena et al., 2002), and variations in thermohaline circulation (cycles of 1.000 to 2.400 years; Bond et al., 1997; Chapman & Shackleton, 2000). In this sense, the detailed mathematic analysis (data correlation, spectral analysis, etc.), of different obtained data (sedimentology, geochemistry, isotopes, mineralogy, paleontology, etc.), will be used for characterizing the record of the cyclic phenomena since the LGM.
2. **Human impact**. Important climate changes since the LMG have clearly influenced the development of civilizations. For instance, the shift from hunting activities to the agriculture or the domestication has been sometimes influenced by significant climate changes such as the “Younger Dryas” (Weiss & Bradley, 2001). Similarly, drastic changes in population density or migration in populations originated in climate changes. Particularly for the Mediterranean Sea, variations in monsoon activity, for example, had clear consequences on the civilization development (e.g., Bar-Matthews et al., 1999; Cullen et al., 2000). The consequences could have been even stronger considering abrupt climate changes. Establishing, hence, the velocity, amplitude and duration of these variations can help understanding the evolution of past societies. In the particular case of the Iberian Peninsula, the shift of hunting-collecting communities from Tardiglacial to producer communities in the Holocene happened on an unequal way. Particular human groups still continue –apparently in concrete ecological niches– as predators contemporaneously to the producer development while other communities occupy similar areas (e.g., Asquerino, 1977; Zvelebil, 1986; Hernando, 1999). This behaviour duality could have been caused by ecological changes in particular areas which prevented the continuity of predator modes forcing in some way the adoption of cattling and/or farming—more the first than the second— as way of subsistence. The knowledge of the climate variability (especially happened between 9000 and 7000 years BP) would allow a better understanding of the diversity economy modes as well as explain the above-mentioned dual way of subsistence.
3. **Impact on vegetation**. On very close cooperation with Subproject 2 we will also address the impact of climate variability on the vegetation development in the Peninsula based on the study of the pollen records in marine cores. We will collaborate with Dr. J.S. Carrión.

4. **Correlation with record from other areas.** All obtained data and variation curves will be correlated with paleoclimatic records gained in other areas of the world: tropics, ice sheets, etc.
5. **Correlation with lake records and cave deposits.** The correlation with lake records are specifically mentioned (see 3.4 for details).
6. **Prediction.** The better knowledge of the responses of different climate subsystems can contribute, as said above, to the prediction of these responses, particularly in the case of future climate changes. Moreover, the study of cyclic variations will allow establishing predictable future variations.
7. **Publications and results diffusion.** The diffusion plan is summarized in item 5 of this project. We will give the highest diffusion to our results, as well as will transfer them to socio-economic groups interested on them.

* **Application for Training Personnel:** Subproject 4 asks for the admission in the same Program of Researchers Training and Technicians Training.

In the first case, the demanded group considers its size and training capacity suitable for the admission of new PhD Students (see Sect. 7), which would also imply the increases profit of the results and the acquisition of higher benefits for the Project. The multidisciplinary approach of this project, with such a detailed and high resolution profile, requires a great volume of lab work, which would be carried out with evident more efficiency with the input of training research personnel. On the other hand, there are some aspects in the project that require a more specific research, and cannot be approach in detailed without consequent lacks of general tasks of the Project. In this sense, it is important to mention the importance of several topics that could be chosen as object of the Doctoral Thesis, such as:

- a) Barium biogeochemical cycle: Although during the last decades, remarkable advances have been achieved in the knowledge of chemical composition of the oceans, and the biogeochemical cycle of most elements is well constrained, the precipitation processes of Ba in marine basins is poorly known. Being barite one of the most widely accepted proxies for productivity and oceanic conditions, as mentioned above, the understanding of the biogeochemical cycle of barium is considered to be one of the essential pillars to approach the global change topic so that further studies on the field would signify a valuable input for the proposed project.
- b) Aeolian input: Despite the substantial advances on the research of the wind derived material and atmospheric response to climate variability in the past, not all proxies of aeolian input in the sedimentary record are well constrained nor widely applied. A more detailed research on the frame of a doctoral project would likewise increase the value of the global project.
- c) Reconstruction of salinity and oceanic paleocirculation: Finally, even though there are plenty of more topics to explore within the project, the quantification of parameter such as salinity and sea surface temperature, and in turns, the establishment of the conditions of paleocirculation would imply a topic of significant interest in case of being the object of a Doctoral Thesis.

Regarding the application for technician personnel, it is unarguable that the Project requires a great deal of laboratory work (see section Methodology and Working Plan) and thus, the application is plainly justified. The techniques to be used are very different, including basic aspects related to sample preparation or the use of complex analytical devices, all of which would allow a widely diverse training of technicians. Most of the techniques applied are commonly used in industrial applications (quality control of construction materials, non-renewable resources prospecting, etc.). These technicians would gain experience in techniques and methodologies included in the Project, comprising a wide range of possibilities that would improve their chances in job searching both in the industry and, of course, in research-related jobs. Regarding this remark, the multidisciplinary approach that the Project plans covers a great deal of the most common techniques used in Earth Science research and Material research. At the same time, a mutual benefit would be reach, since the Project would enjoy the work of such technicians, and the subsequent saving on time for research personnel in lab duties, that in many cases have to be completed due to lack of technicians. The volume of samples that are planned to analyze requires a great amount of lab time, lacking the necessary technical personnel to finish. This has a negative impact on the desirable development of any research project. This application offers a great chance in this sense, allowing the possibility of increasing the quality and quantity of the results

Table 1. Summary of methods, techniques and task as well as the information provided by different analyses and proxies.

METHODS/TECHNIQUES/TASKS	ANALYSIS RESULTS	PROXY INFORMATION	OBJECTIVES
ONBOARD			
Bottom profiler, side scan sonar, seismic	Topography, bottom morphology, seismic profiles	Information for targeted sites	1
Core description	Facies, color	Sedimentary regime and diagenetic alteration	1
Magnetic susceptibility	Magnetic susceptibility profiles	Physical properties	1
LABORATORY (Cores)			
Core description	Textures and structures	Sedimentary regime	3
XRF Core scanner	Multielemental analysis	Sedimentary regime, oxygenation, diagenetic alteration	3
LABORATORY (Core samples)			
Smear slides	Facies characterization	Sedimentary regime	3, 4
Sedigraph	Grain size	Sedimentary regime and eolian input	3, 4
Optic microscopy	Foram assemblages, smear slides	Biostratigraphy, sedimentary regime, SSTs, salinity, circulation	3, 4
CHNS	TOC (N y S)	Productivity, oxygenation, diagenesis	2, 3, 4
X ray Diffraction	Bulk and clay mineralogy	Sedimentary regime and eolian input	3, 4
SEM, TEM	Morphology and composition of mineral phases. Preservation of foram shells	Sedimentary regime, diagenesis	3, 4
Mass Spectrometry (Stable isotopes)	Isotope composition	Productivity, oxygenation, circulation, biogeochemical cycles	2, 3, 4

X ray Fluorescence	Major elements	Sedimentary regime, eolian input, productivity, oxygenation, circulation, biogeochemical cycles, pollution	2, 3, 4
Sequential leaching	Barite separation	Productivity, biogeochemical cycles	3, 4
METHODS/TECHNIQUES/TASKS	ANALYSIS RESULTS	PROXY INFORMATION	OBJECTIVES
TIMS	Sr isotopes and Sm-Nd	Sedimentary regime, eolian input	3, 4
Sequential leaching procedures	Barite separation, opal analyses and palinology	Productivity	2, 3, 4
ASM (¹⁴ C)	Age	Chronology	2, 3, 4
Office work			
Data interpretation	Climate profiles		3, 4, 5
Archaeological and historical data	Historical fluctuations	Correlation	3, 4, 5
Mathematical analysis	Parameters	Sedimentation rates, salinity, temperature, barite accumulation rates	3, 4, 5
Selection of proxies	Productivity, oxygenation, sedimentary regime and diagenesis proxies	Sedimentary regime, eolian input, productivity, oxygenation, circulation, biogeochemical cycles, pollution	2, 3, 4, 5
Calibration	Productivity, oxygenation, sedimentary regime and diagenesis proxies	Proxy validation	2
Integration and interpretation	Interpretation	Climate profiles, cyclicity human impact, correlation, prediction	4, 5

Referentes Subproject 4.

- Asquerino, M.D. 1977: Notas sobre periodización del Neolítico español: el proceso de neolitización y el horizonte cardial. Actas XIV Congr. Nnal. Arqueología (Vitoria, 1975): 231-240.
- Bárcena, M.A., Isla, E., Plaza, A., Flores, J.A., Sierro, F.J., Masque, P., Sánchez-Cabeza, J.A. and Palanques, A. 2002. Bioaccumulation record and paleoclimatic significance in the Western Bosphorus Strait. The last 2000 years. Deep-sea research part II-Topical studies in oceanography, 49(4-5): 935-950.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A. and Wasserburg, G.J. 1999. The Eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel. Earth and Planetary Science Letters, 166: 85-95.
- Berger, W.H. and Gardner, J.V., 1975. On the determination of Pleistocene temperatures from planktonic foraminifera. Journal of Foraminiferal Research, 5, 102-113.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. and Bonani, G. 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. Science, 278: 1257-1266.
- Cacho, I., Grimalt, J. O. and Canals, M. 2000. Response of the western Mediterranean sea to rapid climatic variability during the last 50,000 years: a molecular biomarker approach. Journal of Marine Systems, 33-34: 253-272.
- Calvert, S.E. and Pedersen, T.F. 1993. Geochemistry of Recent oxic and anoxic marine sediments: Implications for the geological record. Marine Geology, 113: 67-88.
- Chapman, M.R. and Shackleton, N.J. 2000. Evidence of 550-year and 1000-year cyclicities in North Atlantic circulation patterns during the Holocene. Holocene, 10(3): 287-291.
- Cullen, H.M., de Menocal, P.B., Hemming, S., Hemming, G., Brown, F.H., Guiderson, T. and Sirocko, F. 2000. Climate change and the collapse of the Akkadian empire: Evidence from the deep sea. Geology, 28(4): 379-982.
- Damnati, B. and Taieb, M. 1995. Solar and ENSO signatures in laminated deposits from lake Magadi (Kenya) during the Pleistocene/Holocene transition. Journal of African Earth Sciences, 21(3): 373-382.
- del Giorgio, P.A. and Duarte, C.M. 2002. Respiration in the open ocean. Nature, 420: 379-384.
- Dehairs, F., Lambert, C.E., Chesselet, R. and Risler, N. 1987. The biological production of marine suspended barite and the barium cycle in the western Mediterranean Sea. Biogeochemistry, 4: 19-139.
- deMaster, D.J. 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. Geochimica et Cosmochimica Acta, 45: 1715- 1732.
- deMenocal, P.B. 2001. Cultural responses to climate change during the Late Holocene. Science, 292: 667-673.
- Duplessy, J.C., et al., 1991. Surface salinity reconstruction of the North Atlantic Ocean during the last glacial maximum. Oceanologica Acta, 14,311-324.
- Dymond, J., Suess, E. and Lyle, M. 1992. Barium in deep sea sediment: a geochemical proxy for paleoproductivity. Paleoceanography, 7: 163-181.
- Gallet, S., Jahn, B., Van Vliet Lanoë, B., Dia, A. and Rossello, E. 1998. Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust, Earth and Planetary Science Letters, 156: 157-172.
- González-Donoso, J. M. and Linares, D. 1998. Evaluation of some numerical techniques for determining paleotemperatures from planktonic foraminiferal assemblages. Revista Española de Paleontología, 13: 107-129.
- González-Munoz, M. T., Fernandez-Luque, B., Martinez-Ruiz, F., Ben Chekroun, K., Arias, J. M. Rodriguez-Gallego, M. Martinez-Canamero, M. Linares, C. Paytan, A. 2003 Precipitation of Barite by Myxococcus xanthus: Possible Implications for the Biogeochemical Cycle of Barium. Applied and Environmental Microbiology 69(9), 5722-5725.
- Hamrroush, H.A. and Stanley, D.J. 1990. Paleoclimatic oscillations in East Africa interpreted by analysis of trace elements in Nile delta sediments. Episodes, 13: 264-269.
- Haug, G.H., Hughen, K.A., Sigman, D.M., Peterson, L.C. and Röhl, U. 2001. Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone Through the Holocene. Science, 293: 1304-1308.
- Hernando, A. 1999. *Los primeros agricultores de la Península Ibérica*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Hutson, W.H. 1980. The Agulhas Current during the Late Pleistocene, analysis of modern faunal analogs. Science 207, 64-66.
- Imbrie, J. and Kipp, N.G., 1971. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology. Application to a late Pleistocene Caribbean core. In: Turekian, K.K. (Ed.), The Late Cenozoic glacial ages. Yale Univ. Press, New Haven, pp. 71-131.
- Jimenez-Espejo, F. J., Martinez-Ruiz, F.; Sakamoto, T.; Ijima, K. & Harada, N. Paleoenviromental changes in the Balearic basin since the last glacial: linking western and eastern climate responses in the Mediterranean. *Palaeoogeogr., Palaeoecol.* (submitted).
- Jones, B. and Manning, D.A.C. 1994. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. Chemical Geology, 111: 111-129.
- Kallel, N., Paterne M., Labeyrie, L., Duplessy, J. C. and Arnold, M., 1997. Temperature and salinity records of the Tyrrhenian Sea during the last 18,000 years. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology, 135, 97-108.
- Krijgsman, W. 2002. The Mediterranean: *Mare Nostrum* of Earth Sciences. Earth and Planetary Science Letters, 205: 1-12.
- Krom, M.D., Michard, A., Cliff, R.A. and Strohle, K. 1999. Sources of sediment to the Ionian Sea and western Levantine basin of the Eastern Mediterranean during S-1 sapropel times. Marine Geology, 160: 45-61.

- Martínez-Ruiz, F., Kastner, M., Paytan, A., Ortega-Huertas, M. and Bernasconi, S.M. 2000. Geochemical evidence for enhanced productivity during S1 sapropel deposition in the eastern Mediterranean. *Paleoceanography*, 15 (2): 200-209.
- Martínez-Ruiz, F., Paytan, A., Kastner, M., González-Donoso, J.M., Linares, D., Bernasconi, S.M. and Jimenez-Espejo, F.J. 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 190: 23-37.
- Martínez-Ruiz, F., González-Donoso, J.M., Linares, D., Jimenez-Espejo, F.J., Gallego-Torres, D., Romero, O. and Paytan, A., 2004. Respuesta de la productividad biológica marina al cambio climático: registro de alta resolución de la cuenca del mar de Alborán. *Geotemas* 6, 125-128.
- Miliana, J.P. and Lopez, S. 1998. Solar cycles recorded in Carboniferous glaci-marine rhythmites (Western Argentina): relationships between climate and sedimentary environment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 144(1-2): 37-63.
- Müller, P. and Schneider, R. 1993. An automated leaching method for the determination of opal in sediments and particulate matter. *Deep-Sea Research*, 40: 425-444.
- Paytan, A., Kastner, M., Martin, E.E., MacDougall, J.D. and Herbert, T. 1993. Marine barite as monitor of seawater strontium isotope composition. *Nature*, 366: 445-449.
- Paytan, A., Kastner, M. and Chavez, F. 1996. Glacial to interglacial fluctuations in productivity in the equatorial Pacific as indicated by marine barite. *Science*, 274: 1355-1357.
- Paytan, A., Mearon, S., Cobb, K. and Kastner, M. 2002. Origin of marine barite deposits: Sr and S isotope characterization. *Geology*, 30: 747-750.
- Richardson, C.A., 2001. Molluscs as archives of environmental change. In: *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* (Gibson, R.N., Barnes, M. and Atkinson, R.J.A., eds.): 103-164. Taylor & Francis.
- Rostek, F. et al., 1993. Reconstructing sea surface temperature and salinity using ^{18}O and alkenone records. *Nature*, 364, 319-321.
- Schmitz, B. 1987. Barium, equatorial high productivity, and the northward wandering of the Indian continent. *Paleoceanography*, 2: 63-78.
- von Rad, U., Shaaf, M., Michels, K.H., Schulz, H., Berger, W.H. and Sirocko, F. 1999. A 5000-yr record of climate change in varved sediments from the oxygen minimum zone off Pakistan, northeastern Arabian sea. *Quaternary research*, 51(1): 39-53.
- Wang, S.W. 2005. Abrupt climate change and collapse of ancient civilizations at 2200BC-2000BC. *Progress in natural science* 15, (10) 908-914.
- Wehausen, R. and Brumsack, H.J. 1998. The formation of Pliocene Mediterranean sapropels: constraints from high-resolution major and minor elements studies. In: *Proc. ODP, Sci. Results* (Robertson, A.A.F., Emeis, K.C., Richter, C. and Carmerlenghi, A., eds.): 160: 207-218.
- Wehausen, R. and Brumsack, H.J. 1999. Cyclic variations in the chemical composition of eastern Mediterranean Pliocene sediments: a key for understanding sapropel formation. *Marine Geology*, 153: 161-176.
- Weiss, H. and Bradley, R.S. 2001. What drives societal collapse? *Science*, 291: 609-610.
- Wignall, P.B. and Maynard, J.R. 1993. The sequence stratigraphy of transgressive black shales. In: *Source rocks in a sequence stratigraphical framework* (Katz, B.J. and Pratt, L., eds.), AAPG Studies in Geology: 35-47.
- Wilkin, R.T., Barnes, H.L. and Brantley, S.L. 1996. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions. *Geochimie et Cosmochimie Acta*, 60: 3897-3912.
- Wilkin, R.T., Arthur, M.A. and Dean, W.E. 1997. History of the water-column anoxia in the Black Sea indicated by pyrite framboid size distributions. *Earth and Planetary Science Letters*, 148: 517-525.
- Zvelebil, M. [Ed.]. 1986. *Hunters in transition. Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition to farming.* Cambridge University Press.

4.2. Creation of regional and sub-regional series.	URV	MB, JS																	
5.1. Assessment, comparison and definition of the best calibration method	URV	MB, JS																	
5.2. Application of the calibration method selected to the data	URV	MB, EA																	
6.1. Analysis of low and high-frequency climate variability: Spatial and temporal patterns of Iberian climate variability	URV	MB, EA, JS, OS																	
6.2. Analysis of causal mechanisms of climate variability over IP	URV	MB, EA, JS, OS																	

LIMNOCAL

Researchers: BV: Blas Valero Garcés; PM: Pilar Mata; PG: Penélope González Sampériz; AM: Ana Moreno; MM: Mario Morellón; CM: Celia Martín; MR: Mayte Rico; AG: Antonio J. González Barrios; LS: Luisa Santos; MRV: María Rieradeval; TV: Teresa Vegas; EI: Emi Ito; DE: Daniel Engstrom; JCV: José Carlos Vega; MAG: Miguel Angel García Vera

Collaborators: SG: Santiago Giralt; RB: Roberto Bao; VR: Valentí Rull; JC: José S. Carrión; SF: Santiago Fernández; MMR: Maite Martín Rubio; JR: Julio Rodríguez Lázaro; AB: Achim Brauer; JCL: Juan Cruz Larrasoña; AD: Antonio Delgado Huertas; LCRM: Limnological Resech Center Members

TS: Technician requested

BS1-BS2: Fellows requested

Responsible Centers: IPE: Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, UCA: Universidad de Cádiz, UCO: Universidad de Córdoba, UACO: Universidad de A Coruña, UB: Universitat de Barcelona, LRC-UMN: Limnological Research Center, Universidad de Minnesota; UPV: Universidad del País Vasco; CHE: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Collaborator Centers: IJA: Instituto Jaume Almera-CSIC; UM: Universidad de Murcia; PU: Postdam University, EEZ: Estación Experimental el Zaidín-CSIC; UPV: Universidad del País Vasco; UAB: Universitat Autonoma de Barcelona; UZ: Universidad de Zaragoza; LRC: Limnological Research Center of Minnesota.

Activities	Responsible Centre	Researchers	First year (*)	Second year (*)	Thirst year (*)
1. Collection, study and evaluation of available limnological data and transfer functions for the Iberian Peninsula	IPE, UCA, UACO, UB, UM, UPV, UAB, PU	BV, AM, MM, PG, LS, MRD, MMR, AB, VR, JC,			
2. Working plan to monitor the selected lakes					

2.1. Seasonal water sampling and measurements of limnologic properties in situ	IPE, UCA, UPV, CHE, UCO,	JCV, MAG, AG, MR, BV, AM, MM, BS1, BS2, TS			
2.2. Collecting current samples of present day pollen, diatoms chironomids and ostracods assemblages	IPE, UACO, UB, UPV, UAB,	PG, LS, MRD, TV, RB, VR, MM, MMR, JR, BS			
3. Short cores. Chronology and multiproxy analyses					
3.1. Chronology: ²¹⁰ Pb – ¹³⁷ Cs	IPE, LRC-UMN	BV, DE			
3.2. Sedimentology, Continuous properties, Geochemistry, Pollen, Diatoms, Chironomids and Ostracods	IPE, UCA, UB, UACO, UPV, UAB	BV, AM, MR, PM, CM, PG, LS, TV, RB, MRD, MM, MMR, JR, BS1, BS2			
4. Long cores. Multidisciplinary analyses					
4.1. Sedimentology, Continuous properties, Geochemistry, Pollen, Diatoms, Chironomids, Ostracods and Statistical Analyses (responsibles researchers of each activity are listed in table 3 of the Methodology)	IPE, UCA, PU, IJA, LRC, UZ, EEZ, UACO, UM, UAB, UB	BV, PM, CM, SG, AB, MM, AM, EI, LRCM, DE, JCL, AD, PG, LS, JC, SF, VR, TV, RB, MRV, MR, BS1, BS2, TS			
4.2. Chronology (¹⁴ C AMS, U/Th series and varve counting))	IPE, LRC	BV, LRCM, MM			
5. Climate proxies integration and Calibration	IPE, all centers	All researchers			

CAVECAL

Activity-Tasks	University Setting	Research Personnel	First year(*)	Second year (*)	Third year (*)
Water sampling (8 samples/year)	U. Oviedo	<u>M. Jiménez</u>			
		M. J. Domínguez			
		H. Stoll			

Water analysis (coordinated with sampling)	U. Oviedo U. Málaga Limnocal	<u>H. Stoll</u> I Vadillo Equipo Málaga- Limnocal			
			X X X X X	X X X X X	
Speleothem sampling (2/year)	U. Oviedo	<u>M. Jiménez</u> M. J. Domínguez H. Stoll			
			x	x x	
Isotopic and elemental análisis of speleothems	U. Oviedo; U. Lisboa U. Malaga U. Minneapolis	<u>H. Stoll</u> I. Vadillo; Limnocal R. Trigo			
			x x	x x	
Dating of speleothems Measurement of growth rate	U. Oviedo; U. Lisboa U. Malaga U. Minneapolis	<u>H. Stoll</u> I. Vadillo Equipo Limnocal			
			x x	x x x	
Data interpretation and modeling	U. Oviedo U. Malaga U. Lisboa	<u>H. Stoll</u> R. Trigo I. Vadillo			
				x x	x x x x
Integration of results and preparation of publications	U. Oviedo U. Malaga U. Lisboa	<u>H. Stoll</u> , M. J. Domínguez, I. Vadillo R. Trigo M. Jiménez			
					x x x x

MARCAL

Activities/Tasks	Research Center	Principal Investigador and team members	First Year (*)	Second year(*)	Thrid year (*)
Core description	IACT	<u>FMR</u> , OR, DG, FJJE IC			
			x x	x x	
Magnetic susceptibility	IACT	<u>FMR</u> , OR, DGT, FJJE IC			
			x x	x x	
Core sampling	IACT, UGR	<u>FMR</u> , OR, DGT, FJJE			

		IC			
			x x x x x	x x	
XRF Core scanner	JAMSTEC	<u>TS</u> , FJJE			
			x x x x x	x x	
Smear slides	IACT, UGR	<u>DGT</u> , FMR, OR			
			x x x x x	x x	
Grain size	IACT	<u>FMR</u> , OR, DGT			
			x x x x x	x x	
Foram assemblages	UMA, UB	<u>JM JMGD</u> , DL, IC GD	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x
TOC	IACT, ETH	<u>DGT</u> , SB	x x x	x x x x x	
Xray Diffraction	IACT, UGR	<u>DGT</u> , SB	x x x x x x x	x x x x x x	x x x x
SEM, TEM		<u>MOH</u> , IP, FMR, AP	x x x x	x x x x x x	x x
Isotope composition	UB, ETH, UST	<u>IC</u> , SB, AP, JGD, DL	x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x
Major and trace elements	IACT, UGR	<u>FMR</u> , MO,DGT,OR, IC, FJJE, AP, TS	x x x x x x x x	x x x x x x x x x x	x x x
Discussion and dissemination of results	All	Everyone	x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x	x x x x x x x x x x x x x x

5. BENEFICIOS DEL PROYECTO, DIFUSIÓN Y EXPLOTACIÓN EN SU CASO DE LOS RESULTADOS

The proposal will provide unique scientific and social contributions as a direct result of its interdisciplinary approach to the global change challenge. From a scientific point of view, our project will contribute to the global effort of understanding natural climate variability and their thresholds and future climate changes at a regional scale by focusing in the integration of high resolution climate reconstructions, long instrumental time series, and implementation of calibration techniques.

The objectives of the proposed research fit well into the goals of the international organizations as PAGES and CLIVAR. We will be providing long, high-resolution reconstructions of climate variability from a region extremely sensitive to changes in effective moisture and atmospheric dynamics. The nature and timing of these events in the western Mediterranean will help to clarify the correlation between the better - known northern European chronologies and the African records and the contribution of north Atlantic (SST) and tropical factors in temperate latitudes. We will provide deliverables to document the frequency, temporal resolution, and spatial extent of past rapid climate changes, and to better understand the mechanisms and forcings of such abrupt changes. We will be able to evaluate the impact of events such as Heinrich events, Dansgaard-Oeschger cycles, the 8 kyr cooling event during the Holocene and the millennial scale variability during the Holocene. The novel approach of multiproxy, archive-specific calibration with modern climate variables will provide long term, quantitative climate data for the Iberian Peninsula.

The project represents a large-scale effort of several Spanish research groups to the challenge of developing a multidisciplinary strategy to understand some of the outstanding problems on Iberian climate variability and the response of ecosystems to present and past periods of rapid climate change. The project integrates aspects of the three main research lines outlined in the call as Biodiversity, Climate Change, and Earth Sciences. A group of experts on long instrumental climate series has teamed up with experts on terrestrial (lakes and speleothems) and marine archives of past climate changes. By doing so, we have realized an important effort to coordinate scientific activities and strategies, following the philosophy of the Spanish National Scientific Programme. Due to the complex nature of Climate Change, an interdisciplinary approach is sought to understand the interactions between climate, human activity and the Biosphere-Geosphere-Hydrosphere. A major benefit of such integration of activities and strategies will be a better understanding of the complex dynamics of the climate systems, not possible with single proxies, limited data sets or only instrumental data.

The results produced by the project will be transferred to: i) the climate model community, to run better computer models and check scenarios of future and past climate change, ii) the government agencies and policy-makers to be taken into account when developing policies to cope with global change and manage some of the foreseen impacts in Iberian ecosystems and Spanish economy, iii) the Natural Reserve and national Park where some of the sites are located, to help them manage the natural resources and the environment, iv) the climate research community because of the global implications of the findings on Iberian climate variability. All data generated by the project will be documented and submitted to the World Data Center for Paleoclimatology at the National Geophysical Data Center in Boulder, Colorado. In order to achieve the maximum dispersion of the results, we plan to continue publishing our findings in international journals and scientific meetings. The group has a proven record of international publications and also participation in national initiatives to communicate science to researchers and the general public. Among them, national meetings, developing a common web page for the CALIBRE proposal with posting of the preliminary results, public conferences and talks and collaboration with the scientific and technical staff of the protected ecosystems located in the terrestrial sites. At present, our results, publications, conferences and news are spread in several web pages (<http://www.ugr.es/local/climed>; <http://www.ipe.csic.es/limnogeologia.htm>).

Additionally, the investigation lines proposed in this project are strongly interesting for the research to be carried out in other subprograms of this national plan. As an example, the MARCAL subproject of this coordinated proposal is highly related with the *Subprograma Nacional de Ciencias y Tecnologías Marinas*, specially in the context of point 3: *Investigación oceanográfica en el contexto del cambio global*. Besides that, we are going to maintain a close collaboration with the proposal entitled *Paleodiversita: Paleoflora y Paleovegetación Ibérica*, presented to this call (*Subprograma Nacional de Biodiversidad*) by Dr. J. S. Carrión García.

6.1 FINANCIACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA (PROYECTOS Y CONTRATOS DE I+D) DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO INVESTIGADOR

Debe indicarse únicamente lo financiado en los últimos cinco años (2000-2004), ya sea de ámbito autonómico, nacional o internacional.

Deben incluirse las solicitudes pendientes de resolución.

CLICAL

Title of the Project	Relationship with present proposal(1)	Responsible researcher	Obtained grant	Funding Institution and project reference	Duration (2)
			EURO		
1. Seguimiento estacional del cambio climático en Cataluña a partir de datos meteorológicos	2	Dr. J. Martín Vide Dr. Diego López Bonillo	51.617,32	CIRIT	2001-2003 C
2. European and North Atlantic Daily to Multidecadal Climate Variability (EMULATE)	1	Dr. Philip Jones (Coord.), Dr. Manola Brunet (socio español)	150.231	UE EVK2-2001-00313	2002-2005 C
3. Evaluación y minimización del sesgo incorporado en las series más largas de la temperatura del aire en España asociado al cambio en la exposición de los termómetros (SCREEN)	1	Dra. Manola Brunet	20.500	CICYT REN2002-00991/CLI	2002-2005 C
4. Análisis espacio-temporal de la variabilidad de la precipitación diaria. Análisis del cambio a largo plazo de la precipitación en España. Modelización de sus episodios extremos en la cuenca del Ebro (ANETPREX)	1	Dr. Jesús Abaurrea	29.000	CICYT REN2002-00009/CLI	2002-2005 C
5. Recuperación y digitalización de datos diarios de estaciones meteorológicas españolas del siglo XIX (RECUPERA)	1	Dra. Manola Brunet	11.600	Ministerio Medio Ambiente (INM)	2003 C
6. Monitoring and Assessment of Climate change and Extremes (MACE)	1	Dr. A.M.G. Klein-Tank Dr. Manola Brunet (socio español)	-	UE. FP6. Sixth Framework Programme Sub-Priority 1.1.6.3 "Global Change and Ecosystems". Aceptado en primera ronda	2005 S

7. La creación de una Base de Meta Datos Relacional y la extensión temporal de las series más largas de presión atmosférica, temperatura y precipitación. Hacia una mejor detección y caracterización espacio-temporal del cambio en el comportamiento extremo del clima	1	Dra. Manola Brunet	-	CICYT	2006 S
8. Advances in Homogenisation Methods - an integrated approach	1	Dr. Olivier Mestre	-	European Cooperation in the field of Scientific and Technical research (COAST)	2006 S

LIMNOCAL

Title of the Project	Relationship with present proposal(1)	Responsible researcher	Obtained grant	Funding Institution and project reference	Duration (2)
			EURO		
Paleoclimatology of the Central Andes	1	Heinz Veit	246.098,439	Fundación Nacional de la Ciencia (Suiza) National Swiss Foundation	C:Sept. 1997 - Sept. 2000
Development of a Global Lake Drilling Facility with Pilot testing in Bonneville Basin (GLAD)	1	Kerry Kelts, Dennis Nielson, Steven Colman, Walter Dean, Andy Cohen.		National Science Foundation (EE UU) y International Continental Drilling Program - Potsdam.	C:1999-2000
Periodos áridos en la zona Mediterránea de la Península Ibérica desde el último máximo glacial: cronología, caracterización e implicaciones paleoclimáticas. IBERARID	0	Blas L. Valero Garcés	51.020,4	DGCYT	C:2000-2003
Origen de solutos y evolución paleohidrológica en sistemas lacustres cuaternarios con influencia hidrotermal (Altiplano de los Andes Centrales). ANDESTER	1	Alberto Sáez	82.939,66	DGCYT	C:Mayo 2002-Mayo 2005

Quaternary Paleoclimate records from tropical South America: Lake Titicaca.	1	Paul Baker, Geoff Seltzer & Sheri Fritz		NSF EE UU	C:2000-2004
Evolución ambiental y efectos del impacto antrópico en el complejo lagunar de Bujaraloz-Sástago. Bases científicas para la conservación y el desarrollo sostenible de las Saladas de Los Monegros	1	Blas L. Valero Garcés	24.009,6	Diputación general de Aragón	C:2002-2004
Acción Especial: Sondeos en Lago Chungará (Chile)	1	Conxita Taberner y Blas L. Valero Garcés	18.007,2	CICYT	C:2002
Sr isotopes to gauge climatic vs. Tectonic effects on carbonate sedimentation in continental basins	1	Elizabeth Gierlowski-Kordesch		National Science Foundation EE UU	C:2002-2004
El corredor del Valle del Ebro como vía de comunicación hacia el sur en el paso del Tardiglaciario al Holoceno	1	Pilar Utrilla Miranda		CICYT	C:1998-2001
Protección y divulgación del patrimonio cultural en el parque de la Sierra de Guara: El caso de la cueva de Chaves	2	Pilar Utrilla Miranda		Diputación General de Aragón	C:1998-2000
Santuarios rupestres frente a lugares de hábitat	2	Pilar Utrilla Miranda		CICYT	C:2002-2005
Implantación y desarrollo de las comunidades agrarias en Aragón durante la Prehistoria reciente	2	Jose M ^a Rodanés Vicente		Diputación General de Aragón	C:2002-2005

Pautas y procesos de cambio vegetal y umbrales de vulnerabilidad del bosque mediterráneo	2	José S. Carrión García	115.550	CICYT	2003-2006
International Marine Global Change Studies (IMAGES)	1	Dr. Joan O. Grimalt (Barcelona); Dr. M. Samthein (Alemania, coordinador general)		Comisión Europea	C:2000-2002
GRANDES (Procesos de inestabilidad sedimentaria en márgenes continentales e insulares españoles: los megadeslizamientos del Ebro y de Canarias)	2	Miquel Canals Artigas	92.315	CICYT	C: 1998-2001
Fenómenos extremos en el registro sedimentario de lagos en contexto volcánico-hidrotermal activo - LAVOLTER	1	Conxita Taberner, Santiago Giralt	140.000	CICYT	C: Dic 2004- Dic 2007
Acción Complementaria: Establecimiento de una red piloto para el inicio de la red española de observaciones temporales de ecosistemas (REDOTE).	2	Fernando Valladares	15.000	CICYT	C: 2005-2006
ALTER-NET: Policy process and knowledge transfer in Natura 2000 implementation.	2	Fernando Valladares (coordinador español)		Comisión Europea	C: 2004-2007
Acción Complementaria IBERLIMNO: "Registros lacustres de alta resolución en España"	1	Blas L. Valero Garcés	12.000	CICYT	C:2005-2006
Cambio global durante el Cuaternario reciente en la Península Ibérica: el registro sedimentario de la Laguna del Cañizar (Villarquemado, Teruel)	1	Blas L. Valero Garcés	47.194	Diputación General de Aragón	C.2006-2008

Hydrological and Limnological Response of Iberian Karstic lakes to Holocene climate change and human impact.	1	Emi Ito Blas L. Valero Garcés	300.000	NSF (USA)	S: 2006-2009
Establecimiento de historias termales en cuencas y zócalos (Cordillera Ibérica y Pirineos Meridionales) mediante termocronología de huellas de fisión y otras herramientas geocronológicas y mineralógicas.	3	Luis C. Barbero González	48.000	CICYT BTE - 2002-04168-03-02	2003-2005 (c)
Análisis Del Registro Magnético En Materiales Pleistocenos Y Holocenos De Interés Arqueológico	1	Manuel Calvo rathert	25.000	Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Castilla y León.	(2006-2008) S
Respuestas ecológicas del microbentos a la acumulación de macroalgas nitrófilas en sedimentos intermareales: Senescencia y diagénesis temprana.	1	Alfonso Corzo Rodriguez	140.000	CICYT	(2007-2010) S
Climate history as recorded by ecologically sensitive Arctic and Alpine lakes in Europe during the last 10,000 years: A multy-proxy approach (CHILL-10,000)	1	Dr. A. KORHOLA (U. Helsinki, Finland)	3380.6	Environment and Climate EU	1998-2001 (C)
EMERGE: European mountain lake ecosystems: regionalisation, diagnostics and socio-economic evaluation.	1	Dr. S. PATRICK (UCL, London)	333.963	EVk1-CT-1999-00032. CEE. Environment.	2000-03 (C)
Seguiment ambiental del Pla Delta sobre els sistemes naturals	2	Dra. M. Rieradevall (para los subproyectos 1 y 2). Coord. General: Dr. G. Llorente (UB)	(Subproyectos 1 y 2) 53.161,61	Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Direcció General de Boscos i Biodiversitat	2003-2005 (C)
El estado ecológico de los ríos mediterráneos del nordeste de la península Ibérica: Ríos en zonas fuertemente urbanizadas o agrícolas.	3	Dr. N. PRAT (Univ. Barcelona)	35879.7	CICYT HID98-0323-C05-01.	1998-2001 (C)

GUADALMED 2: Estado ecológico de los ríos mediterráneos de la comunidad valenciana. Regionalización ecológica, estaciones de referencia y métodos predictivos de evaluación de la calidad.	3	Dra. M. RIERADEVALL	34869.23	Plan Nacional de I+D. Proyecto REN2001-3438-C07-03	2001-2004 (C)
AJSA_ Ajuntament de Sabadell	3	Dr. N. PRAT	17700	Ajuntament de Sabadell	1999-2003(C)
Estat ecològic dels rius rieres del riu Ter	3	Dr. N. PRAT	22237	Consorci Alba-Ter	2000-2002(C)
Qualitat ecològica de les aigües dels rius de la província de Barcelona	3	Dr. N. PRAT	33855,66	DIBA	2001-2002(C)
Qualitat ecològica de les aigües dels rius de la província de Barcelona	3	Dr. N. PRAT	33055	DIBA	2002-2003 (C)
Estat ecològic dels ecosistemes aquàtics del Parc de Collserola	3	Dr. N. PRAT	34858	Consorci Parc de Collserola	2002-2005(C)
Qualitat ecològica de les aigües dels rius de la província de Barcelona	3	Dr. N. PRAT	33055	DIBA	2003-2004 (S)
Biogeografía de los Tricópteros en el Mediterráneo occidental: aspectos históricos y ecológicos que afectan a la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos mediterráneos	3	Dr. N. PRAT (Univ. Barcelona)	11665	Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), Programa de Cooperación Interuniversitaria entre España y Marruecos 70/04/P/E	2004-2005 (C)

Conservación de la biodiversidad frente al calentamiento global en las Tierras Altas de Guayana (Norte de Sudamérica)	1	Valentí Rull	159.504	Fundación BBVA	2005-2007
Factores forçadores globais versus locais e evolução pós tardiglaciár de estuários e lagunas do SW Português	1	M. C. Freitas (Universidade de Lisboa)	180.000	Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT. Antigua JNICT), Ministério da Ciência e da Tecnologia, Portugal (código: PDCTM/P/MAR/15231/1999)	2002-2003
The International Marine Past Global Changes Study (IMAGES)	1	L. Labeyrie, J.-L. Turon y F. Grousset (Université Bordeaux 1)		Comunidad Europea, DGO, UMR-CNRS 5805, Université Bordeaux 1, PNDEC (CNRS-INSU)	1995-2004
Evaluación de la escorrentía de terrenos agrícolas como factor de contaminación de ecosistemas fluviales	2	M. T. Taboada Castro	71.070	D.G.E.S.I.C., Ministerio de Ciencia y Tecnología (código: REN2003-08143 HID)	2003-2006

CAVECAL

Title of the Project	Relationship with present proposal(1)	Responsible researcher	Obtained grant	Funding Institution and project reference	Duration (2)
Improving the utility of proxies from coccolith chemistry: calibration and analytical advances	1	Heather Stoll	47.000	National Science Foundation (EEUU)	2004-2006
Testing the climate-weathering feedback on the carbon cycle over Quaternary monsoon cycles in the Bay of Bengal	1	Heather Stoll	50.000	American Chemical Society Petroleum Research Fund	2004-2007

Coccolithophorid Ecology and Evolutionary Biodiversity Network (CODENET)	1	Jeremy Young (Natural History Museum, London)	3.000.000	European Community	1997-2001
Geomorfología de la Cueva de Tito Bustillo y su entorno (Ribadesella)	1	Montserrat Jiménez Sánchez	11.693	Consejería de Cultura, Comunicación y Turismo del Principado de Asturias.Ref. CN-03-148	july-december 2003
Ocean Circulation in the Tropical Pacific: A Geochemical and Modeling Study	2	Daniel P. Schrag	220.000	National Science Foundation (EEUU)	1997-2001
Actividad sismotectónica, estructura litosférica y modelos de deformación Varisca y Alpina en el Noroeste de la Península Ibérica. AMB98-1012-C02-02	3	J. Alvarez Pulgar	90.000	CICYT AMB98-1012-C02-02	1998-2001
Caracterización hidrogeológica de acuíferos carbonatados del sur de España a partir de sus respuestas naturales. Aplicación a la cartografía de vulnerabilidad a la contaminación	2	Francisco Carrasco Cantos	18.030,36	Dirección General de Investigación Científica y Técnica (PB98-1397)	1999-2002
Atenuación natural y soluciones en la remediación de sitios de deposición final de desechos sólidos	3	Roger Amilcar González Herrera (Universidad Autónoma de Mérida, Yucatán)	104.205,69	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)	1999 - 2002
Protección de recursos hídricos en acuíferos de Andalucía y norte de Marruecos mediante cartografía de vulnerabilidad a la contaminación	2	Bartolomé Andreo Navarro (Universidad de Málaga) y Ali Maate (Universidad de Abdemalek Essaâdi)	16.722,22	Junta de Andalucía (A48/02(M))	22/03/2002 22/03/2003
Desarrollo de metodologías para la protección de aguas subterráneas en áreas kársticas. Aplicación a acuíferos del sur de España	2	Bartolomé Andreo Navarro (Universidad de Málaga)	41.860,00	(REN 2002-01797/HID) Dirección General de Investigación Científica y Técnica	01/06/2002 31/05/2005

Utilización conjunta de c-13 y c orgánico disuelto para distinguir tipos de recarga y estimar el tiempo de permanencia del agua en acuíferos kársticos. Aplicación en la protección de recursos hídricos	2	Bartolomé Andreo Navarro (Universidad de Málaga) y Jacques Mudry (Universidad de Franche Comté)	10.200,00	Dirección General de Investigación Científica y Técnica(HF2002-0158)	01/01/2003 31/12/2004
Aplicación de métodos de cartografía de vulnerabilidad en acuíferos kársticos de España y Alemania. Validación mediante ensayos de trazadores	2	Francisco Carrasco Cantos (Universidad de Málaga) y Heinz Hötzl (Universidad de Karlsruhe)	10.400,00	Dirección General de Investigación Científica y Técnica (HA2002-0128)	01/01/2003 31/12/2004
Cronoestratigrafía, morfogénesis y geoquímica de sedimentos endokársticos de la Cueva de Nerja y su entorno	1	Juan José Durán Valsero (IGME)	10.200,00	Fundación Cueva de Nerja	01/01/2003 31/12/2004

MARCAL

Title of the Project	Relationship with present proposal(1)	Responsible researcher	Obtained grant	Funding Institution and project reference	Duration (2)
			EURO		
Indicadores geoquímicos y bióticos de la variabilidad climática en el Mediterráneo occidental durante los últimos 20.000 años.	0	F. Martínez Ruiz	70.224,00	MCYT, REN2000-0798	28-12-00 a 28-12-03
Variabilidad climática y su impacto en la Península Ibérica desde el último máximo glacial: análisis de alta resolución de registros marinos e implicaciones para el entendimiento del clima presente y futuro (CLIBER)	0	F. Martínez Ruiz	138.000,00	MCYT REN2003-09130-C02-01 / CLI	12-2003 a 12-2006

Indicadores geoquímicos de cambios medioambientales. Aplicación al estudio del cambio global	1	M. Ortega Huertas	Pendiente de confirmación	Junta de Andalucía P05-RNM-00432	A confirmar inicio
EL SISTEMA DEL ARCO DE GIBRALTAR: PROCESOS GEODINAMICOS ACTIVOS EN LOS MARGENES SUDIBERICOS: SAGAS-1	2	M. Comas	156.000,00	MEC, CTM2005-08071-C03-01/MAR	31-12-2005 a 31-12-2008
Estudios geológicos y geofísicos integrados en márgenes y cuencas sedimentarias del sur de iberia: Relación entre Procesos Superficiales y Profundos en el Mar de Alborán y su Conexión con el Atlántico (MARSIBAL)	2	M. Comas	169.004,68	MCYT, REN2001-3868-CO3-01-MAR	12-01 a 12-04
Alteración de ciclos geoquímicos en respuesta a eventos geológicos de carácter catastrófico. Nuevos criterios geoquímicos y mineralógicos aplicados al tránsito Cretácico-Terciario.	2	M. Ortega Huertas	41.664,00	MCYT, BTE2000-1493	20-12-00 a 20-12-03
Paleoceanografía de las aguas superfícies del Mediterráneo Occidental y tránsito Atlántico- Mediterráneo durante el Neógeno superior	2	F. Serrano Lozano	22.800	MCYT, REN2002-01059 MAR	12-02 a 12-05
ASSEMBLAGE: Assessment of the Black Sea sedimentary system since the last glacial extreme	2	G Lericolais (Francia, coordinador) y F Martínez Ruiz (responsable española)	42.880,00	UE	02-2003 a 01-2006
Promess 1: PROfiles across MEditerranean Sedimentary Systems. Part 1	2	S Berné (Francia, coordinador) F Martínez Ruiz (participante)		UE	02-2003 a 01-2006
Mineralogía y geoquímica de los ambientes sedimentario y metamórfico	2	M Ortega Huertas	73.000,00	Junta de Andalucía, RNM179	Desde 1998

Foraminíferos planctónicos	2	J M González Donoso	42.000	Junta de Andalucía, RNM146	Desde 1998
----------------------------	---	---------------------	--------	----------------------------	------------

Put 0, 1, 2 or 3:

0 = it is the same project

1 = it is related with the present proposal

2 = it have some relationship

3 = without relationship

6. HISTORIAL DEL EQUIPO SOLICITANTE EN EL TEMA PROPUESTO (En caso de Proyecto Coordinado, los apartados 6. y 6.1. deberán rellenarse para cada uno de los equipos participantes) (máximo dos páginas)

◆ **Indicar las actividades previas del equipo y los logros alcanzados en el tema propuesto:**

Si el proyecto es continuación de otro previamente financiado, deben indicarse con claridad los objetivos ya logrados y los resultados alcanzados.

Si el proyecto aborda una nueva temática, deben indicarse los antecedentes y contribuciones previas del equipo, con el fin de justificar su capacidad para llevar a cabo el nuevo proyecto.

Este apartado, junto con el 3, tiene como finalidad determinar la adecuación y capacidad del equipo en el tema (y en consecuencia, la viabilidad de la actividad propuesta).

Subproject 1: CLICAL

The Climate Change Research Group (CCRG) of the University Rovira i Virgili (URV), chaired by Dr. Manola Brunet (MB) and composed by Enric Aguilar (EA), Oscar Saladié (OS), Javier Sigró (JS) and Ivan Ibán García-Borés Comas (IB), has a strong research experience and scientific background in the field of climate variability and change analysis, in which the current proposal is inscribed. The CCRG's experience has been achieved mainly in two specific research areas: **Data archaeology and development of quality controlled and homogenised instrumental climate datasets** and **Analysis of spatial and temporal patterns of climate variability and change**.

The CCRG's adequacy for this proposal can be proved by its participation in internationally, nationally and locally funded research projects and scientific activities, as well as by its scientific production, as documented in sub-section 6.1. The whole of these activities are very closely related to the current proposal research field, although a new and challenging research line will be open with the approval of this proposal: **the calibration of terrestrial and marine proxy climate records against instrumental records and analysis of low-frequency climate variability**.

During the last years, the CCRG has participated in the EU-funded project "European and North Atlantic Daily to Multidecadal Climate Variability (EMULATE)", which analyses the relationships between atmospheric circulation patterns and sea surface temperature (SSTs) anomalies on the European surface climate. The participation in this project has enhanced CCRG links with several world-wide scientific institutions, materialised in different research stages: MB at the Climatic Research Unit (CRU) at the University of East Anglia (Norwich, UK), MB at the Hadley Center at the UK-Meteorological Office (Exeter, UK), or EA at the National Climatic Data Center (NCDC, Asheville, NC, USA). Besides, others international and national research projects (see 6.1 of this application form), all of them closely related to the current proposal, also endorse the coherence and adequacy of the CCRG for carrying out with success the current research proposal. In this regard, it is also worthwhile to mention here the CCRG active participation in the submission to the Sixth Framework Programme Sub-Priority 1.1.6.3 "Global Change and Ecosystems" of an Integrated Project (IP) proposal titled "Monitoring and Assessment of Climate Change and Extremes" (MACE), which is coordinated by A. Klein-Tank of the Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), which has successfully past on the first stage for its approval. The CCRG has also been involved in the formulation and submission to the program "European Cooperation in the field of Scientific and Technical research" (COST) of an action entitled "Advances in Homogenisation Methods - an integrated approach", led by O. Mestre (Météo France). At the national level, members of the CCRG are part of the following thematic networks: Red Temática CLIVAR España (MCYT), Red Temática RIMARC (MCYT), Red Temática de Paleoclimatología (GENCAT) and Red Temática del Cambio Climático (GENCAT).

All of the aforementioned projects and proposals are completely coherent and consistent with the current research proposal objectives, as all of them aim to document climate variability and change and endorse CCRG's adequacy to the tasks assigned on it.

Both the national and international funded projects have allowed CCRG to develop high-quality climate datasets for different spatial and temporal scales. *On a monthly basis*: The "Northeastern Spain Adjusted Temperatures" (NESATv.1 and v.2), composed by 19 and 23 quality controlled and adjusted records of maximum, minimum and mean temperatures and diurnal temperature range covering the 1910-1998 and

1869-1998 periods. (Aguilar *et al.*, 1999; Brunet *et al.* 1999a-b for NESAT v1 and <http://www.urv.net/centres/Departaments/geografia/clima/archive.htm> and Brunet *et al.*, 2001a-b for NESAT V.2). The “Northeastern Spain Adjusted Precipitation” (NESAP) 121 quality controlled and adjusted records of precipitation covering the period 1850-2000 (<http://www.urv.net/centres/Departaments/geografia/clima/archive.htm>; and Saladié, 2004; 2004a-b, 2005a, 2006). The “Spanish Adjusted Temperature Series” (SATsv.1 and v.2) composed by 31 and 96 quality controlled and adjusted records of maximum, minimum and mean temperatures and diurnal temperature range covering the 1864-1999 and 1861-1999 periods (See Brunet *et al.* 2001c-d and Brunet *et al.* 2002). These datasets were developed under former CICYT funded-projects (CLI96-1842-C05-01 and REN2000-1769-C06-01/CLI) and are also partially associated with project 1 in 6.1 *On a daily basis*: For air pressure and for the period 1850-2003: La Coruña, Barcelona, Madrid, Cadiz and Sta. Cruz de Tenerife records. They are associated with project 2 (See Ansell *et al.* 2005). The “Spanish Daily Adjusted Temperature Series” (SDATS) composed by 22 quality controlled and adjusted records of maximum, minimum and mean temperatures covering the period 1850-2003 Associated to project 2 and 5 (See Brunet *et al.* 2006a-b). The “Spanish Daily Adjusted Precipitation Series” (SDAPS) composed by 22 quality controlled and adjusted records of daily rainfall covering the period 1850-2003. These records and datasets were developed under the projects 2, 4 and 5. The CCRG (EA) has contributed to develop the “Comprehensive Aerological Reference Data Set” (CARDS), a compilation of Upper-Air Metadata Dataset 2000 in the framework of the CARDS project and contain more than 2300 radiosonde stations (Associated with EA’s research staying in NCDC/NOAA/NESDIS; See Free *et al.* 2002). The CCRG has also contributed to develop the “Emulate Mean Sea Level Pressure” (EMSLP), a gridded (1x1° lat/lon) air pressure fields covering the European and North Atlantic window (70° W - 50° E, 25° - 70° N) and the period 1850-2003. It is associated with project 2 (See Ansell *et al.* 2005, and <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/emulate>). The CCRG has also contributed to develop the “Emulate Daily Temperature and Precipitation Dataset”, which has been employed to assess changes in climate extremes and heat waves over Europe (Moberg *et al.* 2006 and Della-Marta *et al.* 2006 respectively and <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/emulate>). It is associated with project 2, 3, 4 and 5.

The CCRG employed these and other datasets to assess variations, trends and modes of variability of air temperature and precipitation over Northeastern Spain, mainland Spain, Europe, Africa, Central America and northern South America, North America, the Middle East and over the globe (see list of publications). The team has produced in the last 5 years a remarkable amount of peer-reviewed and non-peer-reviewed publications in form of papers (11), book’s chapters (19) and books (like the monograph published by Springer-Verlag in 2001 and titled “Detecting and Modelling Regional Climate Change), as well as it has been actively taking part in many national and international Meetings and Conferences, presenting their results (25). Also, MB was a contributing author to the Second Chapter “Observed Climate Variability and Change” of the IPCC Third Assessment Report: WG1 “Climate Change 2001: The Scientific Basis”.

CCRG members have been called for international bodies to actively participate in the development of a wide range of scientific activities, such as it is described below and listed in the section 7 of this application form. For the World Climate Data Monitoring Programme (WCDMP) of the World Meteorological Organization (WMO): Two CCRG’s members (EA and MB) were called as international experts on metadata and homogeneity issues for elaborating a guidelines on these subjects in the Commission for Climatology (CCI) Expert Meeting to prepare WCDMP Guidance (Malaga, 24-26 February 2003), which conducted to the publication of the WMO’s Guidance on Metadata and Homogenization (Aguilar *et al.*, 2003, <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/docs/guide-to-metadata-homogeneity.pdf>). And also the WCDMP has assigned to the CCRG the preparation of a case study for documenting the whole procedures to undertake when developing high-quality and adjusted daily datasets. For the Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices of the Commission for Climatology/CLIVAR Project of the WMO (CCI/CLIVAR ETCCDMI), EA and MB have been taking part in several regional workshops aiming to develop climate extreme indices over Africa, South West Asia, Central America and northern South America. Some of the related papers to these regional workshops are: Zhang *et al.* 2005, Aguilar *et al.* (2005) and Alexander *et al.* (2005). For the Atmosphere Observation Panel for Climate (AOPC)/Ocean Observation Panel for Climate (OOPC): MB, EA and OS attended to the 1st Meeting of AOPC/OOPC Surface Pressure Working Group held in Norwich, 20th-21st November 2002 (<http://www.wmo.ch/web/gcos/aopc.htm>). And MB was invited for giving a talk on “The potential for air pressure and climate data rescue from the sources held at the Library of the Ebro’s Observatory” at the 3rd AOPC/OOPC Surface Pressure Working group Meeting held at Hadley Center, Met Office, Exeter, UK, 21st October 2005. (<http://www.cdc.noaa.gov/Pressure>). For the Climate

Information and Prediction Systems (CLIPS)- World Meteorological Organisation (WMO), EA took part in the CLIPS Focal Point Training Workshop for RA III, 8-19 August 2005. For the Global Climate Observing System (GCOS), MB was invited and taken part as international expert in data and metadata issues to the GCOS Regional Workshop for the Mediterranean Basin held in Marrakech, Morocco, 22-24 November 2005 (See Brunet 2005). MB has been chosen for leading a GCOS Data Rescue (DARE) project for the entire Mediterranean Basin. Finally, MB has been nominated as co-chair of the Open Programme Area Group II (OPAG II): “Monitoring and Analysis of Climate Variability and Change” of the Commission for Climatology of the WMO at the XIV CCI Meeting, Beijing, China, 3-9 November 2005.

All the exposed guarantees, despite of the reduced number of members of this group, mainly related to the small size of the parent institution, URV, the CCRG's suitability for successfully carrying out the current research proposal.

Representative references Subproject 1

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. Y Weringa, J. (2003): *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*, World Climate Programme Data and Monitoring, WMO-TD no. 1186, World Meteorological Organization, Geneva, 51 pp.
- Aguilar, E., López, J.M, Brunet, M., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (1999): “Control de Calidad y Proceso de Homogeneización de Series Térmicas Catalanas”, in Raso, J.M. and Martín-Vide, J. (Eds.): *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau y Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 1, Barcelona, 15-23.
- Aguilar, E., T. C. Peterson, P. Ramirez Obando, R. Frutos, J. A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. Gonzalez Garcia, R. M. Araujo, A. Rosa Santos, V. E. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Alvarez, M. Bautista, C. Castañón, L. Herrera, E. Ruano, J. J. Sinay, E. Sanchez, G. I. Hernandez Oviedo, F. Obed, J. E. Salgado, J. L. Vazquez, M. Baca, M. Gutierrez, C. Centella, J. Espinosa, D. Martinez, B. Olmedo, C. E. Ojeda Espinoza, R. Nuñez, M. Haylock, H. Benavides, And R. Mayorga, (2005): “Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America”, *Journal of Geophysical Research* (in press)
- Alexander Lv, Zhang X, Peterson Tc, Caesar J, Gleason G, Klein Tank A, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Ambenje P, Rupa Kumar K, Revadekar J, Griffiths G, Vincent L, Stephenson D, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez-Aguirre JI. (2005): “Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation”, *Journal of Geophysical Research* (in press).
- Ansell, T., Jones, P.D., Allan, R., Lister, D., Parker, D., Brunet, M., Moberg, A., Jacobeit, J., Broham, P., Rayner, N.A., Aguilar, E., Barriendos, M., Brandsma, T., Cox, N.J., Della-Marta, P.M., Drebs, A., Founda, D., Gerstengarbe, F., Hickey, K., Jónsson, T., Luterbacher, J., Nordli, O., Oesterle, H., Petrakis, M., Philipp, A., Rodwell, M.J., Saladié, O., Sigró, J., Slonosky, V., Srnec, L., Swail, V., García-Suárez, A.M., Tuomenvirta, H., Wang, X., Wanner, H., Werner, P., Wheeler, D. and XOPLAKI, E. (2005): “Daily mean sea level pressure reconstructions for the European-North Atlantic region for the periode 1850-2003”, *Journal of Climate* (in press)
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. and Lóez, D. (2001c): “The Spanish diurnal warming. A different pattern to the detected on a global scale”, XVI General Assembly of the European Geophysical Society, Nice.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (1999a): “Variaciones y tendencias contemporáneas de la temperatura máxima, mínima y amplitud térmica diaria en el NE de España”, in Raso, J.M. and Martín-Vide, J. (Eds.): *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau y Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 1, Barcelona, 103-112.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. and López, D. (1999b): “Evolución térmica reciente de la región catalana a partir de la construcción de series climáticas regionales”, in Raso, J.M. and Martín-Vide, J. (Eds.): *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau y Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 1, Barcelona, 91-101.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladie, O., Sigró, J. And López, D. (2002): Warming phases in long-term Spanish temperature change, En 13th Symposium on global change and climate variations, 13-17 January 2002, Ed. American Meteorological Society, Orlando, Florida, USA, 30-32.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (2001a): “The variation and trends of the surface air temperature in the Northeastern of Spain from middle nineteenth century onwards”, in BRUNET, M.

- and LÓPEZ, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change and Associated Impacts*, Springer, Berlín-, 81-93.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (2001b): "A different response of NE Spain to asymmetric trends in diurnal warming detected on a global scale", in Brunet, M. and López, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change and Associated Impacts*, Springer, Berlín, pp. 95-102.
- Brunet, M. (2005): "Needed upgrading of climate data rescue activities over the Mediterranean countries", in GCOS "The global climate observing system. Regional Workshop for the Mediterranean Basin", GCOS/WMO, Geneva.
- Brunet, M., Jones, P.D., Sigró, J., Saladié, O., Aguilar, E., Moberg, A., Della-Marta, P., Lister, D., Walther, A. And López, D. (2006a): "Spatial and temporal temperature variability and change over Spain during 1850-2003", *Journal of Geophysical Research (under revision)*.
- Brunet, M., Saladié, O., Jones, P.D., Sigró, J., Moberg, A., Aguilar, E., Walther, A., Lister, D. And López, D.(2006b): "The development of a new daily adjusted temperature dataset for Spain (1850-2003)", *International Journal of Climatology (under revision)*.
- Free, M., Durre, A., Aguilar, E., Seidel, D., Peterson, T.C., Eskridge, R.E., Luers, J.K., Parker, D., Gordon, M., Lanzante, J., Klein, S., Christy, J., Schroeder, S., Soden, B., Mcmillin, L. And Weatherhead, E. (2002): "Creating Climate Reference Datasets. CARDS Workshop on Adjusting Radiosonde Temperature Data for Climate Monitoring", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 83, nº 6, 891-899.
- Moberg A, Pd Jones, D Lister, A Walther, M Brunet, J Jacobeit, O Saladie, J Sigró, E Aguilar, P Della-Marta, J Luterbacher, P Yiou, Lv Alexander, D Chen, Amg Klein Tank, H Alexandersson, C Almarza, I Auer, M Barriendos, M Begert, H Bergström, R Böhm, J Butler, J Caesar, A Drebs, D Founda, F-W Gerstengarbe, M Giusi, T Jónsson, M Maugeri, H Österle, K Pandzic, M Petrakis, L Srnec, R Tolasz, H Tuomenvirta, Pc Werner, H Linderholm, A Philipp, H Wanner And E Xoplaki (2006): "Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analysed for the period 1901-2000", *Journal of Geophysical Research (in progress)*.
- Saladié, O. (2004): *Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000)*, Tesis de Doctorado Inédita, Universitat de Barcelona, Barcelona, 496 pp.
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2004a): "Variacions i tendència de la precipitació a les Terres de l'Ebre durant el segle XX", *Actes del IV Congrés Ibèric sobre Gestió i Planificació de l'Aigua*, Fundació Nova Cultura de l'Aigua, Tortosa, 9 pp (CD)
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2004b): "Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el Sistema Mediterráneo Catalán (1901-2000)", in García, J.C., Diego, C., Fdez De Arróyabe, P., Garmendia, C. And Rasilla, D. (Eds.): *El clima, entre el mar y la montaña*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Santander, Serie A, nº 4, 399-408.
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2005): Creación de la base de datos de precipitación mensual ajustada del Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000), Universitat Rovira i Virgili, Tarragona (Disponible des de <http://www.sre.urv.es/web/geografia/clima.htm>)
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2006): "Variacions i tendència de la precipitació al Sector Nordoriental de la Península Ibèrica durant el segle XX", *Revista de Geografia (in process of revision)*.
- Zhang X, E Aguilar, S Sensoy, H Melkonyan, U Tagiyeva, N Ahmed, N Kutaladze, F Rahimzadeh, A Taghipour, T. H. Hantosh, P Albert, M Semawi, M Karam Ali, M Halal Said Al-Shabibi, Z Al-Oulan, T Zatari, I Al Dean Khelet, S Hamoud, R Sagir, M Demircan, M Eken, M Adiguzel, L Alexander, Tc. Peterson And T Wallis (2005): Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, *Journal of Geophysical Research*, V. 110, D22104, doi:10.1029/2005JD006181.

Subproject 2: LIMNOCAL

The LIMNOCAL group is a stable and consolidated **interdisciplinary and international research team** with scientists from several institutes and universities:

- The **Instituto Pirenaico de Ecología**, IPE (B. Valero-Garcés, A. Moreno, and M. Morellón, limnogeology; P. González-Sampériz, palinology), and the **Centro de Ciencias Medio Ambientales**, Madrid, CCMA (M. Rico), both from the Spanish Scientific Research Council-CSIC.

- The other Spanish researchers are from the **University of A Coruña** (L. Santos, pollen), **University of Cádiz** (P. Mata and C. Martín, mineralogy, thin slides, SEM and TEM microscopy), **University of Córdoba** (A. J. González Barrios, environmental management), **University of Barcelona** (M. Rieradeval, chironomids; T. Vega, diatoms), **Confederación Hidrográfica del Ebro**, CHE, (M. Á. García Vera, hydrogeology) and **Junta de Castilla y León** (J. C. Vega, limnology).
- The USA researchers are from the **Limnological Research Center** (LRC, University of Minnesota) (E. Ito, ostracodes geochemistry; D. Engstrom, ^{210}Pb chronology). Additionally, the LIMNOCAL group has maintained a long collaboration with other international research institutions as the GFZ-Potsdam, (Germany, A. Brauer, microscopy, thin sections), the Drilling, Observation, and Sampling of the Earth's Continental Crust, DOSECC (D. Schnurrenberger, sedimentology) and other members of the LRC (M. Shapley, geochemistry and A. Noren, physical properties).

The LIMNOCAL group also **collaborates** with other researchers in this proposal: S. Giralt (statistical analysis, Instituto de Ciencias de la Tierra-CSIC), R. Bao (diatoms, University of A Coruña), J. C. Larrasoña (palaeomagnetism, University of Zaragoza), J. S. Carrión and S. Fernández (pollen, University of Murcia), V. Rull (pollen, Universidad Autónoma de Barcelona), O. Romero (biogenic opal, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Universidad de Granada), M. Martín and J. Fernández (Universidad del País Vasco) and A. Delgado-Huertas (isotopes, Estación Experimental El Zaidín-CSIC).

The Limnogeology and Global Change group (<http://www.ipe.csic.es/limno.htm>) houses this interdisciplinary team focused on the **climatic and environmental variability during the Quaternary at different time scales**. To achieve this goal, the group studies lacustrine basins, Quaternary deposits, landscape evolution and geomorphology, and archaeological sites. Sediment cores are analyzed using a multidisciplinary approach, including sedimentological, geochemical, and some biological proxies (ostracods, pollen). The collaboration with other Spanish, European and American universities and research institutes has helped to consolidate this multidisciplinary research group. The recent incorporation of several paleoecologists specialized in **diatoms and chironomids** during the last years will increase the number of biological proxies evaluated in our research, in the frame of a multidisciplinary study. Thus, M. Rieradevall (UB) is specialists on the taxonomy and population and community ecology of Chironomids (Diptera: Chironomidae), and their use as environmental change paleoindicators, especially in mountain lakes in the Pyrenees and the Alps. She has a wide knowledge on the ecology of lakes in the Iberian Peninsula and nowadays she is working on the development of a training set for calibration and reconstruction of paleoclimate for the Pyrenean and Alpine Austrian lakes.

A number of **graduate students** are currently working on PhD Thesis related to Limnogeology and Global Change: Celia Martin on the Zoñar Lake record (Supervisors: Pilar Mata, University of Cadiz, and Blas Valero Garcés, IPE), Noemi Fuentes on vegetational history in southern Spain (supervisor Dr. José S. Carrión, U. of Murcia), Mario Morellón on paleohydrology and climate history of the Pre-Pyrenean region based on lacustrine sediments (Supervisor: Blas Valero Garcés, IPE).

The LIMNOCAL group has been involved on several projects on the Iberian Peninsula and South America, following the **PAGES** (<http://www.pages.unibe.ch/>) and **CLIVAR** (<http://www.clivar.org/>) philosophy and research strategy (see list of projects in 6.1). In **Europe** the team participates in several research networks, such as the **PEP-1** and **3** (<http://www.geog.ucl.ac.uk/ecrc/pep3>), **HOLIVAR** (Holocene palaeodata integration and analysis) and **INTIMATE** projects (INTEgration of Ice core, MARine and Terrestrial deposits) (<http://www.geog.uu.nl/fg/INTIMATE>) designed and created to integrate data sets from ice cores, marine and land records to produce a series of palaeoenvironmental maps of the Atlantic Region for the interval between the Last Glacial Maximum and the Early Holocene and to study the ice-sea-atmosphere interactions and feedbacks during the last Glacial-Interglacial transition. In **USA**, the group maintains close ties with the Limnological Research Center (University of Minnesota, USA, <http://lrc.geo.umn.edu/>) what has allowed to be part of two projects within the **GLAD800** program (Global Lake Drilling 800, <http://www.dosecc.org/html/projects.html>): at Great Salt Lake (Utah, USA) and at Lake Titicaca (Peru). Several projects include collaboration with Dr. Emi Ito (Professor and Director of the Limnological Research Center, USA) and Dr. Larry Edwards (Department of Geology and Geophysics, University of Minnesota, USA). Our group also maintains professional working relationships with the Institute of Rock Magnetism (IRM, University of Minnesota, USA) (<http://www.geo.umn.edu/orgs/irm/irm.html>) in several Argentinean lakes within the **CAHCILA** program.

In the last five years LIMNOCAL group has participated in more than 30 **national and international projects and contracts** mainly focused on the study of the climate variability both in the Iberian Peninsula and South America (see 6.1 of this proposal) We highlight here the study of the Mediterranean zone of the Iberian Peninsula (IBERARID, REN 2000-1136/CLI), and the correlation between marine and continental records and implications for present and future climate (CLIBER) (see also (<http://www.ipe.csic.es/limno.htm> for more information). The development of LIMNOCLIBER subproject (REN2003-09130-C02-02) was a milestone in the history of the paleolimnological research in Spain since it allowed the collection of exceptional long cores from lakes all over the country for the first time in this country. The integration of chironomid and diatom specialized researchers will provide new proxy data in the frame of a multi-disciplinary study. The success and the degree of coordination between members of the team prove the suitability for carrying out the current research proposal.

Our research has resulted in a high number of **national and international publications** as well as in monographies, books and congress proceedings (see CVs). In the last 5 years, the total number of SCI papers (*Earth and Planetary Science Letters, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, Geology, Quaternary International, Quaternary Research, The Holocene, J. of Paleolimnology*, etc.) written by the Spanish team is more than 50 and at least 50% of these scientific papers deal with the main aim goal of the CALIBRE project. Every year our group also participates in wide number of **national and international conferences**, workshops to spread the results of the research (see CVs).

The present proposal represents an opportunity for the correlation of palaeoindicators recorded in lacustrine climatic data series and those climate data recorded in the available instrumental series.

Representative references Subproject 2

- Valero-Garcés, B.L., González-Sampériz, P., Ana Navas, Javier Machín, Pilar Mata, Antonio Delgado-Huertas, Roberto Bao, Ana Moreno, José S. Carrión, Antje Schwalb, & Antonio González-Barrios. (2005) Human Impact since Medieval times and Recent Ecological Restoration in a Mediterranean Lake: The Laguna Zoñar (Spain) "Journal of Paleolimnology" (en prensa)
- Valero-Garcés, B. L., Jenny, B., Rondanelli, M., Delgado-Huertas, A., Burns, S. J., Veit, H. and Moreno, A. (en prensa) Paleohydrology of Laguna de Tagua Tagua (34°30'S) and moisture fluctuations in Central Chile for the last 46,000 years, *Journal of Quaternary Science* (en prensa)
- González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Jalut, G., García-Ruiz, J. M., Martí-Bono, C., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Otto, T., and Dedoubat J. J. High-resolution climate variability in the Spanish Pyrenees for the last 30,000 yr inferred from El Portalet peatbog sequence. *Quaternary Research* (en prensa)
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J. O., Sánchez-Goñi, M. F., Shackleton, N., y Sierro, F. J. (2005). Links between marine and atmospheric processes oscillating at millennial time-scale. A multi-proxy study of the last 50,000 yr from the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea), *Quaternary Science Reviews*, 24, 1623-1636
- González-Sampériz, P; Valero-Garcés, B; Carrión, J; Peña-Monné, JL; García-Ruiz, JM & Martí-Bono, C. (2005) Glacial and Lateglacial vegetation in Northeastern Spain: new data and a review. *Quaternary International* 140-141: 4-20.
- Valero-Garcés, B.L, González-Sampériz, P., Navas, A., Machín, J., Delgado-Huertas, Peña-Monne, J.L., Sancho-Marcén, C., Stevenson, T., & Davis, B. (2004) Paleohydrological fluctuations and steppe vegetation during the last glacial maximum in the central Ebro valley (N.E. Spain), *Quaternary International*, 122, 43-55
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J. O. y Sánchez-Goñi, M. F. (2004). Millennial-scale variability in the productivity signal from the Alboran Sea record, Western Mediterranean, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 211, (3), 205-219.
- González-Sampériz, P; Montes, L. & Utrilla, P. (2003). Pollen In Hyena Coprolites from Gabasa Cave (Northern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology* n° 126: 7-15
- Valero-Garcés, B.L, Delgado-Huertas, A., Navas, A., Edwards, L., Schwalb A. & Ratto, N. (2003), Patterns of regional hydrological variability in central southern Altiplano (18-26 S) lakes during the last 500 years, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 319-338
- González-Sampériz, P. & Sopena Vicién, M.C. (2002). Recent Holocene palaeoenvironmental evolution in the Central Ebro Basin (N.E. Spain). *Quaternary International* vol.93/94: 177-190
- Moreno, A., Nave, S., Kuhlmann, H., Freudenthal, T., Targarona, J., Canals, M. y Abrantes, F. (2002).

- Productivity response in the North Canary Basin to Trade wind intensity variations during the last 250,000 years: a multi-proxy approach, *Earth and Planetary Science Letters*, 196, 3-4, 147-159
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M. A., Sánchez-Goñi, M. F., Grimalt, J. O. y Weltje, G. J., (2002). Saharan dust transport and high latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record, *Quaternary Research*, 58, 318-328
- Valero Garcés, B.L., Arenas, C., & Delgado Huertas, (2001). Depositional environments of Quaternary lacustrine travertines and stromatolites from high altitude, Andean lakes, N.W. Argentina, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 38, 1263-1283
- Moreno, A., Targarona, J., Henderiks, J., Canals, M., Freudenthal, T. (2001). Orbital forcing of dust supply to the North Canary Basin over the last 250 kyrs, *Quaternary Science Reviews*, 20 (12), 53-65
- Valero-Garcés, B.L., Navas, A., Machin, J., Stevenson, T. & Davis, B. (2000) Responses of a saline lake ecosystems in semi-arid regions to irrigation and climate variability. The history of Salada Chiprana, Central Ebro Basin, Spain, *Ambio*, 26 (6), 344-350.
- Valero-Garcés, B.L., González-Sampériz, P., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J. y Kelts, K. (2000). Late Glacial and Late Holocene environmental and vegetational change in Salada Mediana, Central Ebro Basin, Spain, *Quaternary International*, 73/74, 29-46
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machin, J. González, P., and Kelts, K. (2000). Quaternary paleohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain, *Sedimentology*, 47 (6), 1135-1156
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, y Ratto, N. (2000). Paleohydrological evolution of Andean saline lakes from sedimentological and isotopic records, northwestern Argentina, *Journal of Paleolimnology*, 24 (3), 343-359
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, A. & Ratto, N. (1999) Large 13C enrichment in primary carbonates from Andean Altiplano lakes, Northwest Argentina. *Earth and Planetary Science Letters*, 171, 236-266
- Valero-Garcés, B.L., Grosjean, M., Schreier, H., Kelts, K., & Messerli, B. (1999). Holocene lacustrine deposition in the Atacama Altiplano: facies models, climate and tectonic forcing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 151(1-3):101-125
- Catalán, J.; Pla, S.; Rieradevall, M.; Felip, M.; Ventura, M.; Buchaca, T.; Camarero, L.; Brancelj, A.; Appleby, P.G.; Lami, A.; Grytnes, J.A.; Agustí-Panareda, A.; & Thompson, R. (2002) Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology* 28: 29-145.
- Rieradevall, M. & Brooks, S.J. (2001). An identification guide to subfossil Tanypodinae larvae (Insecta: Diptera: Chironomidae) based on cephalic setation. *Journal of Paleolimnology*, 25: 81-99.
- Real, M.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2000) The genus *Chironomus* in the profundal benthos of Spanish reservoirs and lakes: factors affecting their distribution patterns. *Freshwater Biology* 41: 1-18.
- Schnell, O.A.; Rieradevall, M.; Granados, I. & Hanssen, O. (1999) *A Chironomid taxa coding system for use in ecological and palaeoecological databases*. NIVA REPORT No. 3710-97, Molar Project Manual, Annex B. 19 p.
- Rieradevall, M. & Prat, N. (1999) Chironomidae from high mountain lakes in Spain and Portugal. In: Hoffrichter, O. (ed.). *Late 20th century Research on Chironomidae: An Anthology from the 13th International Symposium on Chironomidae*. Shaker Verlag, Aachen: 605-613 ISBN 3-8265-7431-1.
- Rieradevall, M.; Bonada, N. & Prat, N. (1999). Substrate and depth preferences of macroinvertebrates along a transect in a Pyrenean high mountain lake (Lago Redó, NE Spain). *Limnetica*. 127-134.
- Prat, N. & Rieradevall, M. (1995). Life Cycle and Production of Chironomidae from the Karstic Lake Banyoles (NE Spain). *Freshwater Biology* 33, 511-524.
- Camarero, L.; Catalán, J; Pla, S.; Rieradevall, M.; Jiménez, M.; Prat, N.; Rodríguez, D.; Encina, L.; Cruz-Pizarro, L.; Sánchez-Castillo, P.; Carrillo, P.; Toro, M. & Grimalt, J. (1995). Remote mountain lakes as indicators of diffuse acidic and organic pollution in the Iberian peninsula (AL:PE 2 studies). *Water, Air and Soil Pollution* 85: 487-492. Kluwer Acad. Publ.

Subproject 3: CAVECAL

In recent years the research group has initiated a series of collaborations in the area of geomorphologic, environmental and paleoclimatic studies in caves which so far is included in several conferences and

publications (Liñán *et al.* 2004, Stoll *et al.*, 2005a, 2005b o Jiménez-Sánchez *et al.* 2005a, 2005b, 2005c), authored by two or more members of the research team. For example, Heather Stoll has applied her long experience in marine paleoclimate reconstruction to cave studies such as those proposed here in collaboration with Montserrat Jimenez Saez. Of particular relevance to the project, a methodological advance has been the development and deployment of the battery powered dripwater collector in caves in Pindal Cave in Northeast Asturias, which has allowed collection of discrete water samples for 11 months. Initial results have shown that some water chemistry (eg. Na) follows the NAO index, an important foundation for subsequent study of past climate dynamics (Stoll *et al.*, 2005a, 2005b). In addition, the experience in regional geomorphologic analysis and Quaternary evolution of the Cordillera Cantabrica and coastal cave systems that Montserrat Jiménez and María José Domínguez Cuesta, and Heather Stoll have carried out provides the foundation to understand the physical environment in which the cave and dripwater infiltration systems are developed and guide the selection of stalagmites of relevant ages. The first results in understanding the paleoclimatic evolution of the Cordillera Cantabrica from geomorphologic and geochronologic indicators delineate some of the basic hypotheses for the project, including evidence that in this region maximum glacial conditions predate the global sea level minima at 18 ka (Jiménez-Sánchez y Farias, 2002). In addition, the geomorphologic evidence from analysis of mass movements suggests past episodes of higher rainfall in the region (Domínguez Cuesta *et al.*, 1999 y Jiménez Sánchez *et al.*, 1999; *Geomorphology*), which can be compared with dated past rainfall data from stalagmites. In addition, the team has collaborated on defining the chronology and evolution of Pindal Cave which to date contains the oldest speleothems in this sector of the northern Peninsula (Jiménez-Sánchez *et al.* 2005b, 2005c).

In addition to these collaborations, the researchers have a long experience in complementary specializations essential for the proposed project. For example, **Heather M. Stoll** has extensive experience in the use of the geochemistry of carbonates in paleoclimate studies. This experience includes the development and calibration of new indicators for studying climate changes, most recently focused on Mg/Ca and Sr/Ca in marine coccolith carbonate (eg. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems, Global and Planetary Change, Paleoceanography, Earth and Planetary Science Letters*). She has also worked in Quaternary climate change, developing numerical models of changes in geochemical cycles caused by glacial sea level changes (*Geoquímica e Cosmoquímica Acta*). Other studies use the chemistry of stable isotopes and minor elements in marine carbonates to investigate past climate changes (*Science, GSA Bulletin, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*). Her analytical experience with carbonates and waters includes extensive use of AAS, ion chromatography, ICP-AES, ICP-MS, gas source mass spectrometry, and SIMS.

Montserrat Jiménez has broad experience in geomorphology in several areas in the Cordillera Cantabrica. She has participated in projects that research the relationship between Geomorphology and Climate Change, like the project TESLEC (Temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to Climatic Change), financed by the European community, in which she collaborated with **María José Domínguez Cuesta** to establish the relation between slope stability and climate change in the Holocene and modern times. (Domínguez Cuesta *et al.*, 1999 and Jiménez Sánchez *et al.*, 1999; *Geomorphology*). In addition, she directed a project financed by F.I.C.Y.T. within the II Regional Research Plan (PP-REC-98-03) on Climate Change and the Quaternary Evolution in the Natural Park of Redes (Asturias), which allowed reconstruction of the deglacial history of the region and provided geochronological evidence for a glacial maximum older than 18 ka (published in *Geodinámica Acta* and several conferences). She has also directed two research projects in caves for the Provincial Government of Asturias in 1998-99 and 2003 (Consejería de Cultura; Consejería de Cultura, Comunicación Social y Turismo; CN-98-216-B1. and 2003 CN-03-148). These results are compiled in conference proceedings and publications and include the water quality study in Tito Bustillo (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2002b; Liñán *et al.* 2004) and several on the geomorphology and Quaternary evolution of both caves (Jiménez-Sánchez *et al.* 2002c, 2004a, 2004b) and together with **M^a José Domínguez Cuesta**, establish the methodology for geomorphological study in karst cavities (Jiménez-Sánchez *et al.* 2004c, 2005a), which is a foundation for the recognition of speleothem paleoclimate archives.

Iñaki Vadillo has extensive experience in the hydrodynamics and hydrochemistry of karst systems, especially in the south of Spain (Andreo *et al.*, 1999; Andreo *et al.*, 2000; Carrasco *et al.*, 2001; Andreo *et al.*, 2002) and of the modifications of hydrochemistry and isotopes produced during episodes of contamination (Vadillo *et al.*, 1999; Vadillo, 2004; Vadillo *et al.*, 2005a, b). The study of these karst systems is extended in important tourist caves like the Cueva de Nerja, where he has studied the impact of cave visits on the climate of the cave and the hydrochemistry and hydrodynamics of cave drips (Carrasco *et al.*, 1995; Carrasco *et al.*, 1999;

Vadillo *et al.*, 2001). Of particular relevance to this proposal, he has optimized the application of LIBS to analysis of elemental chemistry in speleothems (Vadillo *et al.*, 1998).

Representative references Subproject 3

- Andreo, B.; Carrasco, F.; Cuenca, J.; Téllez, A. y Vadillo, I. (1998): El karst en los mármoles alpujárrides de las Sierras Blanca y Mijas. En: Karst en Andalucía (J.J. Durán y J.J. López Martínez, Editores), 131-143.
- Andreo, B.; Carrasco, F.; Durán, J.J.; Fernández, G.; Linares, L.; López-Geta, J.A.; Mayorga, R. and Vadillo, I. (2000): Hydrogeological investigations for groundwater exploitation in the Sierras Blanca and Mijas (Málaga, southern Spain), *Hydrogéologie*, 3: 69-83.
- Andreo, B.; Carrasco, F.; Bakalowicz, M.; Mudry, J. y Vadillo, I. (2002): Use of hydrodynamic and hydrochemistry to characterise carbonate aquifers. Case study of the Blanca-Mijas unit (Málaga, southern Spain), *Environmental Geology*, 43(4): 108-119.
- Carrasco, F.; Andreo, B.; Benavente, J. y Vadillo, I. (1995): Chemistry of the water in the Nerja Cave system (Andalusia, Spain). *Cave and Karst Science*, 21 (2): 27-32.
- Carrasco, F.; Andreo, B.; Durán, J.J.; Vadillo, I. y Liñán, C. (1999): Human influence on the karst water of the Nerja cave (Malaga, Southern Spain). En: Human Impacts and Karst Groundwater (D. Drew y H. Hötzl, Editores). *International Contribution to Hydrogeology*, 20: 178-183.
- Carrasco, F.; Jiménez, P.; Andreo, B.; López Chicano, M.; Marín, A.; Liñán, C. y Vadillo, I. (2001): Estudio comparativo preliminar del funcionamiento hidrogeológico de varios acuíferos carbonatados de la Cordillera Bética. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, 23: 381-391.
- Domínguez Cuesta, M. J., Jiménez Sánchez, M. y Rodríguez García, A. (1999): Press archives as temporal records in the North of Spain. *Geomorphology*, 30 (1-2): 115-123.
- Jiménez Sánchez, M., Farias, P., Rodríguez García, A. y Menéndez Duarte, R. (1999): Landslides development in a coastal valley in the North of Spain: conditioning factors and temporal occurrence. *Geomorphology*, 30 (1-2): 125-132.
- Jiménez-Sánchez, M., Ruiz Zapata, B., Farias, P., Gil García, M. J., Dorado Valiño, M., Valdeolmillos Rodríguez, A. (2002a): Paleoenvironmental research in Cantabrian Mountains: Redes Natural Park and Comella Basin. Quaternary Climatic Changes and Environmental Crises in the Mediterranean Region. Alcalá de Henares, 15-18 julio 2002.
- Jiménez Sánchez, M., Anadón Ruiz, S., Canto Toimil, N., Meléndez Asensio, M., y González Pérez, N. (2002b): Caracterización hidroquímico-ambiental de la Cueva de Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias). *II Geological Symposium Nerja Cave*. 15-17 septiembre 2002. Nerja, Málaga.
- Jiménez Sánchez, M., Anadón Ruiz, S., Farias, P., García-Sansegundo, J., Canto Toimil, N. (2002c). Estudio preliminar de la Geomorfología de la Cueva del Pindal (Ribadedeva, Oriente de Asturias). *Geogaceta*, 31, 47-50.
- Jiménez-Sánchez, M., Canto Toimil, N., Anadón Ruiz, S., (2004a): Caracterización estratigráfica del relleno sedimentario de la Cueva del Pindal (Ribadedeva, Asturias): implicaciones geomorfológicas. XI Reunión de AEQUA. Oviedo, 2-4 julio 2003.
- Jiménez-Sánchez, M., Anadón-Ruiz, S., Farias, P., García-Sansegundo, J. y Canto Toimil, N. (2004b): Geomorfología de la cueva de Tito Bustillo y del macizo kárstico de Ardines (Ribadesella, Costa Cantábrica, Norte de España). *Boletín del IGME*, 2:115. pp. 257-263.
- Jiménez-Sánchez, M., Durán, J. J., López-Martínez, J., Martos, E. y Arrese, B. (2004c): Estudios geomorfológicos en cavidades kársticas de España. En: Andreo, B. y Durán, J. J. (Ed.): *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*, 333-349. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº 12. ISBN: 84-7840-551-8.
- Liñán, C., Calaforra, C. M., Cañaveras, J. C., Carrasco, F., Fernández Cortés, A., Jiménez-Sánchez, M., Martín Rosales, W., Sánchez Martos, F., Soler, V. y Vadillo, I. (2004): Experiencias de monitorización medioambiental en cavidades turísticas. En: Andreo, B. y Durán, J. J. (Ed.): *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*, 385-429. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº 12. ISBN: 84-7840-551-8.
- Jiménez-Sánchez, M., Aranburu, A., Martos, E. y Domínguez-Cuesta, M. J. (2005a): Geomorphological maps in caves: a research in Cantabrian Coast, Northern Spain. En: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Desir, G., Guerrero, J., Lucha, P., Marín, C. y García-Ruiz, J. M. *6th International Conference on Geomorphology; Geomorphology in regions of environmental constrasts. Abstract Volume*. Zaragoza (7-11 septiembre 2005), p. 226. D.L. Z-2. 162/2005.
- Jiménez- Sánchez, M., Bischoff, J., Stoll, H., Aranburu, A. (2005b): A geochronological approach for cave evolution in the Cantabrian Coast (Pindal Cave, NW Spain). En: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Desir, G.,

- Guerrero, J., Lucha, P., Marín, C. y García-Ruiz, J. M. *6th Internacional Conference on Geomorphology; Geomorphology in regions of environmental constrasts. Abstract Volume. Zaragoza (7-11 septiembre 2005)*, p. 225. D.L. Z-2. 162/2005
- Jiménez-Sánchez, M., Ruiz-Zapata, M. B., Gil-García, M. J., Bischoff, J. L., Aramburu, A. y Stoll, H. (2005c): Evolución cuaternaria de cuevas en la Costa cantábrica: investigaciones en el relleno sedimentario de la cueva del Pindal (NO de España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 36. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Stoll, H. M., and D.P. Schrag, "Coccolith Sr/Ca as a new indicator of coccolithophorid calcification and growth rate". *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 1, 1-24, 2000.
- Stoll, H. M. and D. P. Schrag. "High resolution stable isotope records from the Upper Cretaceous of Italy and Spain: Glacial episodes in a greenhouse planet? ", *GSA Bulletin*, 112, 308-319, 2000.
- Stoll, H. M., D. P. Schrag, and S. C. Clemens, " Are seawater Sr/Ca variations preserved in Quaternary foraminifera? ", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 3535-3547, 1999.
- Stoll, H. M. and D. P. Schrag, "Effect of Quaternary sea level cycles on the Sr budget of the ocean", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62, 1107-1118, 1998.
- Stoll, H. M. and D. P. Schrag, "Evidence for Glacial Control of Rapid Sea Level Changes in the Early Cretaceous", *Science*, 272, 1771-1774, 1996.
- Stoll, H.M, Klaas, C., Probert, I. Ziveri, P., Ruiz-Encinar, J., Garcia-Alonso, J.I. (in press) Calcification rate and temperature effects on Sr partitioning in coccoliths of multiple species of coccolithophorids in culture. *Global and Planetary Change*.
- Stoll, H.M. and Schrag, D.P. (in press). Sr/Ca variations in Cretaceous carbonates: relation to productivity and sea level changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*
- Stoll, H. M, Auer, T., Hahn, R. S., Theberge, A., , Jiménez-Sánchez, M. (2005): Can cave deposits in Northern Spain reconstruct the North Atlantic Oscillation? Geological Society of America. Abstracts with Programs, vol. 37, nº 1, p. 24. Northeastern Section, 40th Annual Meeting (March 14-16, 2005). Session Nº12: new Developments in the Late Quaternary History of the Northeastern United States and Adjacent Canada (Posters).
- Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Auer, T., Martos de la Torre, E. (2005): Variaciones temporales en la hidroquímica de goteos en la cueva del Pindal (Asturias, NO España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 38. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Vadillo, J.M.; Vadillo, I.; Carrasco, F. y Laserna, J.J. (1998): Spatial distribution profiles of magnesium and strontium in speleothems using laser-induced breakdown spectrometry. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 361: 119-123.
- Vadillo, I.; Carrasco, F.; Andreo, B.; García de Torres, A. y Bosch, C. (1999): Chemical composition of landfill leachate in a karst area with a Mediterranean climate (Marbella, southern Spain). *Environmental Geology*, 37(4): 326-332.
- Vadillo, I., Liñan, C., Carrasco, F. y Andreo, B. (2001): Control of environmental parameters for management and conservation of Nerja Cave (Málaga, Spain). *Kras*, 49: 48-49.
- Vadillo, I. (2004): Contaminación de Acuíferos Kársticos. Investigaciones en sistemas kársticos españoles. *Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, Vol 12. 275-296. Instituto Geológico y Minero de España.
- Vadillo, I.; Andreo, B. y Carrasco, F. (2005a): Groundwater contamination by landfill leachates in a karstic aquifer. *Water, Air and Soil Pollution*, 165 (1-4): 143- 169.
- Vadillo, I.; Soler, A.; Aravena, R. and Carrasco, F. (2005b): Application of $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ in a study of groundwater contamination by landfill leachate in a carbonated aquifer (Marbella, South Spain). Sixth International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Praga (República Checa), 11 al 16 de Septiembre de 2005.

Subproject 4: MARCAL

The Subproject 4 of the applied Coordinated Project represents the continuation of Project REN2003-09130-CO2-01 (*Climate variability in the Iberian Peninsula since the last glacial maximum reconstructed from high-resolution marine records: global correlations, environmental impacts and implications for understanding present and future climate changes*), currently active for approximately 2 years, which is, in

turns, the continuation of the previous project (REN2000-0798: *Geochemical and biological proxies for climate variability in western Mediterranean during the last 20.000 years.*), that represented the onset of this research group in the year 2000.

The research topic of **Dr. J.M. González-Donoso** and **Dr. D. Linares** has been the study of planktonic foraminifers for nearly 30 years. Besides conventional taxonomic and biostratigraphy analysis, studies based on quantitative analysis with biometric and paleoceanographic objectives have provided a series of dissertations on the paleoceanography of Western Mediterranean, in which they established a set of appropriate methodologies for the determination of environmental parameters of surface waters (such as temperature, salinity or primary productivity), applying multivariate analysis techniques (e.g., González-Donoso & Linares, 1998 and González-Donoso et al., 2000). **Dr. F. Martínez-Ruiz**, chief scientist of projects REN2000-0798, the on-going project REN2003-09130-CO2-01, and the hereby applied project, has a wide experience in the topics of marine sediments geochemistry and mineralogy and their application to paleoceanography and paleoclimatology. She is specialized in geochemical proxies in primary productivity, water column oxygenation and sedimentary regime, as well as isotope geochemistry (stable and radiogenic isotopes). Besides the above mentioned projects, she has participated in other studies on the Alboran Basin, South Balear Basin, Black Sea, as well as in ODP campaigns and other programs, such as TTR-UNESCO. Her high resolution studies on recent sediments in the Mediterranean provided the first geochemical evidences on variations of primary productivity and oxygenation during periods of significant global climate change (e.g., Martínez-Ruiz et al., 1999, 2000, 2003, 2004; Alonso et al., 1999; Emeis et al., 2000; Paytan et al., 2004).

Dr. M. Ortega-Huertas and **Dr. I. Palomo** have both experience in the field of global changes in the biosphere and atmospheric CO₂ during the Cretaceous-Tertiary transition, particularly on oxygenation conditions and primary productivity and their crucial role in the equilibrium of the isotopic composition of dissolved CO₂ in the oceans. Their works also remarks the definition of new mineralogical and geochemical evidences on the detailed evaluation of environmental changes (see CV). **Dr. M.D. Asquerino**, well known specialist in archaeology, means a valuable collaborator in order to reach the goals related to the impact of climate variability in the human evolution in the Iberian Peninsula. **Dr. A. Paytan** (see CV) is currently considered one of the worldwide leading specialists in biogeochemical cycles. Her scientific CV can be described as exceptional, having published several papers in prestigious publications such as **Science** or **Nature**, apart from more specialized but equally acknowledged publications on the field of biogeochemistry. Since the year 2000 she has consolidated her research group in Stanford University, and her participation in the project is undoubtedly an added value. **Dr. S. Bernasconi** is specialist in paleoclimate studies and has coordinated for many years the Stable Isotope laboratory in ETH-Zentrum (Zurich, Switzerland). His scientific productivity is equally remarkable (see CV), having published a number of works related to the Mediterranean basins and the areas target of this Project in recent years, therefore being a great contribution for the applied study. **Dr. O. Romero** means an equally important input for the project, since he has a brilliant career as specialist in paleoceanography, particularly in the analysis of biogenic opal and diatoms studies (see CV). Finally, **F.J. Jiménez-Espejo** and **D. Gallego-Torres**, PhD students, contribute to the project through their ongoing studies in paleoclimatic and paleoceanographic evolution on the area, object of their PhD Thesis. Jiménez-Espejo has acquired a great experience in geochemical proxies applied to paleoclimate evolution and cyclicity, using state of the art techniques in prestigious laboratories, such as the ETH-Zentrum (Zurich, Switzerland), or the IFREE-JAMSTEC (Japan). Gallego-Torres completes the study on biogeochemical cycles and primary productivity, collaborating with specialized departments, such as A. Paytan's lab in Stanford University (California) or the MPIMM in the University of Bremen (Germany).

The applied project has been reinforced with the addition of **Dr. A. López-Galindo**, **Dr. I. Cacho** and **Dr. T. Sakamoto**. The former is a respected specialist in the field of clay mineralogy (see CV) and paleoenvironmental reconstruction based on mineralogical and geochemical studies. Dr. I. Cacho will provide her expertise in Paleoclimatology being a highly reputed specially in the areas of interest in this project and she also has exceptional CV. Dr. Sakamoto is one of the leading specialists worldwide in continuous analysis of sediment cores, applying "XRF core scanner", developing the methodology tuned in the "Institute for Research on Earth Evolution" (IFREE), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), which will be part of the equipment on board of the research vessel "Chikyu" (Integrated Ocean Drilling Program).

During the last two years, most of the targets proposed for the ongoing project have been achieved, and complete success is expected during the remaining year. The following accomplishments have been reached: **a)** biostratigraphy and chronology of a number of cores obtained in the Alboran Sea, **b)** oceanographic parameters, such as salinity and temperature of surface waters, and characterization of productivity fluctuations, based on the study of the above mentioned cores and other cores from Eastern Mediterranean, **c)** oxygenation conditions and paleocurrents circulation, as well as the response of planktonic communities to climate variability, and **d)** establishment of sedimentary regime and aeolian input. During the final year, it is aimed to finalize the study of the remaining proposed cores, launch the integrated analysis of cyclicity and elaborate climatic graphs for the Western Mediterranean region. The most remarkable results correlate with the global climatic response, which in turn suppose a starting point for new researches, based on climatic studies adapted to regions of national interest.

Since its beginning 5 years ago, the results obtained through the studies carried out by this group have contributed to different scientific meetings, national and international (see CVs): APLACON Conference, XXI and XXII Reunión Annual de la Soc. Esp. de Mineralogía, American Geophysical Union Fall Meeting, 4th European ODP Forum, 12th Annual VM Goldschmidt Conference, European Geosciences Union, VI Congreso Geológico de España and several scientific papers in SCI publications: *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology*, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *Clay Minerals*, *Clay and Clay Minerals*, *Applied and Environmental Microbiology*, *Geological Society of America SP*, *Chemical Geology*, and other publications in national magazines: *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, *Geotemas* and book sections in local and international editions.

As a whole, significant advances have been carried out in the reconstruction of paleoclimatic conditions in the regions of Western Mediterranean, obtaining: primary productivity variations since the LGM in the Alboran, South Balear and Balearic basins; detrital input fluctuations, being of particular interest the aeolian input variations; and oxygenation changes in the depositional environment. Furthermore, important achievements have been reached in the study of relatively unknown biogeochemical cycles, such as the barium cycle, particularly important due to its linking with the carbon cycle (González-Muñoz et al., 2003; Paytan et al., 2004), in which it is evidenced for the first time the biogenically induced precipitation of barite, and show the first results of isotopic composition of biogenic barite in the Mediterranean. Besides, after the last two years of development of the ongoing project, a number of manuscripts are sketched, some of them readily submitted to JCR publications. These manuscripts compile the main results obtained on the first period of the project, during which a remarkable volume of data and paleoclimatic interpretation have been acquired.

As mentioned in the introductory section, the **collaborations** of the group with other research teams are considered an important achievement. It is worth mentioning the participation in **two European Projects (ASSEMBLAGE and PROMEES 1)**, and the new alliance established since the consolidation of this paleoceanography and global change research group (JAMSTEC, Ifremer, MPIMM, etc.). It is worth highlighting the role of the group in the onset and development of new laboratories in the IACT; a geochemistry lab, an Organic Carbon lab and a XR-Fluorescence lab, being responsible for the infrastructure applications, and all of them mainly focused on paleoclimatic studies. All these associations have materialized in a series of **Research Stages** in Centers of international reputation (ETH-Zentrum, Zurich; Stanford University, California; Max Planck Institute, Germany; JAMSTEC, Japan), as well as **International Oceanographic Campaigns** (Marion Dufresne-ASSEMBLAGE; Prof. Logachev-Training Through Research Program). It is worth mentioning the production of **two Doctoral Theses**, shortly finishing; the first one, about climate variability in Western Mediterranean and its impact in human evolution in the Iberian Peninsula, the second one, on the topic of organic matter accumulation and its implication in the carbon and nutrients cycles, in collaboration with **REPSOL-YPF**.

Selected references Subproject 4

- Cacho, I., Grimalt, J. O. and Canals, M. 2000. Response of the western Mediterranean sea to rapid climatic variability during the last 50,000 years: a molecular biomarker approach. *Journal of Marine Systems*, 33-34: 253-272.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Canals, M., Saffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J., Zahn, R. 2001. Variability of the Western Mediterranean sea surface temperatures during the last 25,000 years and its connection with the northern hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* 16, 40-52.
- Jimenez-Espejo, F. J., Martinez-Ruiz, F.; Sakamoto, T.; Ijima, K. & Harada, N. Paleoenvironmental changes in the Balearic basin since the last glacial: linking western and eastern climate responses in the

- Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* (submitted). Jimenez-Espejo, F. J., Martínez-Ruiz, F.; Sakamoto, T.; Ijima, K. & Harada, N. Paleoenvironmental changes in the Balearic basin since the last glacial: linking western and eastern climate responses in the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* (submitted).
- Martínez-Ruiz, F., Kastner, M., Paytan, A., Ortega-Huertas, M. and Bernasconi, S.M. 2000. Geochemical evidence for enhanced productivity during S1 sapropel deposition in the eastern Mediterranean. *Paleoceanography*, 15 (2): 200-209.
- Martínez-Ruiz, F., Paytan, A., Kastner, M., González-Donoso, J.M., Linares, D., Bernasconi, S.M. and Jimenez-Espejo, F.J. 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 190: 23-37.
- Martínez-Ruiz, F., González-Donoso, J.M., Linares, D., Jimenez-Espejo, F.J., Gallego-Torres, D., Romero, O. and Paytan, A., 2004. Respuesta de la productividad biológica marina al cambio climático: registro de alta resolución de la cuenca del mar de Alborán. *Geotemas* 6, 125-128.

7. CAPACIDAD FORMATIVA DEL PROYECTO Y DEL EQUIPO SOLICITANTE (En caso de Proyecto Coordinado deberá rellenarse para cada uno de los equipos participantes)

Este apartado sólo debe rellenarse si se ha respondido afirmativamente a la pregunta correspondiente en el cuestionario de solicitud.

Debe justificarse que el equipo solicitante está en condiciones de recibir becarios (del Programa de Formación de Investigadores) asociados a este proyecto y debe argumentarse la capacidad formativa del equipo. En caso de Proyecto Coordinado, debe rellenarse por cada subproyecto que solicite becarios de FPI.

Subproject 1: CLICAL

The fact that CCRG is part of a middle size institution and concentrates its teaching duties on the Geography Degree, which typically has around 15 students per class, has helped their members to continuously engage in formative activities directed to small groups and in the close direction of undergraduate course work. The group has also proved its capacity in mentoring undergraduate and post-graduate fellows, as well as organising national and international formative activities in the field of this research proposal.

In the last years have been carried out the **following MSc and PhD thesis**:

Msc Thesis:

- Enric Aguilar (1995): Aproximación a la caracterización estival del campo térmico. Sector de Johnson's Dock. Isla Livingston, Antártida. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 8th of October of 1995, MSc thesis, Qualification: Excellent
- Javier Sigró (1997): Variaciones en el flujo de carbono entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres en Cataluña (1960-1989). Adviser: Dr. Manola Brunet
- M^a. J. Salmerón (2000): La influencia de la NAO en las precipitaciones invernales de la fachada costero cantábrica. Adviser: Dra. Manola Brunet
- Iban García-Borés Comas (2001): Evolución temporal de la nubosidad en Catalunya (1961-1990). Adviser: Dra. Manola Brunet
- Fernando Arcas (2001): Influencia del SOI en la variabilidad pluviométrica del SW de la Península Ibérica. Adviser: Dr. Manola Brunet
- Rafael Sánchez (2001): Reunions multinacionals dins el conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic. Adviser: Dr. Manola Brunet

PhD Thesis:

- Aguilar, E. (2000): Análisis de la Variabilidad Climática en la Antártica y Deriva Térmica Reciente. PhD advised by Dr. Manola Brunet and defended at URV on the 23rd February 2000, Qualification: Apto Cum Laude by unanimity
- Saladié, O. (2004): Variaciones y Tendencia Secular de las Precipitaciones en el Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000). PhD advised by Dr. Diego López and defended at the University of Barcelona on the 22nd January 2004, Qualification: Apto Cum Laude by unanimity
- Sigró, J., (2004): Variabilidad Espacio-Temporal de la Temperatura del Aire en Cataluña. PhD advised by Dr. Manola Brunet and defended at URV 14th October 2004, Qualification: Apto Cum Laude by unanimity

The CCRG has also been carrying out at the URV other **teaching activities** closer related to its expertise area. It was advising and is advising the following **research visitors**:

- Jonas Teixeira Nery, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá (Brazil). Visiting CCRG in a training staying for quality controlling and homogenizing Spanish and Brazilian climate series, during January-February 2001, under an AECl grant.
- Begoña Cervera, PhD Student, Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. Training visit on Quality control and homogenisation of temperature and precipitation dataset, Tarragona, April 1999.

- Miquel Grimalt i Mercedes Laita, Universitat de les Illes Balears (Palma de Mallorca), Training visit on Quality control and homogenisation of a Balearic temperature and precipitation dataset of Oscar Saladié in Palma de Mallorca, November 2000.
- Elie Zihindula Kagallo, Chief of Climatological Branch at Mettelsat, Kinshasa, Democratic Republic of Congo, Training visit on Quality control and homogenisation of a Congolese temperature and precipitation dataset during August 2001 – January 2002, under the framework of a 2001ACCES-04 grant
- Jorge Luis Vazquez (chief of the Climatological Data Base of the AGROASEMEX, Querataro, Mexico) is visiting during January 2006 the CCRG for learning to test climate data homogeneity with the CCRG's implemented Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) and apply it to the AGROASEMEX daily climate dataset.

The CCRG was and is also **organising Meetings and Conferences**, as the following ones:

- Workshop “El clima en los albores del siglo XXI”, Tarragona, March 1997: André Hufty, Manola Brunet and Enric Aguilar.
- Workshop “Homogenisation of climate time-series by means of the Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)”, Tarragona, July 1998, addressed to Climatological experts from University Autonoma of Madrid, University Jaume I of Castellon, University of Salamanca, University of Santiago, University of Seville, University of Zaragoza and given by Enric Aguilar and Oscar Saladié.
- International Scientific Meeting on “Detection and Modelling of Recent Climate Change and its Effects on a Regional Scale”, Tarragona, Mayo-2000.
- Workshop “EMULATE Meeting 3”, Tarragona, 20-23 September 2004
- Workshop “Monitoring and analysing climate change and Indices over Central America and north South America”, Guatemala City, Guatemala, 8-12 November 2004.
- Conference: “Getting together climate change science and society I: Observed climate change and its impacts, with an especial emphasis in forest fires and flooding”, organised by CCRG/URV/Diputació de Tarragona, which will be held in Riudecanyes, 2-3 May 2006

As stated in section 6 of this application form, the CCRG has also been involved in **formative activities addressed to the staff of National Meteorological Services (NMSs)** across the world, which have been organised by the Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices of the Commission for Climatology/CLIVAR Project of the WMO (CCI/CLIVAR ETCCDMI). These are the following ones:

- MB and EA were attending to the “Workshop on climate indices in Africa”, Casablanca, Morocco, 19-25 February 2001, addressed to 27 attendees from 17 African NMSs.
- EA was taking part as international expert on homogenization in Turkey "Workshop on Enhancing South West Asian Climate Change Monitoring and Indices", Alenya, Turkey, 4-9 October 2004. In this workshop participated 12 attendees from 11 NMSs of the region.
- EA was chairing and MB taking part as international expert on climate change and extreme indices in the regional workshop titled “Monitoring and analysing climate change and extreme indices over Central America and north South America”, held in Guatemala City, Guatemala, 8-12 November 2004 and addressed to 29 attendees from 16 NMSs of the region.

The whole of these training activities at the international, national and local scales proves the CCRG's capacity for holding and training fellows in the field of this research's proposal.

Subproject 2: LIMNOCAL

The multidisciplinary group of LIMNOCAL is composed by members from different centers, both from Universities or belonging to the CSIC, a research organism where there is not a daily contact with students. Nevertheless, the group participate very often in **formative activities and workshops or courses** in collaboration with other national and international institutions. Here are some recent examples (see the CVs for a more complete list):

- Collaboration in the European Science Foundation-HOLIVAR training course “Quantitative climate reconstruction and data-model comparisons”. Dr. B. L. Valero-Garcés (2003-2005)
- Participation in several doctorate courses during the last years: (1) “Registros paleoclimáticos Cuaternarios en el Noreste Peninsular” from the University of Zaragoza (IPE-CSIC team); (2) “Paleoecología y cambio ambiental” from the University of A Coruña (Dra. L. Santos) (3) “Ecología Fundamental y Aplicada” from the University of Barcelona (M. Rieradevall, UB).
- Participation in the courses organized by the International University of Andalucía: “Diversidad y Conservación de los Ecosistemas Semiáridos y Áridos”. Dra. P. González-Sampériz (2004).

Additionally, the LIMNOCAL group take part in the **supervision or co-supervision of several Ph D and post-graduate masters**. At this moment, the students that are being supervised by some members of the LIMNOCAL group are:

- Mario Morellón (advised by Dr. Blas L. Valero-Garcés). “Paleohidrología y cambios climáticos abruptos en la Península Ibérica desde el Último Máximo Glacial: el registro lacustre de Estaña (Huesca)” (in process). University of Zaragoza.
- Celia Martín (advised by Dr. Blas L. Valero-Garcés and Dr. Pilar Mata). “Cambio global desde el último máximo glacial en el sur de España: el registro paleoclimático y paleoambiental de la Laguna de Zozñar (Córdoba)” (in process). University of Cádiz.
- Jaume Frigola (advised by Dr. Ana Moreno in co-direction with Dr. Miquel Canals from the University of Barcelona). “Control climático sobre los aporte terrígenos a la cuenca Algero-Balear durante los últimos 50,000 años” (in process). University of Barcelona.
- Noemí Fuentes (advised by Dr. Penélope González-Sampériz in co-direction with Dr. José S. Carrión from the University of Murcia). “Pautas y procesos de cambio vegetal y umbrales de vulnerabilidad del bosque mediterráneo en reservorios naturales de fitodiversidad. Una perspectiva paleoecológica” (in process). University of Murcia.
- Osman López-Pastor (advised by Dr. Blas L. Valero-Garcés). “El registro sedimentario de la presa romana de Muel (Zaragoza)”. Qualification: Excellent (9/10). University of Zaragoza.

The LIMNOCAL team is an **international reference** as a research group on paleolimnology. Accordingly, the formative capacity of this group in the study of lacustrine cores is confirmed by the fact that various European graduate students (University of Gante, Belgium; University of Trier and Göttingen, Germany; University of Bordeaux, France) made a stage in the IPE to know the techniques employed in the analyses of lacustrine records, sample the available cores for different analyses and get advice from the LIMNOCAL team. Besides, the group has been carried out the assessment of one Ph D from the University of Berna (Switzerland, Dr. Betinna Jenny).

The group is composed by young scientist with an important number of **international contacts**. In fact, two members from the Limnological Research Centre at the University of Minnesota participate in this group: Dr. Emi Ito and Dr. Dan Engstrom. In addition to the graduate students, several postdoc researchers were advised recently in the framework of LIMNOCAL group. Thus, as an example, Dr. B. Valero-Garcés has supervised the activity of two postdoc researchers (Drs. A. Moreno and P. González-Sampériz) and Dr. E. Ito has directed four postdoct researchers up till now.

This scenario provides an excellent opportunity for the academic and scientific formation of a new graduate student since he/she will be involved in a multi-disciplinary team and with important international connections. This situation is ideal for carrying out a co-supervised PhD in a complex subject that implies the collaboration of numerous specialists. Therefore, the LIMNOCAL group is adequate to receive a fellow graduate student from de “Programa de Formación de Investigadores” and to facilitate his participation in all the phases of the multiproxy paleoclimatic analyses in lacustrine records, since the recovering of cores and different laboratory analyses until the elaboration and integration of the results (mainly geological and biological indicators) for its application in the identification of climatic fluctuations. The totality of these training activities at the international, national and local scales proves the LIMNOCAL group capacity for holding and training fellows in the field of this research’s proposal. The capacity of the host institution to

provide exceptional monitoring/tutoring for the PhD student is, therefore, ensure by the quality of the facilities and the research and teaching of the scientists involved in the project.

In the other hand, the UB personal of the LIMNOCAL group (mainly Dra. María Rieradevall) has been co-director of one finished PhD, and 2 more in course, dealing on “Macroinvertebrates and disturbance ecology in Mediterranean rivers”. Also she has directed 4 postgraduate research projects, and 2 more are currently in course (see CV). The most relevant for this project was the one entitled ‘Comunitats subfòssils de quironòmids de llacs dels Pirineus’ by Rosa Casanovas. Dra. Rieradevall forms part of the stable research group FEM (Freshwater Ecology and Management-UB). The group has produced in the last 5 years 3 PhD and 10 more are currently in course (3 of them expected to be finished by 2006). Also 10 student research projects reached the degree of Diploma de Estudios Avanzados (DEA) in the frame of the doctorate program on Ecology and since 2004 in the interuniversity (UB-UdG-CSIC).

Dra. Rieradevall is teaching currently (among others) an undergraduate course entitled ‘Paleoenvironmental reconstructions’ and a doctorate course ‘Biological tools for paleoenvironmental reconstructions’. In these courses sediment core analysis (mainly paleolimnology) has a central treatment, but also other environmental archives and paleoarchives as speleothems, and techniques as dendrocronology are presented. She has been organizer of two of the European workshops on “Harmonization of the taxonomy of Chironomid (Diptera) larvae, an important tool in palaeolimnology” and has participated in all of them. In these workshops doubts on taxonomy of subfossil remains and paleorecords data analysis are shared and tough to the novel researchers in the field. Complementarily Dra. M Rieradevall has formed technicians and researchers from Finland, Sweden and Argentina in chironomid preparation methods and taxonomy for paleolimnology studies. Therefore, Dr. Rieradevall research group also can incorporate predoctoral students to a very active group and in a high quality university environment.

Subproject 4: MARCAL

The Research group for Subproject 4 (MARCAL) consider to be fully prepared to assimilate new PhD students, and have the tutorial capability for assuming the responsibility. All members of the team are experienced in Doctoral Thesis advising. Thus, the most experienced members of the group, such as Dr. González-Donoso, Dr. Linares or Dr. Ortega-Huertas have been advisors for more than ten PhD Thesis. Dr. Martínez-Ruiz currently directs two PhD Thesis, and co-directs a third one, and has supervised foreign students on pre-doctoral stages in the IACT-CSIC (i.e. Giovanna Capretto, from Italy, has performed two 3 months stages during the completion of the PhD Thesis, focused in mineralogical and geochemical studies in sediments). The foreign members of the research team (see CV) also demonstrate an equally wide experience in PhD Thesis coordination.

Besides the experience in Doctoral Thesis managing and scientific excellence of the group members (see CV), other reasons support the ability of the group to accept and train new pre-doctoral members.

1. The multidisciplinary composition of the group would allow the two demanded PhD students to get background in different disciplines and to approach the study from several points of view, which would imply a high level of scientific training.
2. The adscription to the IACT as receiving offers, not only the scientific skills of the group members, but also the chance of interacting with all the Earth Science departments of the University of Granada. The condition of being a mixed research centre allows, in addition, a close scientific collaboration with university professors (some of them, currently involved in the project), which means an added academic advantage for the PhD student training process.
3. All group members present, in addition, a wide experience in post-bachelor teaching. Drs. Ortega-Huertas, Palomo, López-Galindo and Martínez-Ruiz have also participated as professors in the advanced studies of the *Programa de Doctorado de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Granada*. Drs. González-Donoso and Linares both have more than 30 years educational experience, meaning a remarkable input to the training process.
4. The participation of foreign researchers involved in the project offers the possibility to collaborate and enjoy short stages in their own research centers, adding an extra formation value

to the new researchers. Participation in European Projects from some of the team members also opens a wide range of partnerships, equally valuable in the instruction of a new researcher.

5. Availability of different topics suitable for the Doctoral Thesis. In the Methodology and Work Planning section some of these topics were exposed as motives for the necessity of including a Program of training of young researchers in the Project, since there would be a mutual benefit, both for the PhD student and for the increase in the effectiveness of the Project in reaching the exposed goals. Although there are two PhD Thesis's currently being developed, they are both on their final stage, actually, the two of them would have been defended prior to the starting of the applied project, in case of being awarded, so the group reckons the possibility of assuming the coordination of two or more new theses. Although the proposed range of topics is very wide, as mentioned above, only two PhD scholarships are suggested, which is, realistically, the correct amount of time and dedication that the group is able to absorb.
6. The infrastructure of IACT, in terms of labs and equipments needed to carry out the task required for the completion of the PhD research projects.

As a summary, the team reckons to be a dynamic, challenging and efficient group, with good relationships in terms of scientific projection, able to approach the coordination of two new Doctoral Theses, co-directed by members of the team, which would imply an undoubtedly value to the project and, at the same time, would provide the perfect condition for the training of new researchers. In this sense, as explained in the Methodology and Working Plan section, the team is equally prepared for the training of new technicians.

REFERENCES INTRODUCTION

- Alvarez, M.C., Flores, J.A., Sierro F.J., Diz, P., Frances, G., Pelejero, C. & Grimalt, J., 20005. Millennial surface water dynamics in the Ria de Vigo during the last 3000 years as revealed by coccoliths and molecular biomarkers. *Paleogeog, Paleoclim., Paleoecol.*, 218: 1-13
- Alverson, K. & Kull, C. 2002. Understanding climate change using paleorecords. In: *Global Climate*, X. Rodó & F.A. Comín, eds. Springer, Berlin, p. 153-181
- Bala G, Caldeira K, Mirin A, Wickett M, Delire C. 2005. Multicentury changes to the global climate and carbon cycle: Results from a coupled climate and carbon cycle model. *JOURNAL OF CLIMATE* 18 (21): 4531-4544.
- Bárceña, M. A., Cacho, I., Abrantes, F., Sierro, F. J., Grimalt, J. O., and Flores, J. A. (2001). Paleoproductivity variations related to climatic conditions in the Alboran Sea (Western Mediterranean) during the last Glacial-Interglacial transition. Diatom record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 167, 337-357.
- Bojariu R. & L. Gimeno, 2003: Modelling and predictability of the North Atlantic Oscillation. *Earth Science Reviews*, **63**, 145-168.
- Bond, G., B. Kromer, et al. (2001). "Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene." *Science* 294(5549): 2130-2136.
- Bond, G., Showers, W., Elliot, M., Evans, M., Lotti, R. , Hajdas, I., Bonani, G. & Johnson, S., 1999. The North Atlantic's 1-2 kyr climate rhythm: relation to Heinrich events, Dansgaard/Oeschger cycles and the Littel Ice Age. In: *Mechanisms of Global climate change at millennial time scales*, Clark, P., Webb, R., and Keigwin, LI (eds). Geophysical Monograph 112: 35-58.
- Bond, G., W. Showers, et al. (1997). "A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates." *Science* 278(5341): 1257-1266.
- Botz, R., Stoffers P., Faber E. and Tietze, K., 1988. Isotope geochemistry of carbonate sediments from Lake Kivu (East - Central Africa). *Chemical Geology*, 69:299-
- Brunet, M. and D. López, 2001. *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. Springer-Verlag, Berlin, 651 pp.
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró and D. López, 2001. A Differential Response of Northeastern Spain to Asymmetric Trends in Diurnal Warming Detected on a Global Scale. In *Detecting and Modelling Regional Climate Change*, Brunet and López (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, 95-107.
- Bryden, H. L., Longworth, H. R. & Cunningham, S. A. (2005) Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25°N. *Nature***438**, 655–657.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Canals, M., Sbaiffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J., and Zahn, R. (2001). Variability of the western Mediterranean Sea surface temperatures during the last 25,000 years and its connection with the northern hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* **16**, 40-52.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A. and Shackleton, N. (1999) Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures. *Paleoceanography* **14**, 698-705.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Sierro, F.J., Shackleton, N. and Canals, M. (2000) Evidence for enhanced Mediterranean thermohaline circulation during rapid climatic coolings. *Earth and Planetary Science Letters* **183**, 417-429.
- Castro, M., C. Gallardo y S. Calabria, 2004: "Regional IPCC Projections until 2100 in the Mediterranean area". In *Environmental Challenges in the Mediterranean*". Kluwer Ed.
- Castro-Díez Y., Pozo-Vázquez D., Rodrigo F.S. and Esteban-Parra M.J., 2002. NAO and winter temperature variability in southern Europe. *Geophys. Res. Lett.*, 29 (8), doi.:10.1029/2001GL014042
- Catalan J., Pla S., Rieradevall M., Felip M., Ventura M., Buchaca T., Camarero L., Brancelj A., Appleby P.G., Lami A., Grytnes J.A., Agustí-Panareda A. and Thompson R. (2002) Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrennees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology*, 28: 129-145.
- Cheddadi, R., Yu, G., Guiot, J., Harrison, S.P. & Colin Prentice, I., 1997. The Climate of Europe 6000 years ago. *Climate Dynamics*, 13:1-19.
- Clubbe C. 1996. Threats to biodiversity In: *Global Environmental Issues* (eds. Blackmore R., Reddish A), Hodder toughton, London.
- Cook, E.R., D'Arrigo R.D., Mann, M.E. 2002. A well verified multiproxy reconstruction of the winter North Atlantic Oscillation since AD 1400. *Journal of Climate* 15: 1754-1764.
- Cubasch U., H.von Storch, J. Waszkezwitz y E. Zorita, 1996: Estimates of climate changes in southern Europe using different downscaling techniques. *Clim. Res.*, **7**, 129-149.
- Cullen, H.M., D'Arrigo, R.D., Cook, E.R., Mann, M.E. (2001). Multiproxy reconstructions of the North Atlantic Oscillation. *Paleoceanography*, 16 (1): 27-39.
- Cullen, H.M., deMenocal, P.B., Hemming, S., Hemming, G., Brown, F.H., Guilderson, T., Siroco, F. (2000). Climate change and the collapse of the Akkadian Empire; evidence from the Dep. sea, *Geology* 28:379-382.
- Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdottir, A.E., Jouzel, J. & Bond, G. (1993): Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record.- *Nature*, 364: 218-220.
- de Luis M, Raventos J, Gonzalez-Hidalgo JC. 2005. Fire and torrential rainfall: effects on seedling establishment in Mediterranean gorse shrublands. *Int. Jour. Of Wildland Fire* 14 (4): 413-422 2005

- Desprat, S. Sanchez Goñi, M.F., Loutre, M.F. 2003. Revealing climate variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Science Letters* 213: 63-78.
- Dickson, B., I. Yashayaev, et al. (2002). "Rapid freshening of the deep North Atlantic Ocean over the past four decades." *Nature* **416**(6883): 832-837.
- Dirnböck T. Dullinger S., Grabherr G. 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30, 401-417.
- Duplessy, J. C. (2005). "Abrupt and localized climatic changes and their consequences." *Comptes Rendus Geoscience* **337**(10-11): 881-887.
- Duplessy, J. C., E. Cortijo, et al. (2005). "Marine records of Holocene climatic variations." *Comptes Rendus Geoscience* **337**(1-2): 87-95.
- García-Herrera R., J. Díaz, R. Trigo y E Hernández, 2005. Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Annales Geophysicae* (23), 239-251.
- García-Herrera, R., D. Barriopedro, et al. (2005). "The 2001 Mesoscale Convective Systems over Iberia and the Balearic Islands." *Meteorology and Atmospheric Physics* **90**(3-4): 225-243
- Gasse, F. 2000. Hydrological Changes in the African Tropics Since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews* 19, 189-211.
- Gherardi JM, Labeyrie L, McManus JF, Francois R, Skinner LC, Cortijo E. 2005. Evidence from the Northeastern Atlantic basin for variability in the rate of the meridional overturning circulation through the last deglaciation. *Earth and Planetary Science Letters* 240 (3-4): 710-723
- Giralt, S., Burjachs, F., Roca, J.R. and Julia, R., 1999. Late Glacial to Early Holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playa-lake (Alicante, Spain). - *Journal of Paleolimnology*, 21: 449-460.
- Gomendio, M. (ed), 2004. La conservación de la biodiversidad en España. Serie: Los retos ambientales del Siglo XXI. 2004. CSIC-Fundación BBVA. 346 pág.
- González-Donoso et al., 2000; Bárcena et al., 2001, Cacho et al., 1999, 2001, Moreno et al., 2002, Martínez-Ruiz et al., 2003
- González-Rouco J. F., H. Heyen, E. Zorita, y F. Valero, 2000: Agreement between observed rainfall trends and climate change simulations in the Southwest of Europe. *J. Clim.*, **13**, 3057-3065.
- González-Sampériz, P.; Valero-Garcés, B. L.; Moreno, A.; Jalut, G.; García-Ruiz, JM; Martí-Bono, C; Delgado-Huertas, A; Navas, A; Otto, T; Dedoubat J.J. 2006. Climate variability in the Spanish Pyrenees for the last 30,000 yr: El Portalet peatbog sequence. *Quaternary Research* (in press).
- Goodess C. M., y J. P. Palutikof, 1998: Development of daily rainfall scenarios for Southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling. *Int. J. Climatol.*, **10**, 1051-1083.
- Goodess, C. M., and P. D. Jones, 2002: Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *Int. J. Climatol.*, **22**, 1593-1615.
- Harrison, S. P., I. C. Prentice, et al. (1992). "Influence of Insolation and Glaciation on Atmospheric Circulation in the North-Atlantic Sector - Implications of General-Circulation Model Experiments for the Late Quaternary Climatology of Europe." *Quaternary Science Reviews* **11**(3): 283-299.
- Harrison, S.P., Yu, G. and Tarasov, P.E., 1996. The Holocene lake level record from Eurasia. *Quaternary Research* 45: 138-159.
- Hemming, S. R. (2004). Heinrich events: Massive late pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Reviews of Geophysics* **42**, RG1005.
- Houghton, J. (2001). "The science of global warming." *Interdisciplinary Science Reviews* **26**(4): 247-257.
- Hu, H. and Neelin, J.D. 2005. Dynamical mechanisms for African monsoon changes during the mid-Holocene. *Journal of Geophysical Research* 110, doi 10.1025/2005JD005806.
- Hurrell, J. W., 1995: Decadal trends in the north Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, **269**, 676-679.
- IAEA/WMO (2004). Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database. Accessible at: <http://isohis.iaea.org>
- Kutzbach, J. E., W. L. Prell, et al. (1993). "Sensitivity of Eurasian Climate to Surface Uplift of the Tibetan Plateau." *Journal of Geology* **101**(2): 177-190.
- Kutzbach, J.E., Guetter, P.J., Behling, P.J. & Selin, R., 1993. Simulated climatic changes: results of the COHMAP climate-model experiments. In: Wright H.E. Jr., Kutzbach, J.E., Webb T.III, Ruddiman W.F., Street-Perrot, F.A. & Bartlein, P.J. (eds). *Global Climates since the Last Glacial Maximum*: 24-93. University Of Minnesota Press, Minneapolis.
- Lamb, H.F., Gasse, F., Benkaddour, A., El Hamouti, N., van der Kaars, S., Perkins, W.T., Pearce, N.J. and Roberts, C.N., 1995. Relation between century-scale Holocene arid intervals in tropical and temperate zones. *Nature*, 373: 134-137.
- Leuschner D. & Sirocko, F. 2000. The low-latitude monsoon climate during Dansgaard-Oeschger cycles and Heinrich events. *Quaternary Science Reviews*, 19: 243-254.
- Luque J.A. and Julia, R. 2002. Lake sediment response to land-use and climate change during the last 1000 years in the oligotrophic Lake Sanabria (NW Iberian Peninsula). *Sedimentary Geology* 148: 343-355.

- Luque, J.A. 2003. El lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6000 años. Ph D. Tesis, U. Barcelona. 384 p.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., M. Dietrich, D. Jones, P.D., Davies, T.D., Portis, D., Gonzales-Rouco, J.F., von Storch, H., Gyalistras D., Casty C., Wanner, H. 2001. Extending North Atlantic oscillation reconstructions back to 1500. *Atmospheric Science Letters* 2, 114-124.
- Martínez-Ruiz, F., A. Paytan, M. Kastner, J. M. González-Donoso, D. Linares, S. M. Bernasconi and F. J. Jimenez-Espejo. 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190: 23-37
- Martrat, B., Grimalt, J.O., Lopez-Martinez, C., Cacho, I., Sierro, F.J., Flores, J.A., Zahn, R., Canals, M., Curtis, J.H. and Hodell, D.A. (2004) Abrupt temperature changes in the western Mediterranean over the past 250,000 years. *Science* **306**, 1762-1765.
- Meehl, G. A. and C. Tebaldi (2004). "More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century." *Science* **305**(5686): 994-997.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J., Sánchez Goñi, M. F., Shackleton, N. J., and Sierro, F. J. (2005). Links between marine and atmospheric processes oscillating at millennial time-scale. A multi-proxy study of the last 50,000 yr from the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea). *Quaternary Science Reviews* **24**, 1623-1636.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M. A., Sánchez Goñi, M. F., Grimalt, J. O., and Weltje, G. J. (2002). Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quaternary Research* **58**, 318-328.
- Muñoz-Díaz, D., y Rodrigo, F.S., 2003. Effects of the North Atlantic Oscillation on the probability for climatic categories of local monthly rainfall in southern Spain. *International Journal of Climatology*, **23**, 381-397.
- O'Hare G, Johnson A, Pope R. 2005. Current shifts in abrupt climate change: The stability of the North Atlantic conveyor and its influence on future climate. *Geography* 90: 250-266.
- Paredes D., Trigo, R.M., Garcia-Herrera R., Trigo, I.F. (2005) "Understanding precipitation changes in Iberia in early Spring: weather typing and storm-tracking approaches", *Journal of Hydrometeorology* (en prensa)
- Pérez Obiol R., & Juliá, R., 1994. Climatic Change on the Iberian Peninsula recorded in a 30,000-yr pollen record from Lake Banyoles. *Quaternary Research* 41:91-98
- Perez-Folgado M, Sierro FJ, Flores JA, Grimalt JO, Zahn R. 2004. Paleoclimatic variations in foraminifer assemblages from the Alboran Sea (Western Mediterranean) during the last 150 ka in ODP Site 977. *MARINE Geology* 212 (1-4): 113-131.
- Pla S., Camarero L. & Catalan J. (2003) Chrysophyte cyst relationships to water chemistry in Pyrenean lakes (NE Spain) and their potential for environmental reconstruction. *Journal of Paleolimnology*, 30, 21-34.
- Pons, A. & Reille, M., 1988. The Holocene and Upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 66/13: 243-263.
- Pozo-Vázquez D, Esteban-Parra M. J., Rodrigo F., Castro-Díez Y, 2001. A study of NAO variability and its possible non-linear influences on European surface temperature. *Clim. Dynamics* 17, 701-715.
- Rimbu, N., Lohmann, G., Kim, J-H., Arz, H.W., Schneider R.R., 2003. Arctic/North Atlantic Oscillation signature in Holocene sea surface temperature trends as obtained from alkenone data. *Geophysical Research Letter* 30, 1280.
- Roberts, N., Lamb, H.F., El Hamouti, N. and Barker, P., 1994. Abrupt Holocene Hydro-CLimatic events: Palaeolimnological evidence from North-West Africa. In: A.C. Millington and K. Pye, (Eds.) *Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological perspectives*. John Wiley & Sons: 163-175.
- Rodó X, Baert E, Comin FA. 1997. Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation. *Climate Dynamics*. 13: 275-284.
- Rodó, X., 2001: Inversion of three global atmospheric fields linking reversals in SST anomalies in the Pacific, Atlantic and Indian Oceans: A new step towards tropical atmospheric bridge hypothesis. *Climate Dynamics*, **18**, 203-217.
- Rodríguez-Fonseca B. and E. Serrano, 2002. Winter ten-day coupled patterns between geopotential height and Iberian Peninsula rainfall using the ECMWF precipitation reanalysis. *J. Climate*, 15, 1309-1321.
- Rodríguez-Puebla C, Encinas AH, Nieto S, Garmendia J. 1998. Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*. 18: 299-316.
- Ruiz Zapata, B. (Eds) 2002 Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean region. Congreso PAGES-España., Universidad de Alcalá.
- Rull V. & Vegas Vilarrúbia T., 2006. Unexpected biodiversity loss under global warming in the neotropical Guayana Highlands: a preliminary appraisal. *Global Change Biology* 12,
- Sánchez Goñi, M.F. and Hannon, G.E, 1999. High - altitude vegetational pattern on the Iberian Mountain Chain (north - central Spain) during the Holocene. *The Holocene*, 9: 39-57.
- Sánchez, E., C. Gallardo, M.A. Gaertner, A. Arribas y M. Castro, 2004: Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: first approach. *Global and Planetary Change*, **44**, 163-180.
- Sanchez-Goñi, M.F., Cacho, I., Turon, J.-L., Guiot, J., Sierro, F.J., Peyrouquet, J.-P., Grimalt, J.O. and Shackleton, N.J. (2002) Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region. *Climate Dynamics* **19**, 95-105.

- Sanchez-Goñi, M.F., Eynaud, F., Turon, J.L. and Shackleton, N.J. 1999. High-resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex. *Earth and Planetary Science Letters*, 171: 123-137.
- Sardans J, Penuelas J. 2004. Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest. *Plant and Soil* 267 (1-2): 367-377
- Shindell, D.T., Miller, R.L., Schmidt G. & Pandolfo L., 1999. Simultaneous of recent northern winter climate trends by greenhouse-gas forcings. *Nature* 399: 452 – 455
- Shindell, D.T., Schmidt, G.A., Mann, M.E., Rind, D., and Waple, A. (2001) Solar Forcing of Regional Climate Change During the Maunder Minimum. *Science* Vol 294: 2149-2152
- Siegenthaler, U., Stocker, T. F., Monnin, E., Luthi, D., Schwander, J., Stauffer, B., Raynaud, D., Barnola, J.-M., Fischer, H., Masson-Delmotte, V., and Jouzel, J. (2005). Stable Carbon Cycle-Climate Relationship During the Late Pleistocene. *Science* 310, 1313-1317.
- Sierro, F.J., Hodell, D.A., Curtis, J.H., Flores, J.A., Reguera, I., Colmenero-Hidalgo, E., Barcena, M.A., Grimalt, J.O., Cacho, I., Frigola, J., Canals, M. 2005. Impact of iceberg melting on Mediterranean thermohaline circulation during Heinrich events. *Paleoceanography* 20 (2) No. PA2019.
- Stoll, H. M., Auer, T., Hahn, R. S., Theberge, A., Jiménez-Sánchez, M. (2005): Can cave deposits in Northern Spain reconstruct the North Atlantic Oscillation? *Geological Society of America. Abstracts with Programs*, vol. 37, nº 1, p. 24. Northeastern Section, 40th Annual Meeting (March 14-16, 2005). Session Nº12: new Developments in the Late Quaternary History of the Northeastern United States and Adjacent Canada (Posters).
- Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Auer, T., Martos de la Torre, E. (2005): Variaciones temporales en la hidroquímica de goteos en la cueva del Pindal (Asturias, NO España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turísticas: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 38. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Sutton, R. T. and D. L. R. Hodson (2005). "Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate." *Science* 309(5731): 115-118
- Trigo RM, Pozo-Vázquez D, Osborn TJ, Castro-Díez Y, Gámiz-Fortis S, Esteban-Parra MJ. 2004a. North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*. 24: 925-944
- Valero-Garcés, B.L., Zeroual, E., & Kelts, K. ,1998. Arid phases in the western Mediterranean region during the Last Glacial Cycle reconstructed from lacustrine records. In: *Paleohydrology and Environmental Change* (G. Benito, V.R. Baker and K.J. Gregory, Eds.), p. 67-80, Wiley & Sons. London.
- Valero-Garcés, B.L., Penélope González-Sampériz, Ana Navas, Javier Machín, Pilar Mata, Antonio Delgado-Huertas, Roberto Bao, Ana Moreno Caballud, José S. Carrión, Antje Schwalb, & Antonio González-Barrios. 2006. Human Impact since Medieval times and Recent Ecological Restoration in a Mediterranean Lake: The Laguna Zoñar (Spain). *Journal of Paleolimnology* (in press).
- Wang, SW. 2005. Abrupt climate change and collapse of ancient civilizations at 2200BC-2000BC. *Progress in natural Science* 15, (10) 908-914.
- Wansard, G., 1996. Quantification of paleotemperature changes during Isotopic stage 2 in the La Draga continental Sequence (NE Spain) based on the Mg/Ca ratio of freshwater ostracods. *Quaternary Science reviews*, 15, 237-245.
- Zorita, E., V. Kharin and H.von Storch. 1992. The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North-Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation. *Journal of Climate* 5, 1097-1108.

Convocatoria de ayudas de Proyectos de Investigación

MEMORIA TÉCNICA PARA PROYECTOS DE LA CONVOCATORIA DE I+D TIPO A ó B

2 RESUMEN DE LA PROPUESTA (Debe rellenarse también en inglés)

INVESTIGADOR PRINCIPAL: BLAS LORENZO VALERO GARCÉS

TITULO DEL PROYECTO: CALIBRE: Cambios climáticos rápidos en la Península Ibérica basados en calibración de indicadores, series instrumentales largas y análisis de alta resolución de registros terrestres y marinos.

RESUMEN (debe ser breve y preciso, exponiendo sólo los aspectos más relevantes y los objetivos propuestos):

Llegar a comprender las causas y efectos de los cambios globales y las interacciones sinérgicas del sistema climático continúa siendo un reto científico complejo. La Península Ibérica es particularmente sensible a los cambios climáticos rápidos y los costes previstos en los escenarios de cambio climático futuro (pérdidas económicas, impacto hidrológico de las sequías, pérdida de biodiversidad) son elevados. Este proyecto supone una oportunidad única para reconstruir series largas de variabilidad climática y analizar la dinámica climática durante periodos de cambio climático rápido en la Península Ibérica. Por una parte, coordina cuatro grupos de investigación y por otra, aplica una estrategia científica pluridisciplinar que incluye el estudio de registros paleoclimáticos de alta resolución, la monitorización de dichos archivos y la calibración con registros instrumentales largos. Como resultado de los trabajos previos de los subgrupos se dispone de registros de alta resolución marinos, lacustres y espeleotémicos y de una metodología adecuada para la elaboración de series instrumentales largas. Los periodos de cambio climático rápido en el pasado servirán como comprender mejor, modelizar y predecir los efectos del cambio climático actual. Debido a las incertidumbres de los modelos climáticos a escala intermedia, proponemos un estudio regional en la Península Ibérica que tiene en consideración su diversidad geográfica y la interconexión entre los procesos atmosféricos, hidrológicos, oceánicos y biológicos. Para cumplir estos objetivos, son necesarios tanto un conocimiento detallado de la dinámica climática actual y su variabilidad como series climáticas más largas que las del periodo instrumental. Nuestra estrategia científica se basa en: i) identificación de los patrones de variabilidad climática actual en la Península Ibérica y de las tendencias actuales y análisis de la dinámica regional de los periodos de cambio climático rápido en el registro instrumental; ii) calibración de los indicadores climáticos de los distintos archivos utilizando monitorización de los archivos y técnicas de calibración aplicadas a sondeos cortos y espeleotemas activos; iii) aplicación de los resultados de la calibración a la reconstrucción de la dinámica climática durante periodos de cambio rápido a escala de décadas (variabilidad asociada a la NAO), de siglos (Pequeña Edad de Hielo, Periodo Cálido Medieval) y milenios (Eventos Heinrich, ciclos de Bond, Dryas Reciente, el evento frío del 8.2 ka).

PROJECT TITLE: CALIBRE: Rapid climate changes in the Iberian Peninsula based on proxy CALibration, long term instrumental series and high resolution analyses of terrestrial and marine REcords.

SUMMARY:

Understanding the causes and effects of global changes, and the synergic interactions of the climate system remains a complex scientific challenge. The Iberian Peninsula is particularly sensitive to rapid climate changes and the projected cost of future climate scenarios (economic losses, hydrological impact of droughts, loss of biodiversity) are high. This project encompasses a unique convergence of scientific and logistic opportunities to reconstruct long time series of climate variability in the Iberian Peninsula and to analyze the climate dynamics during periods of rapid climate change. We will use reconstructed climate series from high-resolution archives, monitoring of the terrestrial (lakes and caves) and marine sites, and calibration with long term instrumental data. As a result of the previous work meteorological data have been compiled, and high resolution, continuous archives of past climate changes from different settings (lacustrine, marine and cave deposits) will be available for the research. As a whole, they provide the best archives of past climate variability in the Iberian Peninsula. Past periods of rapid climate change will serve to better understand, model, and predict the effects of the current period of rapid climate change. Due to the uncertainty of climate models at meso-scale, we propose a regional study focus in the Iberian Peninsula that takes into account its geographic diversity and the interconnection among atmosphere processes, the hydrosphere, the ocean dynamics and the biosphere at a regional scale. Both, a detailed knowledge of the modern climate variability in the IP at a regional scale based on instrumental records, and longer time series of climate variability are needed. Our research strategy is based on: i) Identification of patterns of climate variability in the IP at a regional scale and current trends, based on instrumental records, and analyses of climate dynamics during periods of rapid climate change within the instrumental period; ii) Calibration of the climate proxies from the different archives with climate data using in-site monitoring long term series and calibration techniques applied to marine and lacustrine core and active speleothems, iii) application of the calibration to longer cores and speleothems to reconstruct the climate dynamics during selected periods of rapid climate change, at decadal (NAO variability) to centennial scale (Little Ice Age, the Medieval Warm Period) and millennial scale (Heinrich Events, Bond cycles, YD, 8.2 cold event)

2. INTRODUCCIÓN

(máximo cinco páginas)

- Deben tratarse aquí: la finalidad del proyecto; los antecedentes y estado actual de los conocimientos científico-técnicos, incluyendo la bibliografía más relevante; los grupos nacionales o internacionales que trabajan en la misma materia específica del proyecto, o en materias afines.

1. OBJETIVOS Y ESTRATEGIA.

Esta propuesta representa el esfuerzo de varios grupos de investigación españoles ante el reto de desarrollar una **estrategia multidisciplinar** que permita entender algunos de los problemas más destacados acerca de la variabilidad del clima en la Península Ibérica y la respuesta de los ecosistemas ante los cambios climáticos rápidos, pasados y presentes. Debido a la naturaleza compleja del Cambio Global, se hace necesario una aproximación multidisciplinar para comprender las interacciones entre clima, actividad humana y Biosfera-Geosfera-Hidrosfera. Dos de los grupos de investigación que se presentan en este proyecto coordinado trabajan ya conjuntamente dentro del proyecto REN-2003-09130-CLIBER. A este grupo de investigadores que investigan los cambios climáticos del pasado a partir de registros lacustres y marinos se han incorporado expertos en series instrumentales largas y en espeleotemas. Para conseguirlo ha sido necesario realizar un importante **esfuerzo de coordinación** de las diversas estrategias y actividades científicas, de acuerdo con la filosofía de este Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica. Nuestros objetivos integran varios aspectos recogidos en las tres principales líneas de investigación del programa de **Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global**.

Para comprender la variabilidad del clima y sus ritmos de cambio es imprescindible disponer de **largas series de datos**, mayores que las proporcionadas por el registro instrumental que es, ya de por sí, exíguo en la Península Ibérica. Este proyecto permitirá reconstruir series largas de datos climáticos e indicadores paleoclimáticos basados en archivos de calidad excepcional de la Península Ibérica. Nuestra investigación ayudará a entender mejor los cambios climáticos rápidos y proporcionará análogos para contrastar modelos y escenarios climáticos.

Nuestra **estrategia de investigación** se basa en:

5. **Identificación de patrones de variabilidad climática en la Península Ibérica (PI)** a escala regional y sus tendencias actuales, a partir del registro instrumental; y el análisis de la dinámica del clima durante periodos de cambio climático rápido dentro del periodo instrumental.
6. Uso de **registros continuos de alta resolución de cambios climáticos pasados** procedentes de diversos ámbitos: depósitos lacustres, marinos y de cuevas. Se han seleccionado los registros marinos del Mediterráneo más occidental y sus conexiones con el Atlántico, ya que las altas tasas de sedimentación (especialmente en el mar de Alborán), unidas a su continuidad sedimentaria, proporcionan unas condiciones excepcionales para el estudio y análisis de alta resolución de cambios climáticos, tanto a nivel global como regional. A este registro se añaden sondeos continuos procedentes de 9 lagos obtenidos en 2004 y los espeleotemas de cuevas activas de Asturias y Andalucía.
7. **Calibrar** los diferentes indicadores climáticos procedentes de los diversos registros con datos climáticos aplicando técnicas de calibración y monotorización in-situ.
8. Reconstrucción de la dinámica climática durante **periodos seleccionados de cambio climático rápido**, a escala de décadas (variabilidad tipo NAO), de cientos de años (Pequeña Edad del Hielo, Periodo Cálido Medieval) e incluso milenios (Evento Heinrich, ciclos de Bond, Dryas Reciente, evento frío 8.2).

2. VARIABILIDAD CLIMÁTICA ACTUAL EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Durante la última década se han intensificado los estudios sobre la variabilidad climática reciente en la PI y sus principales teleconexiones (para ver una lista ampliada de publicaciones: <http://www.iim.csic.es/~rbos/CLIVAR-ES/>). La ubicación de la PI en el límite de las zonas de clima templado y de la zona subtropical, en el límite sur de los frentes atlánticos, así como su compleja geografía y su situación entre el Atlántico y el Mediterráneo, explica la **variabilidad climática actual**, así como los amplios gradientes de precipitación y temperatura (Rodríguez-Puebla *et al.* 1998). La mayor parte de las

precipitaciones están relacionadas con los frentes Atlánticos a pasar de que los sistemas convectivos de mosecala producen importantes precipitaciones en las regiones mediterráneas (García-Herrera et al. 2005). Modificaciones importantes en los patrones de circulación como consecuencia de cambios globales de muy diferente naturaleza (cambios glaciales o variaciones en la insolación) podrían dar lugar a condiciones de mayor humedad en la PI (Harrison *et al.*, 1992; Kutzbach *et al.*, 1993; Huntley & Prentice, 1993, Harrison *et al.* 1996). Entre estas modificaciones posibles, se encuentran: i) un desplazamiento hacia el sur de los vientos del oeste o *westerlies*, como ocurre, por ejemplo durante periodos glaciares, daría lugar a un incremento de las precipitaciones invernales; ii) un avance hacia el norte del monzón africano durante intervalos de mayor insolación estival que la actual, un debilitamiento de la influencia de la circulación subtropical sobre el Mediterráneo; iii) un fenómeno local de tipo monzón, generado por las extensas áreas de terreno de la Península Ibérica que favorecen el desarrollo de depresiones sobre el Mediterráneo e incrementan las precipitaciones y tormentas de tipo ciclónico en verano.

Bajo las condiciones climáticas actuales, el modo dominante de variabilidad climática a escala de decenas de años en el Atlántico se conoce como la **Oscilación del Atlántico Norte (NAO)** que a su vez está fuertemente relacionada con la formación de agua profunda en el Atlántico Norte (NADW) (Wanner, 1994). Un valor negativo del índice NAO, con altas presiones sobre Islandia y bajas presiones sobre las Azores, provoca una situación de bloqueo para los vientos del oeste y un desplazamiento en la trayectoria de las tormentas hacia el sur. Como consecuencia de esta situación, los inviernos son más fríos y secos en la el centro y norte de Europa y más húmedos en Europa meridional y el noroeste de África. La influencia del índice NAO en las precipitaciones invernales en la PI ha sido ampliamente estudiada (Hurrell 1995; Zorita et al 1992; Muñoz-Díaz y Rodrigo, 2003, Trigo et al 2004, Pozo-Vázquez et al 2001, Rodríguez-Fonseca y Serrano 2002, Goodes y Jones 2002). El papel que el índice NAO juega en la variabilidad térmica es mucho menor (Pozo-Vazquez et al., 2001, Castro-Díez et al 2002) y su influencia se reduce a las temperaturas mínimas invernales. Sin embargo, a pesar de que la Península Ibérica se encuentra bajo la influencia de la NAO en invierno, las regiones más orientales no muestran una clara conexión con el fenómeno ENSO (El Niño Southern Oscillation) (Rodó et al., 1997; Rodo, 2001). Sin embargo, el registro instrumental muestra variaciones muy marcadas en verano en el oeste de Europa a escalas de décadas (Hurrell, 2002; Sutton and Hodson, 2005) lo cual indica que los veranos europeos están también controlados por las variaciones en el Atlántico Norte.

3. PATRONES DE CAMBIO CLIMÁTICO RÁPIDO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Cambio climático actual a escala global.

Actualmente, estamos viviendo un **periodo de rápido cambio climático** de consecuencias nunca vistas hasta ahora, no sólo en los ecosistemas y la biodiversidad, sino en sus repercusiones en la economía y sociedades humanas (IPCC, Houghton et al., 2001). Los científicos coinciden en que el incremento en las emisiones de CO₂ como consecuencia de la actividad humana es el principal responsable de la mayor parte del actual cambio del clima a escala global (Bala ete al., 2005). Las concentraciones actuales en CO₂ (375 ppm) son las más altas de los últimos 650,000 años (Siegenthaler et al., 2005) y su incremento durante los últimos 150 años es de un alcance similar a una transición glacial/interglacial. Además del **incremento global en la temperatura**, a escala regional se observan diversos indicadores de cambio global: retroceso de los glaciares, cambios en los patrones de precipitación, incremento en los fenómenos extremos debido al calentamiento de los océanos, aumento de las olas de calor, migración de ecotonos y pérdida de la biodiversidad (Clubbe, 1996, Dirnböck & Grabherr, 2003, KellerRull & Vegas Vilarrúbia, 2006). Las observaciones más recientes muestran indicadores de una ralentización en la producción de NADW (Dickson et al., 2002) y una reducción de la corriente del Golfo a lo largo de las últimas décadas (Bryden et al., 2005) cuyas consecuencias sobre la circulación termohalina y el clima de Europa occidental aún se desconoce. **Comprender las causas y consecuencias del cambio global y las interacciones sinérgicas del sistema climático continúa siendo uno de los retos científicos más importantes.**

Cambio climático rápido reciente en la PI.

Los datos instrumentales actualmente disponibles, así como los modelos regionales, indican que la Península Ibérica es especialmente sensible a cambios climáticos rápidos a escala de décadas. Recientes investigaciones muestran, para las últimas décadas, una disminución de las precipitaciones de primavera paralelamente a un incremento en las temperaturas (especialmente en invierno, 0.13 °C/década) (Paredes et al., 2005) y un aumento de la intensidad y frecuencia de las olas de calor (Meehl and Tebaldi 2004; Stott *et al.* 2004). La tendencia en las precipitaciones es especialmente significativa en las regiones del oeste donde la influencia de

la NAO es más fuerte. Gallardo (2004), Castro et al (2004) y Sánchez et al. (2004) han considerado diferentes escenarios a escala regional aplicando el modelo PROMES, y han obtenido modelos que muestran incrementos generalizados de la temperatura y de los eventos extremos. Por otra parte, la respuesta de la precipitación en la PI para diferentes escenarios climáticos futuros no es todavía concluyente (Cubasch et al. 1996; Goodess y Palutikof, 1998; González-Rouco et al. 2000). En las últimas tres décadas la NAO se ha mantenido predominantemente en fase positiva, siendo la tendencia más acusada y más larga de los 140 años de registro instrumental (Hurrell, 1995; Bojariu and Gimeno, 2003). Durante este periodo se han producido importantes cambios en la precipitación en Europa y el Medio Oriente (Cullen et al., 2000, 2001) y se ha detectado un cierto calentamiento continental en el hemisferio norte (Hurrell, 1995). En España el cambio climático tendrá efectos importantes en diversos ámbitos: **pérdidas económicas, variaciones en la magnitud y frecuencia de episodios extremos** (crecidas y sequías), pérdidas de biodiversidad (Sardans and Penuelas, 2004; de Luis et al., 2005; Garcia-Herrera et al., 2005).

Periodos de cambio climático rápido del pasado.

Diversos equipos de investigación en España y en otros países han demostrado que se han producido cambios climáticos rápidos en el pasado en la PI en los últimos milenios. **El Holoceno** ha sido considerado como un periodo climáticamente estable, sin embargo, ahora sabemos que durante este periodo se han producido rápidas oscilaciones, aún mal conocidas (Duplessy et al., 2005). La compleja naturaleza de estos cambios requiere la comprensión de la respuesta de los diferentes subsistemas climáticos – atmósfera, litosfera, océanos, hidrosfera y biosfera- a estos bruscos cambios climáticos. El papel de los océanos como regulador del sistema climático es bien conocido, pero su papel potencial en la desestabilización del clima ha sido descubierto muy recientemente. Una de las características más llamativas de los eventos climáticos a escala de milenios durante el Pleistoceno es su asociación con **cambios en la circulación termohalina** (Bond et al., 1997, Gherardi et al., 2005; Sierro et al., 2005; Wan, 2005). En la cuenca del Atlántico Norte se han observado pequeñas variaciones en la temperatura de la superficie del mar (<2 °C) que pueden ser interpretadas como una respuesta lineal a las variaciones anuales de la insolación. Sin embargo, el ciclo hidrológico ha experimentado cambios importantes que pueden estar relacionadas con variaciones en la intensidad del monzón. El **carácter abrupto** del comienzo y el final de estos cambios hidrológicos se cree que está ligado a la superación de un umbral crítico en los mecanismos de retroalimentación entre el ciclo hidrológico y la vegetación (Gasse, 2000; Hu and Neelin, 2005). Superimpuesto a los ciclos orbitales, hay numerosos cambios rápidos de escala milenaria que se correlacionan con los observados en el Atlántico Norte (Gasse, 2000).

Tanto los **registros marinos** (Sanchez Goñi et al., 2002; Desprat et al., 2003; Alvarez et al., 2005) como los **lacustres** (Luque 2003) muestran una fuerte aunque variable señal de la NAO durante el Holoceno, con periodos de fase dominante positiva durante la Pequeña Edad del Hielo y el Holoceno medio. El índice NAO ha sido reconstruido para los últimos siglos (Luterbacher et al., 2001; Cook et al., 2002; Rimbu et al, 2003). Varios autores señalan que las inversiones de la NAO son elementos típicos de las fluctuaciones climáticas durante el Holoceno y las denominan eventos tipo “Pequeña Edad del Hielo” (‘Little Ice Age’ Type events) (Moses et al., 1987). Las variaciones de baja frecuencia de la NAO son un mecanismo potencial para los cambios climáticos a escala de milenio y para las transiciones de entrada y salida a estos periodos o eventos ocurridas en las últimas décadas (Schindell et al., 1999).

Las principales fluctuaciones climáticas en la Península Ibérica desde el Último Máximo Glaciar han sido reconstruidas a escala de milenios en diversos lugares (Pérez Obiol & Juliá, 1994; Sanchez Goñi & Hannon, 1999; Valero-Garcés & González-Sampériz, 1999; Bárcena et al., 2001; Cacho et al, 2001, Martínez-Ruiz et al., 2003). Sin embargo, a pesar de que algunos resultados muestran una clara teleconexión entre los registros marinos (SST en el mar de Alborán, Cacho *et al.*, 1999) y lacustres (reconstrucción de la capa de hielo en lagos pirenaicos, Pla and Catalán, 2005) las **reconstrucciones basadas en estudios multidisciplinares de diferentes indicadores son muy escasas**. Si bien los estudios del polen son aún dominantes en los estudios del registro terrestre, estos últimos años se están extendiendo los estudios basados en la combinación de diversos indicadores (Giralt et al., 1999, PAGES-España Meeting, Ruiz-Zapata et al., 2002; González-Sampériz, 2006; Valero-Garcés et al, 2006). Numerosos grupos de investigación estudian los registros marinos (e.g., González-Donoso et al., 2000; Bárcena et al., 2001, Cacho et al., 1999, 2001, Moreno et al., 2002, Martínez-Ruiz et al., 2003). Las diferentes reconstrucciones paleoclimáticas muestran que el sistema climático ha experimentado cambios muy rápidos a escalas tanto de décadas como de cientos de años, tanto durante el periodo glacial (ciclos Dansgaard-Oeschger; Dansgaard et al., 1993; Hemming, 2004) como

interglaciario (Bond et al., 1997), principalmente relacionados con cambios en la circulación termohalina del Atlántico Norte. La Península Ibérica se ha mostrado especialmente vulnerable a los cambios climáticos pasados debido a su situación y características geográficas. Las variaciones en la temperatura de la superficie del mar (SST) durante estos cambios rápidos y abruptos en el Mediterráneo occidental han sido de hasta 6 °C en el último periodo glaciario (Cacho et al., 1999), e incluso mayores durante el último interglaciario (Martrat et al., 2004). Los ciclos de Dansgaard-Oeschger y los eventos de Heinrich han sido documentados en el margen Portugués, el Mar de Alborán y el Mediterráneo Occidental (e.g., Cacho et al., 1999; Martrat et al., 2004; Moreno et al., 2004; Perez-Folgado et al., 2004). Las retroalimentaciones e interconexiones entre los procesos atmosféricos, oceánicos y terrestres se han registrado en el IP. Los estudios polínicos recogen cambios en la vegetación que afectan tanto a los taxones arbóreos como a los estépico a escala de décadas (Sanchez Goñi et al., 2002). Así mismo, se registra una respuesta muy rápida de la vegetación a cambios rápidos del clima durante el último periodo de transición glaciario-interglaciario (Gonzalez Sampéris et al., 2006). La influencia del clima del Atlántico Norte durante el Último Máximo Glaciario y el Holoceno ha sido documentada tanto en registros marinos como terrestres. Sin embargo, el ritmo y naturaleza de los principales eventos climáticos en la región mediterránea de la PI muestra una clara conexión con el norte de África (Valero-Garcés et al., 1998; Gasse, 2000). Los registros lacustres muestran una gran variabilidad hidrológica durante el último milenio (Sanabria, Luque and Julia, 2002 que puede ser relacionada con los ciclos de Bond (Bond et al., 1997).

Los cuatro grupos de investigación integrados en esta propuesta **colaboran regularmente con otros grupos nacionales e internacionales**. En cuanto a los registros marinos, colaboramos con los grupos liderados por los Dres. Sierro y Flores (U. Salamanca), Dr. Canals (U. Barcelona), y el Dr. Grimalt (CSIC), todos ellos integrados en el proyecto europeo PROMESS en el que participa nuestro equipo. A la vez, colaboramos con otros grupos españoles que trabajan en variabilidad climática como el Dr. Castro Diez (U. Granada). Colaboraciones activas existen también con otros centros del CSIC: CMIMA, Estación Experimental del Zaidín, Instituto Jaume Almera-CSIC. Estamos actualmente involucrados en programas internacionales, como el “Ocean Drilling Program, (<http://www.oceandrilling.org/>), TTR-UNESCO (<http://ioc.unesco.org/iocweb/default.htm>). Mantenemos una colaboración activa con la mayoría de grupos que trabajan en registros lacustres en España (IJA-CSIC, U. Complutense de Madrid) y contactos con otros grupos que trabajan en espeleotemas en España (IGME, U. Complutense) y en el extranjero (University of Massachusetts, University of Minnesota).

4. SERIES LARGAS DE DATOS CLIMÁTICOS: PROXIES Y CALIBRACIÓN.

Es necesario mejorar las fuentes de datos climáticos para conocer mejor la variabilidad del clima a escala local y su respuesta a cambios climáticos rápidos, pero sobre todo es imprescindible **extender en el tiempo las series climáticas proporcionadas por el registro instrumental**. Los escenarios regionales para los cambios climáticos pasados y futuros en la PI, dada su compleja geografía, son posibles sólo con reconstrucciones climáticas a meso y microescala si se realizan sobre modelos que integren patrones atmosféricos y la respuesta climática a escala de cuenca. Nuestra investigación integra información procedente de una amplia red de localidades dentro de la PI. Por otro lado, la mayor parte de las variaciones del clima en la PI durante el Holoceno están relacionadas con cambios en la precipitación más que en la temperatura, y, en consecuencia, es necesario estudiar aquellos indicadores climáticos que registren información paleohidrológica tal y como se propone en este proyecto. Sólo los análisis de alta resolución de los registros climáticos terrestres y marinos pueden proporcionar un registro completo de los cambios climáticos rápidos ocurridos en el pasado y reconstruir la dinámica de la variabilidad climática durante periodos de cambios rápidos.

Calibrar los indicadores climáticos con las series instrumentales es clave para obtener series climáticas más largas de la variabilidad climática en la PI, así como obtener **reconstrucciones cuantitativas** que puedan ser usadas para los modelos de cambio climático. Ya se han realizado algunos estudios de calibración a partir de algunos indicadores, pero esta es la primera vez que se realiza con un equipo multidisciplinar y con *proxies* de diferentes características y procedencias en la Península Ibérica. La red REDICLO proporciona reconstrucciones basadas en registros históricos (<http://www.ucm.es/info/reclido/>). También disponemos de reconstrucciones climáticas basadas en parámetros biológicos procedentes de lagos (crisofitas en lagos pirenaicos, Catalán et al., 2002; Pla et al. 2003; ostrácodos en lagos kársticos, Wansard 1996). Por su parte, los lagos son sistemas dinámicos y complejos, por lo que es necesario el uso de diferentes indicadores para obtener una reconstrucción fiable de los cambios globales en el pasado (Valero Garces et al., 2006).

Igualmente, se están realizando estudios para la calibración de indicadores climáticos procedentes de cuevas en España (Stoll et al., 2005) y también se han llevado a cabo en registros marinos.

Las **técnicas de calibración son específicas tanto del tipo registro como del indicador** al que se aplican, por esta razón es imprescindible conocer la respuesta de los ecosistemas a la variabilidad climática actual. Se ha detectado un aumento en la temperatura en varios lagos españoles durante las últimas décadas (Redó data set Catalan et al. 2002; Pla and Catalán, 2005) a la vez que se ha observado una correlación clara entre productividad y precipitación durante 20 años a partir de los datos limnológicos del lago de Sanabria. En los **ecosistemas marinos**, se han detectado cambios durante los últimos años tanto en la producción de NADW como en la corriente del Golfo (Bryden et al., 2005). La composición geoquímica de varios espeleotemas activos muestran una correlación clara con la precipitación en el Norte de España y en la zona central (Stoll et al., 2005).

5. PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN.

Esta propuesta servirá para salvar lagunas de conocimiento en algunos de los más importantes aspectos sobre la variabilidad climática en la Península Ibérica.

- **Discrepancias** entre las reconstrucciones a escala global, hemisféricas y locales que se basan en diferentes metodologías e indicadores. Proponemos el uso de registros climáticos alternativos y la implementación de estrategias que integren múltiples registros e indicadores.
- Mejora de las técnicas de calibración y de las bases de datos instrumentales y paleoclimáticas (Red RECLIDO y otras).
- **Reconstrucciones climáticas cuantitativas.** Sólo los análisis de alta resolución de registros climáticos terrestres (espeleotemas y sedimentos lacustres) y marinos, calibrados con series del registro instrumental, podrán proporcionar información cuantitativa de la variabilidad climática en la PI que pueda ser posteriormente incorporada a modelos informáticos.
- A través de la mejora en la integración de los datos instrumentales, reconstrucciones paleoclimáticas y modelos de meso y microescala será posible conseguir mejores escenarios de **cambio climático a escala regional (Península Ibérica)**.
- **Mecanismos de transferencia de la variabilidad climática.** La investigación coordinada de un equipo multidisciplinar propuesta incrementará nuestro conocimiento y comprensión de los mecanismos que explican cómo la variabilidad climática es transferida de una región a otra, ya que proporcionará una correlación entre registros procedentes de diversas regiones.
- **Estructura regional y dinámica de los periodos de cambios climáticos abruptos y rápidos a diferentes escalas temporales.** A pesar de que las principales fluctuaciones climáticas en la Península Ibérica desde el Último Máximo Glaciar han sido reconstruidas a escala de milenios, las correlaciones entre los diferentes registros son escasas, muchos registros no son continuos y la resolución no permite descifrar los cambios rápidos del clima. Además, la respuesta de los diferentes ecosistemas y registros a los cambios climáticos similares aún no ha sido contrastada.
 - a. ¿Cuál es la estructura y efectos de los eventos Dansgaard-Oeschger (D/O) y Heinrich en la Península Ibérica? ¿Son los actuales gradientes N/S y W/E en la Península Ibérica similares a los registrados en otras fases climáticas? ¿cómo cambiaron los límites climáticos y ecológicos durante los pasados periodos de cambio climático?
 - b. ¿Cuál es la estructura a escala regional de los eventos tipo Bond durante el Holoceno en la Península Ibérica? ¿Cómo se detectan estos eventos en los registros terrestres? ¿quedan mayoritariamente registrados en las regiones atlánticas?
 - c. Los patrones de precipitación en el norte de España, ¿han sido controlados por la variabilidad tipo NAO durante el Holoceno y el último periodo glacial? ¿Hay algún periodo en el pasado que sea análogo a la variabilidad tipo ENSO en el SE de España durante el Holoceno?
 - d. ¿Es el LIA un periodo análogo a las “fases frías” que se produjeron durante el Holoceno? ¿Tienen la misma estructura climática que el evento frío 8.2, el YD y los eventos Heinrich?

¿Son el Periodo Cálido Medieval y el Óptimo Climático del Holoceno referencias para el presente periodo de calentamiento global?

- e. ¿cuáles son los mecanismos que explican los periodos de sequía y su ciclicidad? ¿La respuesta hidrológica ha sido similar para todos los periodos áridos? ¿cuál es la dinámica de los eventos extremos en el pasado: sequías y crecidas? Tan sólo en el marco de las series climáticas largas es posible conocer la ciclicidad del clima y con ello predecir las futuras variaciones del clima y sus efectos.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

(máximo dos páginas)

- ◆ **3.1** Describir brevemente las razones por las cuales se considera pertinente plantear esta investigación y, en su caso, la **hipótesis de partida** en la que se sustentan los objetivos del proyecto (**máximo 20 líneas**)

Este proyecto representa la continuación de la actual colaboración entre grupos de investigación de registros paleoclimáticos marinos y continentales (lagos y espeleotemas), incluyendo también datos instrumentales. Esto supone una oportunidad única de convergencia científica y logística para comprender el actual calentamiento global y la dinámica de cambio climático rápido en la Península Ibérica. Cuatro grupos científicos han coordinado sus metodologías y planes de trabajo para desarrollar reconstrucciones cualitativas de la variabilidad climática en la Península Ibérica durante períodos de cambio climático rápido. Como resultado de los trabajos anteriores de los subgrupos, se dispone de los archivos marinos y continentales idóneos para la propuesta. La sensibilidad de los registros de paleoindicadores climáticos ha quedado demostrada y las metodologías para obtener series largas de datos están listas. En definitiva, proporcionan los mejores archivos de variabilidad climática en el pasado y el presente de la Península Ibérica.

Nuestra estrategia investigadora se basa en la hipótesis de que los períodos de cambio climático rápido en el pasado servirán para comprender mejor, modelizar y predecir los efectos del actual período de cambio climático rápido. Debido a la incertidumbre de los modelos climáticos a meso-escala, proponemos un estudio regional centrado en la Península Ibérica que tiene en cuenta su diversidad geográfica y la interconexión entre procesos atmosféricos, la hidrosfera, la dinámica oceánica y la biosfera. Gracias a este proyecto, se obtendrá un conocimiento detallado de la actual variabilidad climática en la Península Ibérica a escala regional basada en registros instrumentales y series temporales más largas. Utilizaremos datos paleoclimáticos de archivos de alta resolución, realizaremos una monitorización de las zonas de estudio marinas y continentales, y llevaremos a cabo una calibración con series instrumentales largas.

- ◆ **3.2.** Indicar los **antecedentes y resultados previos**, del equipo solicitante o de otros, que avalan la validez de la hipótesis de partida

Los actuales patrones de variabilidad climática en la Península Ibérica, basados en registros instrumentales han sido intensamente estudiados durante las últimas décadas (<http://www.iim.csic.es/~rbos/CLIVAR-ES/>). Existen evidencias científicas consistentes que indican que el ritmo del actual cambio climático se encuentra entre los más altos de los producidos durante la evolución climática reciente y de que su impacto en las regiones mediterráneas será intenso. Se ha documentado una clara conexión entre las precipitaciones de invierno y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) (Zorita et al 1992; Muñoz-Díaz y Rodrigo, 2003, Trigo et al 2004, Pozo-Vázquez et al 2001). Las actuales tendencias de aumento de temperatura, disminución de precipitaciones e incremento de olas de calor, han sido establecidas a partir de registros instrumentales (Paredes et al., 2005). Se dispone de reconstrucciones hemisféricas de precipitaciones en el pasado, NAO y otras variables climáticas, pero es necesario compararlas con reconstrucciones locales. Los registros marinos en el Atlántico y el Mediterráneo han detallado la variabilidad climática en la Península Ibérica a escala de miles y cientos de años durante el último ciclo glacial y han identificado eventos Heinrich, ciclos D/O y ciclicidad tipo Bond (González-Donoso et al., 2000; Bárcena et al., 2001, Cacho et al., 1999, 2001, Moreno et al., 2002, Martínez-Ruiz et al., 2003). Los registros continentales han demostrado el impacto de la variabilidad climática a escala de miles de años en el continente (González-Sampériz et al., 2006) y la presencia de ciclos tipo Bond y variabilidad a escala de decenios y varias décadas (Luque, 2003). Numerosos grupos de investigación en España y en el resto del mundo han demostrado que varios **períodos de cambio climático rápido han tenido lugar en la PI durante los últimos miles de años** (Cacho et al., 1999; Martrat et al., 2004). Sin embargo, la cronología y la correlación entre archivos marinos y continentales no se ha completado y los mecanismos de retroalimentación y las interacciones necesitan ser resueltos.

Algunos estudios de calibración en registros marinos y continentales han demostrado la fiabilidad de las reconstrucciones climáticas basadas en archivos paleoclimáticos. La calibración local de espeleotemas en España sugiere una relación significativa entre precipitación ($\delta^{18}\text{O}$) y cantidad de precipitaciones y la NAO en la zona septentrional. Los análisis preliminares de estalagmitas de la Cueva del Pindal (Asturias) muestran una variación

significativa en las relaciones Sr/Ca y Mg/Ca que sugieren variaciones importantes en las precipitaciones. Los indicadores climáticos biológicos y sedimentológicos han sido aplicados a sondeos cortos en lagos de la Península Ibérica y han sido comparados con otros registros meteorológicos (Luque, 2003; Valero-Garcés et al., 2006).

En síntesis, aunque se ha demostrado claramente la existencia de períodos de cambio climático rápido en el pasado, desconocemos su cronología, estructura, duración, ciclicidad, y sus impactos en la diversidad geográfica de la Península Ibérica. Tanto la comunidad paleoclimática como la instrumental (Spanish CLIVAR workshop Madrid, February 2005) coinciden en la necesidad de disponer de series climáticas largas, más allá de los datos meteorológicos e históricos. Así, se podrá caracterizar la variabilidad natural del clima en la Península Ibérica a meso y microescala, y proporcionar datos cualitativos para modelos climáticos y escenarios futuros de Cambio Global.

- ◆ **3.3.** Enumerar brevemente y describir con claridad, precisión y de manera realista (es decir, acorde con la duración prevista del proyecto) los **objetivos concretos** que se persiguen, los cuales deben adecuarse a las líneas temáticas prioritarias del Programa Nacional al que se adscribe el proyecto (*ver Anexo de la convocatoria*).

La novedad y relevancia de los objetivos (así como la precisión en la definición de los mismos) se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (*ver apartado Noveno de la Convocatoria*)

El principal objetivo de este proyecto es producir series temporales paleoclimáticas largas, de alta resolución, para probar distintas hipótesis sobre la dinámica, causas y duración de períodos de cambio climático rápido. Nuestro estudio proporcionará algunos de los registros continentales en latitudes medias que son necesarios para el avance en el conocimiento de las causas y las respuestas de los ecosistemas a esos cambios climáticos abruptos, que tienen más importancia inmediata en la predicción de cambios climáticos futuros que las variaciones a largo término atribuidas a causas orbitales.

Los objetivos concretos de la propuesta CALIBRE son:

6. Recopilación de series largas de variables climáticas en España, próximas a las zonas a estudiar para reconstruir la variabilidad climática actual y las tendencias climáticas.
7. Calibración de las relaciones entre los paleoindicadores lacustres, marinos y kársticos utilizando:
 - i. Largas series de datos existentes, junto a otros nuevos realizados en este proyecto, resultantes de la monitorización de los ambientes lacustres, kársticos, marinos y de las variables climáticas.
 - ii. Sondeos cortos datados con ^{210}Pb y ^{137}Cs y estalagmitas activas que se solapan con registros históricos y climáticos conocidos.
8. Generación de registros de alta resolución de paleoindicadores a partir de archivos terrestres (espeleotemas de cuevas y sondeos lacustres) y archivos marinos, basados en análisis sedimentológicos, geoquímicos y biológicos, de períodos de cambio climático rápido en el pasado.
9. Reconstrucción de algunos parámetros climáticos y de la variabilidad climática en el pasado en la PI durante determinados períodos de cambio climático rápido por medio de:
 - a) Sistemas específicos de calibración (lago, cueva, mar) para "decodificar" las variaciones climáticas en el pasado.
 - b) Comparación entre reconstrucciones climáticas durante los períodos seleccionados a lo largo de transectos N-S y W-E para evaluar la variabilidad espacial y temporal de cambios climáticos en el pasado.
 - c) Comparación con Modelos Climáticos Regionales
10. Verificar varias hipótesis relativas a los mecanismos climáticos durante períodos de cambio climático rápido en la Península Ibérica a escala de decenas, centenares y miles de años.

◆ **3.4. En el caso de Proyectos Coordinados (máximo dos páginas):**

- el **coordinador** deberá indicar:

- los objetivos globales del proyecto coordinado, la necesidad de dicha coordinación y el valor añadido que se espera alcanzar con la misma
- los objetivos específicos de cada subproyecto
- la interacción entre los distintos objetivos, actividades y subproyectos
- los mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto

Los objetivos globales del proyecto de la propuesta CALIBRE son:

3. Reconstrucción de algunos parámetros de variabilidad climática en la PI durante períodos de cambio climático rápido seleccionados, por medio de:

- a. Análisis de series largas de datos instrumentales
- b. Calibraciones específicas (lacustres, kársticas, marinas) de indicadores climáticos y registros instrumentales
- c. Reconstrucciones de alta resolución de variabilidad climática en el pasado basada en registros lacustres, marinos y kársticos.
- d. Comparación con Modelos Climáticos Regionales

4. Verificar varias hipótesis relativas a mecanismos climáticos durante períodos de cambio climático rápido en la PI: Reconstrucciones de la evolución de la NAO en el pasado y de su impacto en las precipitaciones a lo largo de la PI, ciclicidad de sequías, incremento de eventos extremos (inundaciones y sequías), impacto de eventos Heinrich y ciclos Dansgaard-Oeschger en la PI. Ciclicidad a escala de miles de años durante períodos glaciales e interglaciales (ciclos Bond).

Para conseguir estos objetivos, cada subproyecto proporcionará los siguientes recursos:

CLICAL. Recopilación de series largas de variables climáticas cercanas a las zonas a estudiar para reconstruir la variabilidad climática actual y las tendencias climáticas

Los tres proyectos dedicados al estudio de registros paleoclimáticos generarán registros de alta resolución, con un excelente control cronológico, a partir de espeleotemas, sondeos lacustres y archivos marinos. Se utilizarán análisis sedimentológicos, geoquímicos y biológicos, para identificar períodos de cambio climático rápido.

LIMNOCAL. Calibración de las relaciones entre registros de paleoindicadores lacustres y variables climáticas:

i. Calibración de las relaciones entre parámetros limnológicos actuales, obtenidos por monitorización in-situ y variables climáticas en varios lagos utilizando series de datos largas y estudios de monitorización.

ii. Calibración de los indicadores biológicos lacustres, geológicos y geoquímicos con las variables climáticas en varios lagos utilizando para ello sondeos cortos datados con ^{210}Pb y ^{137}Cs que se solapan con registros históricos y climáticos.

CAVECAL. Calibración de las relaciones entre registros de indicadores en espeleotemas con variables climáticas

iii. Calibración de las relaciones entre clima y composición química de las aguas en varias cuevas utilizando sistemas de muestreo de aguas.

iv. Calibración de las relaciones entre clima y composición química de estalagmitas en varias cuevas utilizando estalagmitas funcionales que se solapan en el tiempo con registros climáticos históricos.

MARCAL. Registros marinos del Mediterráneo Occidental y el Atlántico.

v. Calibración de relaciones parámetros marinos obtenidos a partir de la monitorización in-situ y variables climáticas en el Mar de Alborán, el Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico utilizando series de datos largas disponibles y estudios de monitorización actuales.

vi. Calibración de las relaciones entre indicadores biológicos marinos, geológicos y geoquímicos y variables climáticas en sondeos cortos que se solapan con registros climáticos.

Este es el primer esfuerzo "multi-archivo", "multi-proxy" y "multi-disciplinar" dentro de la comunidad científica española para coordinar varios grupos de investigación dedicados a distintos aspectos del sistema climático a escala regional. Más de treinta científicos van a colaborar en el estudio de la variabilidad climática en el presente y el pasado en la Península Ibérica, centrándose en períodos de cambio climático rápido. Las sinergias creadas por las actividades de colaboración estimularán la investigación en la comunidad paleoclimática y la comunidad meteorológica, y ayudarán a tender puentes entre diferentes enfoques y metodologías. El equipo pluridisciplinar y las metodologías y estrategias combinadas son una respuesta adecuada a la compleja naturaleza del cambio climático. Los resultados cuantitativos y cualitativos del proyecto contribuirán a mejorar la resolución y sensibilidad de modelos climáticos informáticos y escenarios futuros de calentamiento global. La comparación entre las reconstrucciones climáticas obtenidas de las diferentes localizaciones de estudio, durante los períodos seleccionados, y a lo largo de transectos N-S y W-E, va a permitir evaluar la variabilidad espacial y temporal de los cambios climáticos pasados.

Las actividades de investigación de cada subproyecto se describen en detalle en las secciones de metodología y plan de trabajo. Los Investigadores Principales de cada subgrupo se responsabilizan de la implementación de dicho plan de trabajo. Se programarán dos reuniones anuales de coordinación para garantizar una sincronización adecuada en el cumplimiento de objetivos, así como para asegurar la coordinación entre los cuatro subproyectos. La celebración de encuentros científicos ad hoc para resolver problemas de investigación también está prevista. Las reuniones de trabajo durante los dos últimos años se ocuparán asimismo del análisis de resultados y de la elaboración de artículos y trabajos científicos.

4. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO (en el caso de proyectos coordinados deberá abarcar a todos los subproyectos)

Se debe **detallar y justificar con precisión la metodología y el plan de trabajo** que se propone y debe exponerse la planificación temporal de las actividades, incluyendo cronograma (se adjunta un posible modelo a título meramente orientativo).

- ◆ El plan de trabajo debe desglosarse en actividades o tareas, fijando los hitos que se prevé alcanzar en cada una de ellas. En los proyectos que empleen el Hespérides o se desarrollen en la zona antártica, deberán también incluir el plan de campaña en su correspondiente impreso normalizado.
- ◆ En cada una de las tareas debe indicarse el centro ejecutor y las personas (ver apartados 2.1, 2.2 y 2.3 del formulario de solicitud) involucradas en la misma. Si en el proyecto participan investigadores de otras entidades no relacionados en el apartado 2.3 del formulario de solicitud, deberán exponerse los méritos científicos que avalan su participación en el proyecto.
- ◆ Si solicita ayuda para personal contratado justifique claramente su necesidad y las tareas que vaya a desarrollar.

La adecuación de la metodología, diseño de la investigación y plan de trabajo en relación con los objetivos del proyecto se mencionan explícitamente en los criterios de evaluación de las solicitudes (ver apartado *Noveno de la convocatoria*).

Este apartado de metodología se estructura en cuatro subproyectos que conforman esta propuesta: **CLICAL, LIMNOCAL, CAVECAL y MARCAL**.

CLICAL Subproyecto 1

Los registros climáticos instrumentales de alta calidad y homogéneos juegan un papel clave en la confianza y fiabilidad de muchos estudios del clima, particularmente en aquellos dedicados al estudio de la variabilidad climática, la predicción climática y el cambio climático. Por tanto, contar con **datos climáticos homogéneos y de alta calidad** constituye un requisito previo e indispensable a la realización de cualquier análisis climático. Esta necesidad se incrementa cuando se trata de **calibrar datos paleoclimáticos**, que es el propósito de esta propuesta. Sin embargo, muchos de los registros climáticos de largo recorrido no están disponibles en formato digital y tienen que ser localizados, recuperados y digitalizados para disponer de ellos en un formato útil. En el proceso de digitalización de los registros originales pueden incorporarse muchos errores, haciendo que los procesos de control de calidad de los datos recuperados se conviertan en ejercicios imprescindibles. Incluso cuando los datos se obtienen del Instituto Nacional de Meteorología (INM) en formato digital es necesario un escrutinio adicional, puesto que muchos errores pueden permanecer en las series temporales proporcionadas. Además, debido a los cambios temporales en las prácticas observacionales, cambios en la exposición del instrumental y en los propios instrumentos, cambios graduales o abruptos en los alrededores de los observatorios (urbanización, irrigación, etc), los registros largos no suelen ser homogéneos, por lo que requieren un proceso de homogenización antes de poder ser utilizados (e.j. Aguilar *et al.*, 2003). Así pues, **diversos pasos** deben emprenderse para la reconstrucción de los registros climáticos históricos de largo recorrido antes de poder utilizarlos para calibrar series temporales paleoclimáticas:

5. **Localizar, recuperar y digitalizar** datos instrumentales o actividades de arqueología de datos
6. Aplicar procedimientos de **control de calidad (QC)** a los datos en bruto
7. **Homogenizar** los registros controlados de calidad
8. Desarrollar **series temporales regionales** para la calibración de los registros paleoclimáticos

El enfoque metodológico para la reconstrucción de series climáticas históricas consiste en una mezcla entre técnicas documentales y estadísticas dirigido a asegurar la calidad y homogeneidad de los datos climáticos.

Los **métodos y el plan de trabajo** propuesto serán desarrollados mediante los análisis y actividades siguientes:

7. En el campo de la **recuperación de datos**:

- Recuperar nuevos registros mensuales de precipitación y temperatura de observatorios cercanos a la localización de los lagos muestreados
- Obtención del INM de datos de precipitación mensual para una red similar a la representada por la red de temperatura SATSv.2 (Ver sección 6 en el historial del CCRG)

8. En el campo de los procedimientos de **control de calidad** de los datos se realizarán las siguientes pruebas, según recomendación de la OMM (Aguilar *et al.* 2003):

- Chequeo de errores aberrantes (i.e. valores aberrantes, T_{\max} y T_{\min} valores > 50 °C y < -50 °C, precipitación negativa, consistencia de las fechas: número de días por año y número de días por mes, etc)
- Test de tolerancia (cuatro o más valores consecutivos idénticos, valores que exceden ± 4 desviaciones típicas)
- Consistencia interna ($T_{\max} < T_{\min}$ para temperatura)
- Coherencia temporal (valores que exceden los 25 °C de diferencia entre observaciones consecutivas de temperatura)
- Coherencia espacial (valores que superan el umbral $\pm 4 \sigma$ de diferencia entre el registro candidato y el grupo de estaciones de referencia, comparación visual entre estaciones vecinas, etc.)

9. Procesos de **control de homogeneidad**:

- Minimización del “sesgo de garita” en los registros termométricos de mayor longitud según los procedimientos de Brunet *et al.* (2006)
- Fusionar SATSv.2 y SDATS (Ver sección 6 en el historial del CCRG) para obtener una mejor red de temperatura y una mayor cobertura en base mensual
- Aplicar el Standard Normal Homogeneity Test (SNHT; Alexandersson y Moberg, 1997) a los datos de precipitación y temperatura mensual para detectar puntos de salto en la continuidad en las series temporales
- Corregir con los factores de corrección estimados por el SNHT los registros mensuales de temperatura y precipitación para crear series temporales homogéneas

10. Desarrollo de series climáticas regionales y subregionales

- Aplicación del Análisis de Componentes Principales con Rotación (RPCA) a los registros individuales homogéneos para estimar los patrones espaciales de variabilidad
- Utilizar el método de Jones y Hulme (1996) de separación de la temperatura y la precipitación en sus dos componentes (el climático y la anomalía) en los registros mensuales de temperatura y precipitación para el desarrollo de series regionales
- Desarrollar series subregionales de precipitación y temperatura para cada patrón especial emergente del RPCA

11. Calibración de los datos paleoclimáticos con las series temporales instrumentales homogeneizadas regionales y subregionales

- Discusión y prueba de diferentes aproximaciones a la calibración de registros paleoclimáticos mediante registros instrumentales (p.e. correlaciones múltiples, regresión múltiple, análisis de componentes principales, Análisis de Correlación Canónica (CCA), etc.)

- Selección y aplicación de la mejor aproximación para calibrar los registros paleoclimáticos

12. Análisis de la variabilidad climática de alta y baja frecuencia en la PI

- Realizar estudios sobre los patrones espaciales de la variabilidad climática y del cambio usando estimaciones robustas de las tendencias, RPCAs y CCAs
- Efectuar el análisis temporal de la variabilidad climática sobre la PI empleando Análisis Espectral

Para realizar este plan de trabajo, a continuación se listan las **tareas principales y las actividades** junto con los **hitos y los responsables** para cada actividad (ver también el cronograma y la primera oración de la sección 6 de esta propuesta para las siglas de los nombres de los investigadores):

7. Actividades en rescate de datos:
 - 7.1. Obtener del INM y cambiar el formato de los datos de precipitación mensual para obtener una red similar a la de SATSv.2. *Responsable:* URV: (EA, IG). *Hito:* Entrega de una base de datos de precipitación mensual original cambiados de formato compuesta por 60 registros
 - 7.2. Obtener del INM y cambiar el formato de nuevos datos de precipitación y temperatura mensual para una red de 8 estaciones localizadas en las proximidades de los lagos muestreados. *Responsable:* URV: (OS, IG). *Hito:* Entrega de una base de datos de precipitación y temperatura mensual original con el formato modificado compuesta por 8 observatorios
8. Actividades de QC
 - 8.1. Ejecutar test de QC a los nuevos datos de precipitación mensual. *Responsable:* URV: (EA, JS). *Hito:* Entregar una base de datos de precipitación mensual controlada de calidad compuesta por 60 registros
 - 8.2. Realizar los tests de QC definidos sobre la nueva red de precipitación y temperatura mensual localizada en las proximidades de los lagos muestreados. *Responsable:* URV: (EA, IG). *Hito:* Entregar una base de datos de precipitación y temperatura mensual compuesta por 8 observatorios
9. Test de Homogeneidad:
 - 9.1. Fusión de SDATS ay SATSv.2 para fortalecer la red térmica, adjuntar los nuevos registros de los observatorios cercanos a los lagos muestreados y minimización del “sesgo de garita”. *Responsable:* URV: (OS). *Hito:* Entregar una base de datos de temperatura compuesta por alrededor de 80 registros
 - 9.2. Test de homogeneidad de las bases de datos fusionadas. *Responsable:* URV: (OS, JS).
 - 9.3. Test de homogeneidad de la nueva base de datos de precipitación mensual y los nuevos registros de precipitación de los observatorios próximos a los lagos muestreados. *Responsable:* URV: (OS, EA)
 - 9.4. Aplicación de los patrones de corrección para ajustar el conjunto de los datos. *Responsable:* URV: (JS, MB). *Hito:* Entregar las bases de datos mensuales homogeneizados de precipitación y temperatura
10. Actividades para el desarrollo de series temporales regionales y subregionales:
 - 10.1. aplicación del RPCA a los datos. *Responsable:* URV: (JS, EA). *Hito:* Construir patrones espaciales de la variabilidad climática sobre la PI
 - 10.2. Creación de series regionales y subregionales. *Responsable:* (MB, JS). *Hito:* Proporcionar curvas regionales y subregionales de temperatura y precipitación sobre la PI
11. Actividades para el calibrado de los registros paleoclimáticos:
 - 11.1. Evaluación, comparación y definición del mejor método de calibración. *Responsable:* URV: (MB, JS)
 - 11.2. aplicación del método de calibración seleccionado a los datos. *Responsable:* URV: (MB, EA). *Hito:* Entregar las series temporales desarrolladas en los otros subproyectos calibradas con el registro instrumental

12. Actividades relativas al análisis de la variabilidad climática y el cambio sobre la Península Ibérica
- 12.1. Análisis de la variabilidad climática de alta y baja frecuencia: patrones espaciales y temporales de la variabilidad climática Ibérica. *Responsable*: URV: (MB, EA, JS, OS). *Hito*: Producción de dos artículos con revisión sobre la variabilidad y cambio de la precipitación y la temperatura en registros largos.
- 12.2. Análisis de los mecanismos causales de la variabilidad climática sobre la PI. *Responsable*: URV: (MB, EA, JS, OS). *Hito*: Producción de dos artículos con revisión sobre los factores de forzamiento de la variabilidad de la precipitación y de la temperatura sobre la PI

Referencias Subproyecto 1.

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T. C. y Weringa, J. (2003) Guidelines on Climate Metadata y Homogenization, World Climate Programme Data y Monitoring, WMO-TD no. 1186, World Meteorological Organization, Geneva, 51 pp.
- Alexandersson H, Moberg A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17: 25-34.
- Brunet, M., Saladié, O., Jones, P. D., Sigró, J., Moberg, A., Aguilar, E., Walter, A., Lister, D. Y López, D. (2006). The development of a new daily adjusted temperature dataset for Spain (1850-2003), *International Journal of Climatology* (under revision).
- Jones PD y Hulme M. (1996). Calculating regional climatic time series for temperature y precipitation: methods y illustrations. *International Journal of Climatology*, 16: 361-377.

LIMNOCAL Subproyecto 2

Nuestra estrategia científica para proporcionar reconstrucciones de la variabilidad climática del pasado se basa en los siguientes cinco puntos principales:

- A. **SELECCIÓN DE ÁREAS CLAVE**. Disponibilidad de un conjunto de los mejores registros lacustres de España, en términos de continuidad, marco cronológico, localización geográfica y resultados preliminares.
- B. **CALIBRACIÓN**. Calibración de indicadores climáticos a partir de la comparación de sondeos cortos bien datados con series de datos limnológicos y meteorológicos.
- C. **ANÁLISIS MULTIDISCIPLINAR DE SONDEOS**. Análisis multi-proxy de sondeos sedimentarios incluyendo nuevas y prometedoras técnicas
- D. **CRONOLOGÍA**. Estudio de alta resolución de las crisis climáticas del pasado a través de métodos de datación absoluta.
- E. **INTEGRACIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS**. Uso de estudios modernos de calibración para acotar y mejorar las reconstrucciones climáticas de los cambios globales del pasado basándose en análisis multidisciplinares.

A. SELECCIÓN DE ÁREAS CLAVE

1. Registros disponibles

Los lagos son sistemas de depósito dinámicos que archivan las complejas señales del paisaje, el sistema acuático y los procesos biológicos y abióticos. Como gran parte de esa información se registra en los sedimentos depositados en un lago, un enfoque multidisciplinar puede (1) discriminar los diferentes parámetros que controlan o influyen el relleno sedimentario y (2) proporcionar información para descodificar la variabilidad en temperatura, precipitación, velocidad del viento, cubierta vegetal etc. La calibración cuidadosa de los indicadores climáticos con el fin de expresar las variaciones paleolimnológicas en términos de variaciones en parámetros climáticos constituye el

primer objetivo de este proyecto. Una vez logrado, se podrá reconstruir el clima de la Península Ibérica durante los últimos milenios poniendo particular énfasis en los periodos de cambio climático rápido.

Para cumplir estos objetivos, seis registros lacustres excepcionales se seleccionaron cubriendo tres zonas geográficas y climáticas claramente diferenciadas de la Península Ibérica: la cordillera Galaico-Cantábrica (Lagos de Sanabria y de Enol), las sierras del Pre-Pirineo (Caicedo de Yuso-Arreo y Montcortès) y la cordillera Ibérica (El Tobar y Villarquemado paleolake) (Fig. 1). Además de estas tres regiones se van a proporcionar nuevos datos e incorporar las calibraciones realizadas a estudios paleoclimáticos previos de: **Laguna Zoñar** (Córdoba, Andalucía) (Valero-Garcés *et al.*, 2003; en prensa), **Laguna de Taravilla** (cordillera Ibérica) (Valero-Garcés *et al.*, en revisión), la turbera de **El Portalet** (Pirineo) (González-Sampérez *et al.*, en prensa) y **Laguna de Estaña** (sierras del Pre-Pirineo). Estos sistemas lacustres se estudiaron en el marco de proyectos previos (principalmente en **LIMNOCLIBER, REN2003-09130-C02-02**) pero la disponibilidad de nuevos sondeos y la realización de dos tesis doctorales (Laguna de Estaña: M. Morellón; Laguna Zoñar: C. Martín) insta a extender el estudio de esas secuencias y a integrarlas en este nuevo proyecto.

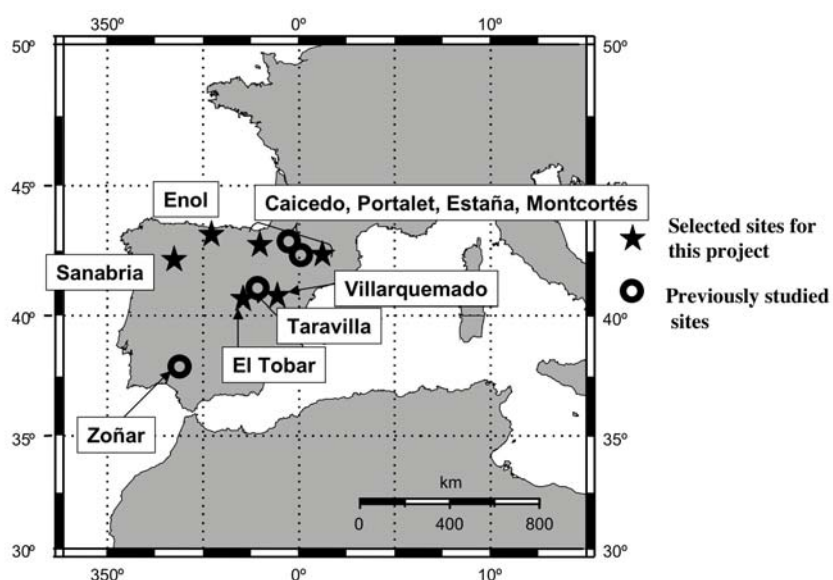


Fig. 1. Posición de los lagos seleccionados para llevar a cabo este proyecto en la Península Ibérica

Actualmente disponemos tanto de sondeos cortos que cubren aproximadamente los últimos 100 años y conservan la interfase sedimento-agua como de sondeos largos excepcionales (hasta 72 m). El objetivo es utilizarlos primero para calibrar los indicadores climáticos (sedimentológicos, geoquímicos y biológicos) y después para reconstruir la variabilidad climática de Iberia de los últimos milenios (Tabla 1).

Table 1. Long y short cores already available from the study sites.

Área	Lago	Sondeos disponibles (nº)		Longitud (m) del sondeo seleccionado	Edad basal de ¹⁴ C (años)
		Cortos	Largos		
Galaico-Cántabra	Sanabria	3	5	900	25,000
	Enol	5	6	585	32,000
Pre-Pirineo	Montcortès	4	7	530	6,000
	Caicedo de Yuso-Arreo	3	3	640	(i?)
Cordillera Ibérica	El Tobar	2	6	780	(i?)
	Villarquemado	1	1	7200	(i?)

2. Características hidrológicas y limnológicas de los lagos seleccionados

La Tabla 2 proporciona algunos datos limnológicos de los lagos seleccionados para este estudio.

Tabla 2. Datos limnológicos e hidrológicos

Área	Lago	Coordenadas	Altura	Limnología e hidrología
Montañas Galaico-Cántabras	Sanabria	42°07'N 06°42'W	1000 msnm	Lago oligotrófico en una cuenca exorreica. La composición del área circundante determina la ausencia de carbono inorgánico en las aguas del lago. De Hoyos (1996) y Vega <i>et al.</i> (1992) llevaron a cabo un completo estudio limnológico.
	Enol	43°11'N 4°09'W	1070	La limnología de este lago glacial y kárstico ha sido muy poco estudiada. Los procesos kársticos que tienen lugar en las rocas carbonatadas Carboníferas de la cuenca controlan las características hidrológicas.
Pre-Pirineos	Montcortés	42°20'N; 1°00'E	1605	Temperatura del agua entre 12.5 y 4.7°C; pH de 8.1 a 7.1; conductividad muy estable, aumentando desde la superficie (0.503) hasta el fondo (0.521 mScm ⁻¹).
	Caicedo de Yuso-Arreo	42°46'N; 2°59'W	655	Holomítico, con estratificación termal casi todo el año. Oligosalino (0.95 g l ⁻¹) y con intensa producción de carbonato biogénico (incrustaciones de caráceas). Aguas subsalinas Ca-(Mg)-(Na)-SO ₄ -HCO ₃ -(Cl) e influencia de aguas salinas subterráneas.
Cordillera Ibérica	El Tobar	40°32'N; 3°56'W	1200	Lago kárstico formado por dos subcuencas (67 ha) La grande es holomítica, máx. prof. es 12.8 m. Alimentada por varias fuentes. La cuenca pequeña es meromítica, con máx. prof. De 19.5 m. Contiene aguas permanentemente anóxicas y salinas (conductividad de 150-200 mS/cm y temperatura de 13.5°C).
	Villarquemado	40°30'N; 1°18'W	990	Uno de los humedales más grandes de España. El nivel máx. del agua era de 2.5 m. Se drenó en el S. SVIII (Rubio Dobón, 2004)

3. Antecedentes de reconstrucciones paleoclimáticas en las áreas de estudio.

Las montañas Galaico-Cántabras. El norte de la Península Ibérica es un área estratégica donde el clima es muy sensible a los cambios en la superficie del océano del Atlántico Norte. Aunque algún trabajo reciente ha utilizado secuencias largas con dataciones (Allen *et al.*, 1996; Jiménez Sánchez *et al.*, 2002), hay todavía una información muy insuficiente para reconstruir la historia climática en su totalidad. Muñoz Sobrino *et al.* (2004) obtuvo dos nuevas secuencias polínicas y produjo una reconstrucción paleoambiental de la región. Los datos se remontan a hace más de 18,000 años, un periodo de clima duro, con sedimentación estacional y un paisaje caracterizado por formaciones herbáceas y matorral. Luque (2003) muestra la presencia de ciclos de Bond de 1500 años inferidos a partir de la secuencia sedimentaria para los últimos 6000 años. La respuesta de los sedimentos lacustres al uso de la tierra y al cambio climático durante los últimos 1000 años se describe en Luque y Julià (2002). Los sondeos largos disponibles de los **Lagos de Enol** y **Sanabria** proporcionarán una oportunidad única de comprobar hipótesis previas (ciclos de Bond, impacto de la NAO en la precipitación) y descifrar la secuencia de los eventos climáticos de los últimos milenios.

El Pre-Pirineo. Los únicos datos disponibles provienen de la interpretación de un sondeo de 160 cm en la Laguna de Estaña (Huesca). Riera *et al.* (2004) identificó oscilaciones en el nivel de agua durante los últimos 2000 años en un registro basado en análisis palinológicos y completado con

otros indicadores biológicos, sedimentológicos y geoquímicas. Los registros obtenidos muestran 7 episodios distintos en la evolución del lago, indicando fluctuaciones hidrológicas oscilando entre -2 y +4 m en relación al nivel actual del lago.

La cordillera Ibérica. Los registros polínicos muestran la historia de la vegetación para el Tardiglacial y el Holoceno (Stevenson, 2000) pero no proporcionan ninguna información sobre los periodos glaciares. Varios depósitos de ladera estratificados se encuentran en la región indicando condiciones frías y actividad periglacial durante el último periodo glacial (Peña y Lozano, 1998). Otros estudios en los depósitos de travertinos en el río Guadalaviar (Sancho *et al.*, 1998) o en la Laguna de Taravilla (Valero Garcés *et al.*, en revisión) muestran el establecimiento de condiciones templadas durante el Holoceno. El principal inconveniente de estos escasos estudios paleoclimáticos en la cordillera Ibérica es la ausencia de una buena cronología, dificultando así su correlación con periodos climáticos globales. Sondeos excepcionales de El Tobar están disponibles y proporcionarán nuevos datos en esta línea de investigación (Fig. 2).

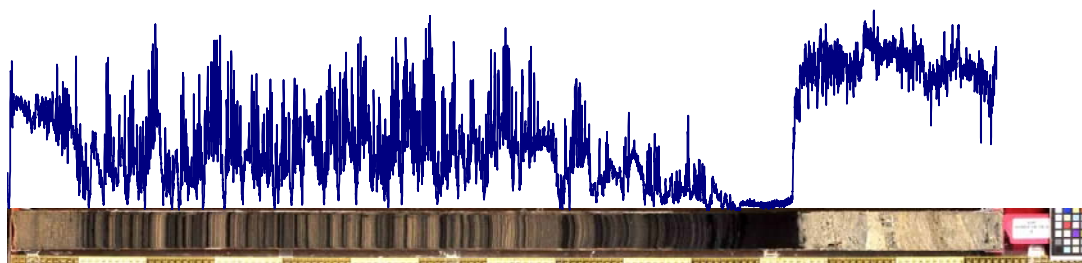


Figure 2. Imaging analyses (colour picture y lightness) from bottom section in El Tobar core.

B. CALIBRACIÓN

La calibración de los indicadores paleoclimáticos es necesaria para poder usarlos adecuadamente en la reconstrucción cuantitativa de parámetros climáticos y limnológicos del pasado, tales como temperatura, precipitación, batimetría o productividad (Birks, 1995). Aunque la calibración de los indicadores biológicos es bastante común (polen: Davis *et al.*, 2003; diatomeas: Rosén *et al.*, 2000, Fritz *et al.*, 1991; quironómidos: Lotter *et al.*, 1997), muy pocas referencias se encuentran en la literatura sobre la calibración de indicadores sedimentológicos o geoquímicas (Giralt *et al.*, 2003; Rodó *et al.*, 2002). Este proyecto pretende calibrar el conjunto de indicadores considerados en la reconstrucción paleoclimática de los lagos españoles seleccionados. Proponemos el siguiente plan de trabajo para lograr ese objetivo:

1. Bases de datos limnológicos disponibles y funciones de transferencia para la Península Ibérica

La calibración de nuestros paleoindicadores requiere el conocimiento de las respuestas del ecosistema lacustre al clima actual. Así, el mejor modo de calibrar los registros pasados es usando datos limnológicos actuales disponibles en comparación con series instrumentales de precipitación y temperatura, entre otras variables climáticas medidas rutinariamente en las estaciones meteorológicas españolas. Desafortunadamente, esos datos limnológicos son muy escasos, y solamente producidos para unos pocos lagos en la Península Ibérica (**Lago de Sanabria**, Llac Redó, Laguna de Zoñar) con la suficiente exactitud y durante un intervalo suficientemente largo para ser adecuados para los procedimientos de calibración.

Además de las propiedades limnológicas (principalmente parámetros físicos) se tendrán en cuenta otras bases de datos que permitan transferir los paleodatos a variables ambientales. En este sentido, hemos de considerar varias bases de datos posibles:

- e) *Diatomeas*: existe una base de datos de diatomeas para inferir conductividad realizada por Jane Reed con muestras de varios lagos de la Península Ibérica (Reed, 1998). Sin

embargo, las funciones de transferencia son generalmente muy locales y no pueden extrapolarse a lagos con características limnológicas o ambientales distintas. Además, la “Base de datos europeos de diatomeas” recopila funciones de transferencia de todo el mundo (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/index.jsp>).

- f) *Quironómidos* Sólo hay un primer intento preliminar de producir funciones de transferencia en la Península Ibérica (Catalán *et al.*, 2002) basado en los datos obtenidos por M. Rieradevall en varios lagos pirenaicos (Rieradevall *et al.*, 1995, 2000). Las funciones de transferencia comunes son para lagos alpinos de altas altitudes que quizás no sean válidos para reconstrucciones paleoclimáticas a partir de lagos kársticos españoles.
- g) *Ostrácodos* Varias funciones de transferencia están disponibles, aunque escasas, como la aplicada por Mezquita *et al.*, (2005) a sedimentos de dos lagos Ibéricos, Banyotes y Laguna de Medina. Ese estudio concluye, al igual que otros (Ito, 2001) que las reconstrucciones basadas en ostrácodos son herramientas muy útiles para la investigación en ecología y en paleoecología. Sin embargo, se necesitan más estudios.
- h) *Datos de polen*: ha habido varios intentos de crear bases de datos palinológicos a escala europea, y en alguno de ellos se han incluido datos de la Península Ibérica (Cheddadi *et al.*, 1997; Guiot *et al.*, 1993). Sin embargo, debido a la gran biodiversidad de la Península Ibérica y a los altos contrastes geográficos y climáticos, el uso de bases de datos europeas puede ser peligroso para reconstruir paleotemperaturas y paleoprecipitaciones de nuestros registros.

Responsable: B. Valero-Garcés coordinará esta actividad en la que todo el grupo participará compilando los datos disponibles. *Hito*: Compilación de datos limnológicos disponibles en la Península Ibérica. Estudio y evaluación de las bases de datos disponibles y de las funciones de transferencia existentes para diatomeas, polen, ostrácodos y quironómidos. Detección de vacíos en los datos (en términos temporales o espaciales) para ser completados posteriormente.

2. Nuevos datos: plan de trabajo para monitorizar los lagos seleccionados

Una vez detectados los vacíos en las bases de datos limnológicos, se procederá a coleccionar nuevos datos durante un año de modo estacional en todos los lagos estudiados. Este plan de monitorización incluirá:

- e) Medidas estacionales de las **propiedades limnológicas** in situ en los lagos seleccionados (e.j. pH, redox, profundidad de agua).
- f) **Muestreo de agua** estacional para análisis químicos (elementos mayores, salinidad, nutrientes), isotópicos ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ in Carbono Inorgánico Disuelto) y análisis biológicos (demanda biológica de oxígeno, pigmentos) en los lagos seleccionados.
- g) Análisis de **diatomeas actuales, quironómidos y asociaciones de ostrácodos** en los lagos seleccionados. El trabajo de campo incluirá la recolección de nuevas muestras para completar las bases de datos y finalmente elaborar funciones de transferencia para cada indicador.
- h) Elaboración de una **base de datos polínicos** actual para calibrar la información fósil. Para ello, se considerarán (1) las series existentes de lluvia polínica y la información sobre temperatura y precipitación y (2) la colocación de trampas polínicas cercanas a los lagos durante el periodo de estudio.

Responsable: B. Valero-Garcés coordinará esta actividad pero todo el grupo participará en la toma de muestras y en la realización de los respectivos análisis. Especialmente J. C. Vega, A. J. González-Barrios y M. A. García Vera participarán en el muestreo de aguas y en el desarrollo de

modelos hidrológicos. *Hito*: Construcción de un modelo de calibración haciendo posible la reconstrucción de parámetros climáticos pasados (e.j. temperaturas, precipitación, etc.) a partir de los paleodatos estudiados en los registros lacustres disponibles.

3. Sondeos cortos disponibles. Cronología y análisis multi-proxy

Los sondeos cortos se encuentran almacenados en frío en el IPE-CSIC (Tabla 1). Nuestro objetivo es obtener otra calibración comparando los paleoindicadores analizados en cada sondeo corto con los parámetros climáticos registrados en las series instrumentales largas (actividad coordinada con el Subproyecto 1). En la Tabla 3, se indica la lista de indicadores que se medirán en los sondeos cortos (nótese que los indicadores son los mismos que se usarán más adelante en la reconstrucción paleoclimática de largo término, capítulo C).

Tabla 3. Proxies para analizar en los sondeos cortos seleccionados (ver Tabla 1)

Indicadores	Intervalo muestreo	Responsable	Hito
Sedimentología	5 cm	B. Valero-Garcés	Comparar los indicadores analizados en los sondeos cortos de los lagos seleccionados (cubriendo el último siglo aprox.) con series instrumentales largas para producir una calibración que pueda ser usada en reconstrucciones paleoclimáticas.
Propiedades continuas	1 cm	A. Moreno	
Geoquímica	5 cm	P. Mata	
Polen	10 cm	P. González-Sampérez	
Diatomeas	10 cm	T. Vegas	
Quironómidos	10 cm	M. Rieradevall	
Ostrácodos	10 cm	M. Morellón y M. Rico	

Los sondeos cortos seleccionados serán datados por medio de técnicas radiométricas: ^{210}Pb y ^{137}Cs (Schottler y Engstrom, en prensa) en el laboratorio de Dan Engstrom (Museo de la Ciencia, Universidad de Minnesota). Ya que estos sondeos probablemente cubrirán el último siglo, los resultados obtenidos después del análisis multi-proxy podrán ser comparados con los datos instrumentales proporcionando un buen procedimiento para calibrar. En la Fig. 3 presentamos un estudio reciente del Lago Zoñar donde las proxies paleoclimáticas se comparan con índices de precipitación (Valero-Garcés *et al.*, en prensa).

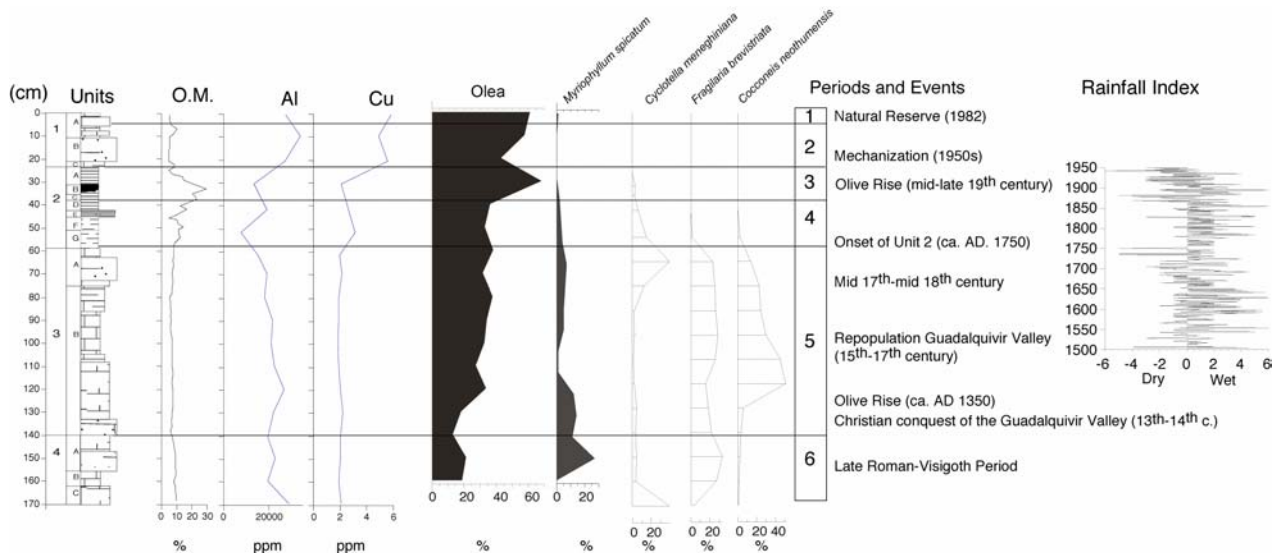


Fig. 3. Resumen de los cambios climáticos y ambientales reconstruidos del Lago Zoñar

C. ANÁLISIS MULTIDISCIPLINAR DE SONDEOS

El análisis multidisciplinar de sondeos largos para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto se resume en las siguientes actividades (ver también la Tabla 4 para el listado de responsables e hitos):

Centros participantes: IPE: Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, UCA: Universidad de Cádiz, UCO: Universidad de Córdoba, UACO: Universidad de A Coruña, UB: Universitat de Barcelona, LRC-UMN: Limnological Research Center, Universidad de Minnesota.

Colaboradores asociados: IJA-CSIC: Instituto Jaume Almera-CSIC; UM: Universidad de Murcia; PU: Postdam University, EEZ-CSIC: Estación Experimental el Zaidín-CSIC; UPV: Universidad del País Vasco; UAB: Universitat Autònoma de Barcelona; UZ: Universidad de Zaragoza.

Actividad 1. Sedimentología

Se considerarán todos los lagos seleccionados para este proyecto (Fig. 1). Las facies sedimentarias de los sondeos largos (Tabla 1) se describirán detalladamente. Un análisis sedimentológico profundo es la mejor manera de resolver las ambigüedades de otros indicadores ya que las facies sedimentarias pueden interpretarse como indicadores paleoambientales o paleobatimétricos por su relación con subambientes de depósito litorales o profundos (Valero-Garcés *et al.*, 2000). Cuando los sondeos se abrieron en el Limnological Research Center (LRC, University of Minnesota) ya se llevó a cabo una descripción inicial en el marco de los proyectos previos **LIMNOCLIBER** (REN2003-09130-C02-02) y la acción especial IBERLIMNO, siguiendo la metodología de Schnurremberger *et al.* (2003). Sin embargo, una descripción de facies completa, requiere otros parámetros:

- análisis de **frotis de sedimentos** al microscopio para describir los principales componentes,
- descripción de las **micro-facies sedimentarias** mediante el estudio de láminas delgadas preparadas después de la liofilización e impregnación con resina de los sedimentos. Las láminas delgadas ayudarán a determinar el posible carácter anual de las láminas. Si así es, el conteo de dichas láminas permitirá construir una cronología flotante a la vez que medir el espesor de las láminas como un indicador de variaciones de paleoproductividad (Brauer 2004).
- **Análisis granulométricos** (*Coulter Laser Sizer, LS-240*) de la fracción fina que podrán interpretarse como aportes siliciclásticos o como indicadores de eventos extremos de precipitación, dependiendo de la situación geográfica y climática del lago estudiado.
- **Análisis mineralógicos** de los sedimentos (Difracción de rayos X, DRX) complementado con Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) que permitirán identificar y caracterizar la evolución de los periodos húmedos y secos, a partir de la abundancia en carbonatos, sulfatos o sales (Giralt *et al.*, 1999; Giralt y Julià, 2003; González-Sampériz *et al.*, en revisión).

Todos estos análisis ayudarán a identificar y caracterizar los procesos sedimentarios que controlan la entrada, transporte y depósito de las partículas sedimentarias, aspecto esencial para entender el relleno sedimentario del sistema lacustre.

Actividad 2. Propiedades continuas (color, propiedades físicas y escáner de Fluorescencia de Rayos-X)

Para inferir la información paleoclimática y paleoambiental de las características físicas y químicas de los sedimentos lacustres se hace actualmente necesario disponer de medidas lo más continuas y exactas posible. Esta actividad incluye las tres técnicas más importantes de medida de propiedades continuas que se analizarán a lo largo de los sondeos seleccionados:

- El **color** de los sedimentos se analizará mediante un sistema de escaneo con una cámara digital disponible en el Limnological Research Centre (LRC, University of Minnesota).

Posteriormente, las imágenes obtenidas se calibrarán para a partir de ellas obtener los parámetros del color (luminosidad, a^* , b^*) (Fig. 2). Los análisis digitales de las imágenes permitirán extraer información paleoambiental cualitativa. Además, los análisis espectrales de los parámetros obtenidos determinarán las periodicidades principales del registro y los posibles procesos que producen los eventos climáticos observados.

- Las **propiedades físicas** se medirán con el multi-sensor GEOTEK en el LRC, que permite obtener datos cada 3 mm de la densidad, velocidad de las ondas P, radiación gamma y susceptibilidad magnética. Para interpretar mejor las propiedades físicas medidas a lo largo de los sondeos, se tomarán algunas muestras discretas donde analizar las principales propiedades magnéticas (J. C. Larrasoaña, colaborador asociado de la Universidad de Zaragoza, UZ).
- Las medidas con el **escáner de Fluorescencia de Rayos-X (FRX)** se llevarán a cabo en el Duluth Large Lakes Observatory (USA) mediante una colaboración con Dra. Emi Ito, investigadora participante en este proyecto (LRC, UMN). Los datos resultantes en intensidades de los elementos analizados (cuentas por segundo) proporcionan una información muy útil sobre la composición geoquímica de los sedimentos (Moreno *et al.*, in press): presencia de capas detríticas (normalmente indicado por Fe, K, Ti), láminas carbonatadas (Ca, Sr) o variaciones en el frente de oxidación (Mn). Al menos 25 muestras se analizarán con el ICP-OES para calibrar adecuadamente el escáner de FRX.

Actividad 3. Composición geoquímica elemental e isotópica de los sedimentos.

El análisis elemental de los sedimentos lacustres se considera una herramienta fundamental en la descripción de su composición. El contenido en **carbono inorgánico total**, **azufre total**, **nitrógeno total** y **carbono orgánico** se usarán para reconstruir la paleoproductividad, cambios en la composición química del agua o en el contenido en carbonato (Fig. 4, Valero-Garcés *et al.*, en revisión). Los **isótopos estables** son uno de los mejores indicadores para reconstruir la variabilidad climática a partir de los sedimentos lacustres. El $\delta^{13}\text{C}$ junto a la relación C/N da información sobre el tipo y densidad de la cubierta vegetal (C3, C4 y CAM plantas, dependiendo de su ciclo fotosintético) así como sobre la concentración de CO_2 en la atmósfera (Delgado-Huertas, 2004). Las variaciones de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{13}\text{C}$ permiten estimar las concentraciones previas del agua, su temperatura y los patrones de precipitación.

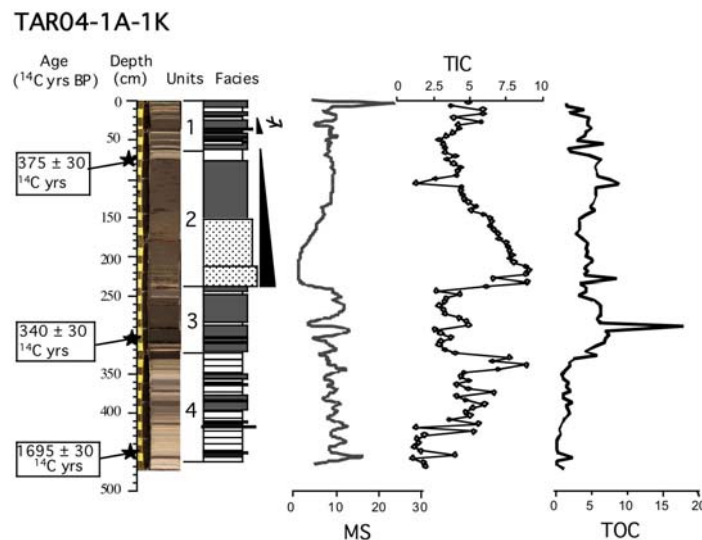


Fig. 4. El registro sedimentario de Taravilla: susceptibilidad magnética, TIC y TOC.

Actividad 4. Polen.

Los análisis palinológicos en los sedimentos lacustres permiten discernir las condiciones hidrológicas y la evolución de la cuenca debido a la presencia de taxones acuáticos, higrófilos e hidrófilos (Fig. 5, González-Sampériz *et al.*, en prensa). La combinación de material terrestre y acuático en un análisis palinológico integral permite una reconstrucción paleoambiental general. Además, los análisis palinológicos de alta resolución de sondeos largos es sin duda indispensable para describir, entender y evaluar adecuadamente el comportamiento de la vegetación bajo cambios abruptos ambientales o climáticos.

Para este proyecto, esta actividad de análisis palinológicos se centra en obtener las series de datos más continuas y largas posible para identificar y entender las características de los cambios abruptos de los últimos milenios y sus consecuencias en la composición de la vegetación.

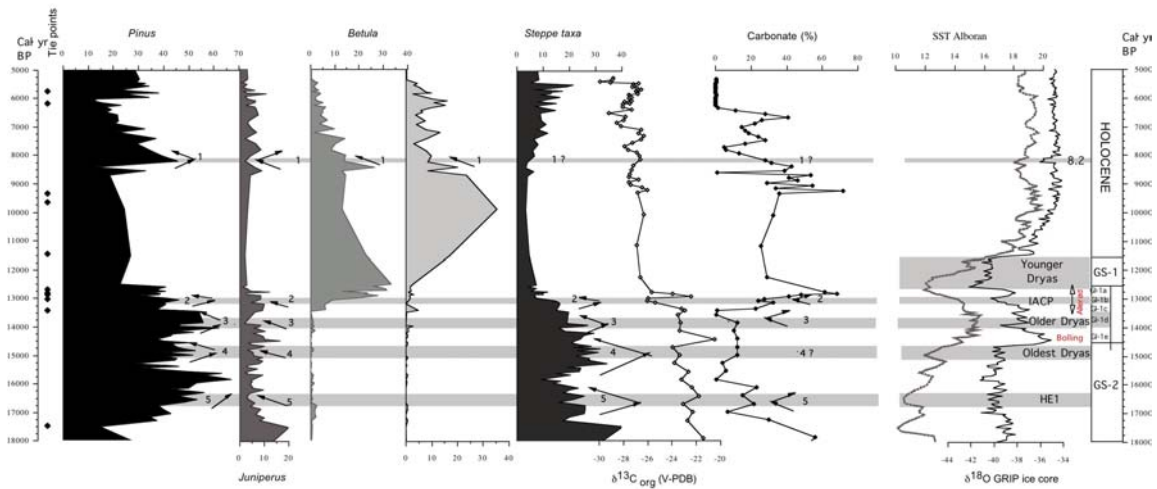


Fig. 5. Datos seleccionados de la secuencia de El Portalet graficados respecto a la edad y comparados con el sondeo de hielo GRIP y con el registro de temperaturas marinas del Mar de Alborán (Cacho *et al.*, 2001)

Actividad 5. Diatomeas y sílice biogénico.

Las **diatomeas** (Bacillariophyceae) constituyen una de las herramientas más potentes en la reconstrucción paleoambiental de los sistemas lacustres (Battarbee, 2000; Battarbee *et al.*, 2001). Su valor como indicadores reside en a) su alta diversidad y capacidad de adaptación a las condiciones ambientales cambiantes, y b) su papel principal como productores primarios en los sistemas lacustres. La respuesta de las asociaciones de diatomeas a gradientes ambientales cambiantes puede modelizarse construyendo funciones de transferencia (Birks, 2003) permitiendo así las estimaciones cuantitativas de temperatura, pH, concentración de carbono orgánico total, salinidad, concentración de nutrientes, profundidad de agua y temperatura (ej. Birks *et al.*, 1990, Rósen *et al.* 2000; Wilson *et al.*, 1996; Bergner y Trauth, 2004). El contenido en **sílice biogénica** en los sedimentos puede usarse como un indicador de productividad silíceas en los sistemas lacustres (ej. Colman *et al.*, 1995). Los análisis se coordinarán con el subproyecto MARCAL (O. Romero, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra-CSIC). Veáse la Fig. 6 como una aplicación de estos análisis multi-proxy, incluyendo el ópalo.

Actividad 6. Quironómidos.

Entre los restos de insectos, los quironómidos son de los mejores indicadores de la calidad del agua y también han sido empleados en estudios anteriores de reconstrucciones paleoambientales (Walker, 2001, para una revisión general). Este grupo de insectos es particularmente importante como indicador paleoclimático debido a su extraordinario número de especies, su buena adaptación a

muchos ambientes y su alta sensibilidad a pequeñas alteraciones en las variables climáticas y ambientales. Uno de los intereses principales es la reconstrucción de la temperatura a partir de las asociaciones de quironómidos (Catalán *et al.*, 2002; Velle *et al.* 2005). Otras variables adicionales como la paleobatimetría (Verschuren *et al.*, 2000), paleosalinidad (Heinrichs, 2001), o la abundancia de oxígeno y la productividad pueden también inferirse.

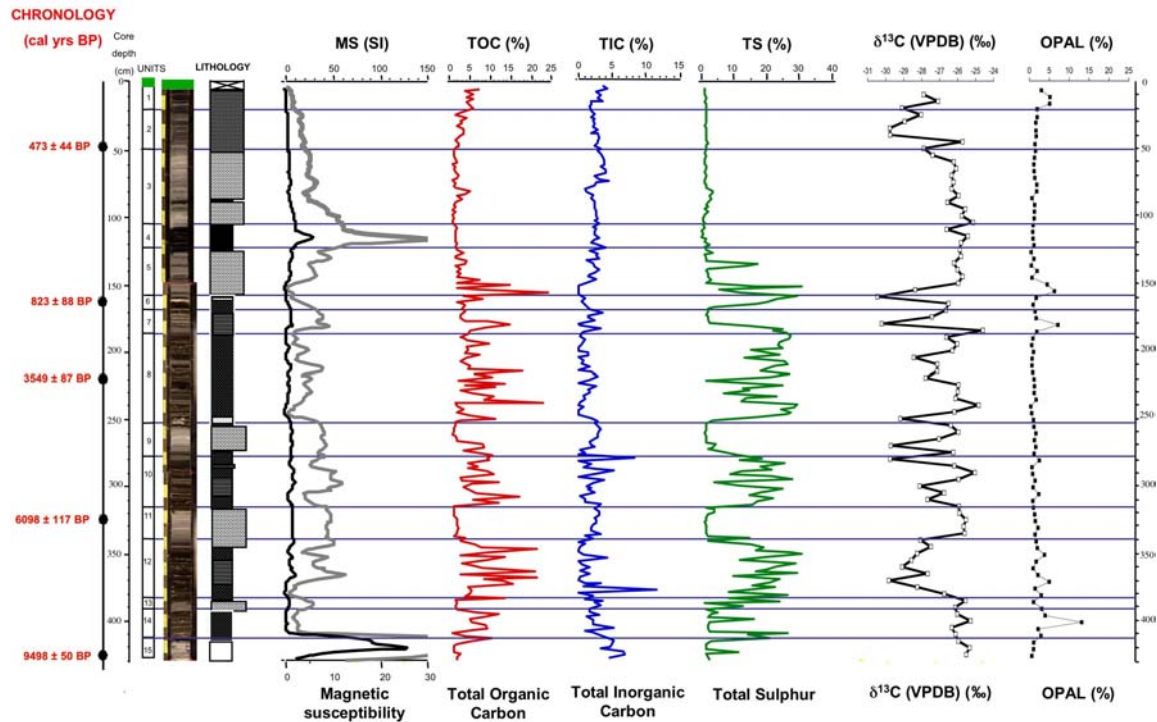


Fig. 6. Resultados preliminares del análisis multi-proxy de los sondeos sedimentarios del Lago de Estaña

Actividad 7. Ostrácodos.

Los ostrácodos son indicadores paleoecológicos excelentes, muy sensibles a las variaciones en los parámetros físicos y químicos. Tienen un caparazón calcáreo con dos pequeñas valvas (normalmente, entre 0.5-2 mm) muy fácilmente fosilizable. El estudio de las asociaciones fósiles permite la reconstrucción y caracterización de los paleoambientes continentales, así como interpretar sus variaciones en términos de cambio climático. Los ostrácodos son muy comunes en los sedimentos a estudiar (e.g. Caicedo: Martín-Rubio *et al.*, 2005). Los caparazones calcáreos están formados por un único mineral (calcita de bajo contenido en Mg) por lo que se facilita el estudio de carbonato biogénico sobre el del material autigénico. Actualmente, la determinación de las concentraciones de elementos menores y traza en las valvas de ostrácodos, conjuntamente a los estudios isotópicos son métodos esenciales en los estudios paleoambientales y paleoecológicos (Ito, 2001). Además de la especialista en ostrácodos del proyecto, E. Ito (LRC, University of Minnesota), otros colaboradores realizarán análisis en ostrácodos: M. Martín-Rubio y J. Rodríguez (UPV, Universidad del País Vasco).

Actividad 8. Análisis estadístico multivariante y análisis de series temporales.

Una manera de identificar y aislar las diferentes señales registradas en los sedimentos lacustres es mediante métodos estadísticos. Los análisis ordinales, como los análisis de correspondencia, han demostrado su utilidad para subrayar los procesos que hay detrás de, por ejemplo, la distribución de facies en sedimentos marinos recientes (Hennebert y Lees, 1991) o la composición mineralógica de sedimentos lacustres hipersalinos (Rodó *et al.*, 2002; Giralt y Julià, 2003). Además, diferentes

métodos estadísticos se aplicarán para ligar los datos limnológicos actuales con los paleoambientales para establecer funciones de transferencia y convertir las reconstrucciones cualitativas de los parámetros estudiados en cuantitativas. Por último, la caracterización del tipo de respuesta de los sistemas lacustres y su sincronía respecto a los cambios ambientales se logrará por medio de los análisis de frecuencia.

Tabla 4. Lista de responsables e hitos a conseguir con las actividades descritas.

Actividad	Responsable (1, 2, 3)	Hito a conseguir
1. Sedimentología	B. Valero-Garcés (IPE-CSIC) será el responsable con la ayuda de los otros miembros del IPE (A. Moreno, M. Morellón) y M. Rico (CCMA). P. Mata y C. Martín se responsabilizarán de los análisis mineralógicos y SEM. S. Giralt (IJA-CSIC) y A. Brauer (PU, Germany) colaborarán en la preparación de las láminas delgadas y C. Martín estará a cargo de la interpretación de las micro-facies.	Perfiles detallados de la evolución de los subambientes sedimentarios. Reconstrucción cualitativa de la variación del nivel del lago y de otras propiedades (salinidad, aporte clástico, productividad primaria, precipitación de minerales autigénicos)
2. Propiedades continuas	A. Moreno (IPE-CSIC) y M. Rico (CCMA) serán las responsables de esta actividad, bajo la supervisión de D. Schnurremberger (DOSSEC), Anders Noren y Mark Shapley (LRC-UMN). P. Mata (UCA) será la responsable de los análisis de ICP-OES. La interpretación de todos los indicadores será apoyada por J.C. Larrasoña (UZ-CSIC) y S. Giralt (IJA-CSIC).	Perfiles de alta resolución del color, propiedades físicas y elementos principales de los sondeos estudiados. Caracterización del tipo y origen de los minerales magnéticos aportados a la cuenca.
3. Geoquímica elemental e isotópica	M. Morellón (IPE-CSIC) estará a cargo de los análisis del LECO y VARIO MAX CN. Los isótopos estables se medirán con un espectrómetro de masas Finnigan MAT 251 a través de una colaboración con A. Delgado-Huertas (EEZ-CSIC)	Adquisición de perfiles elementales de la evolución química de los sondeos estudiados. Reconstrucción de las temperaturas del pasado y de la concentración del agua a partir de los análisis isotópicos.
4. Polen	P. González-Sampériz (IPE-CSIC) y L. Santos (UACO) serán responsables de los estudios palinológicos, en colaboración con J. Carrión y S. Fernández de la UM y V. Rull de la UAB.	Identificación y evolución del cambio climático abrupto y de los cambios en la vegetación en los sondeos largos de la Península Ibérica seleccionados.
5. Diatomeas y ópalo biogénico	T. Vegas (UB) liderará esta actividad. R. Bao (UACO) supervisará una tesis sobre el estudio de asociaciones de diatomeas en los sondeos seleccionados. M. Morellón (IPE) y A. Moreno (IPE), con la ayuda y supervisión de O. Romero (participante en el subproyecto MARCAL), serán los responsables de los análisis de ópalo biogénico..	Inferir los cambios en las principales variables paleohidrológicas (principalmente salinidad, pH y nutrientes) nivel del lago y paleoproductividad silíceas a lo largo de los periodos estudiados.
6. Quironómidos	M. Rieradevall (UB) estará a cargo de esta actividad.	Reconstrucción de la evolución de asociaciones de quironómidos en los lagos estudiados. Cuantificación de paleotemperaturas, paleosalinidades, paleobatimetrías y paleoproductividad.
7. Ostrácodos	M. Morellón (IPE-CSIC) coordinará el muestreo y separación de ostrácodos para posteriormente mandarlos a los especialistas (M. Martín, J. Rodríguez, E. Ito).	Evaluación de la diversidad de ostrácodos actuales y reconstrucción de la evolución de las asociaciones de ostrácodos en los lagos seleccionados. Reconstrucción de las propiedades limnológicas.
8. Análisis estadísticos	Esta actividad se centrará en el IPE-CSIC (B. Valero-Garcés, M. Morellón, P. González-Sampériz y A. Moreno). S. Giralt (IJA-CSIC) supervisará esta actividad.	Identificación de las señales climáticas registradas en los sedimentos lacustres y de sus principales periodicidades.

(1) El Investigador en Formación 1 solicitado para este proyecto se centrará en los análisis palinológicos (actividad 4) centrado en el IPE, siendo igualmente integrado en las actividades 1, 2, 3 y 8. (2) El Investigador en Formación 2 se centrará en los análisis de quironómidos (actividad 6) centrado en la UB. (3) El técnico solicitado para este proyecto se centrará en el IPE y el/ella estará a cargo de la preparación de las muestras para análisis biológicos (ostrácodos, quironómidos y diatomeas) (actividades 5, 6 y 7).

D. CRONOLOGÍA

Construir cronologías suficientemente precisas para las series de datos obtenidas es fundamental y esencial para lograr los objetivos del proyecto. Así, nuestros esfuerzos irán dirigidos a adquirir los mejores modelos de edad posibles para permitir un estudio de alta resolución y un conocimiento de la sincronía/asincronía de los cambios climáticos. Se emplearán cuatro técnicas (Tabla 5):

Tabla 5. Dating techniques

Técnica	Responsable	Hito	Comentarios
^{210}Pb y ^{137}Cs	D. Engstrom (Science Museum-UMN)	Cronología de sondeos cortos	
^{14}C AMS	B. Valero-Garcés	Cronología de sondeos largos	Las muestras orgánicas para datar se enviarán al Poznan Radiocarbon Laboratory (Polonia).
Series de U/Th	B. Valero-Garcés (colaboración de L. Edwards, del LRC-UMN)		Esta técnica se aplicará en muestras de carbonato de sondeos largos.
Contaje de varvas	B. Valero-Garcés, M. Morellón		Técnica sólo aplicable en sondeos laminados (ej. El Tobar).

E. INTEGRACIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS

El paso final de la metodología propuesta para este proyecto consiste en integrar el conjunto de proxies analizados y, finalmente, usando la calibración, acotar y mejorar las reconstrucciones climáticas de los cambios globales del pasado. Este apartado se organizará “de abajo a arriba” (partiendo de los resultados de este subproyecto hasta la coordinación general del proyecto).

1. Para conseguir reconstrucciones paleoclimáticas consistentes de un registro se requiere un enfoque multi-proxy que tenga en cuenta los diferentes procesos que actúan en un sistema y así poder comprender el escenario climático de un periodo de tiempo determinado. Por lo tanto, integrar el conjunto completo de indicadores es necesario para entender el sistema lacustre e interpretar las variaciones climáticas. Para ello se requiere una coordinación estrecha entre los miembros del Subproyecto 2 (LIMNOCAL). Una vez al año se realizarán reuniones entre todos los miembros del subproyecto para presentar y discutir datos.

Responsable: Valero-Garcés coordinará esta actividad. Todos los miembros del subproyecto asistirán a las reuniones. *Hito:* Integración del conjunto de indicadores.

2. La falta de calibración de los indicadores paleoclimáticos en muchos estudios dificulta su interpretación en términos climáticos y no permite la cuantificación de los cambios observados. Con el procedimiento de calibración descrito anteriormente nos proponemos solventar este problema y proporcionar nuevas funciones de transferencia o mejorar las bases de datos actuales para el área continental de la Península Ibérica.

Responsable: B. Valero-Garcés coordinará esta actividad pero todos los otros miembros participarán en los procedimientos de calibración. *Hito:* calibrar los indicadores para lograr una reconstrucción cuantitativa de los parámetros climáticos (temperatura, precipitación).

3. El progreso en el entendimiento de los mecanismos de cambio climático abrupto tiene que evolucionar en paralelo al desarrollo de modelos climáticos. Las comunidades que trabajan con datos del pasado y con modelos deberían establecer mayores nexos de comunicación y trabajo común para obtener una mejor comprensión del sistema climático y su variabilidad pasada y futura. Por lo tanto, es necesaria una sólida coordinación entre los cuatro subproyectos para (1) crear bases de datos paleoclimáticos comunes a los cuatro subproyectos con datos de los tres archivos (lagos, marinos, espeleotemas), (2) llevar a cabo una sólida calibración basada en los análisis multi-proxy en sondeos cortos y en la comparación con las series largas instrumentales proporcionadas por el subproyecto 1 y (3) mejorar las reconstrucciones de los cambios globales

del pasado que serán esenciales para comprobar la sensibilidad de los modelos, validarlos y, probablemente, usarlos para las predicciones del cambio climático futuro.

Responsable: B. Valero-Garcés coordinará esta actividad. *Hito* : proporcionar datos nuevos, útiles y completos a la comunidad de modelizadores para implementar los modelos climáticos.

Referencias Subproyecto 2

- Allen, J. R. M., Huntley, B. y Watts, W. A. (1996). The vegetation y climate of northwest Iberia over the last 14,000 years. *Journal of Quaternary Science* **11**, 125-147.
- Battarbee, R.W. (2000) Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quaternary Science Reviews*, **19**, 197-224.
- Battarbee, R.W., Jones, V.J., Flower, R.J., Cameron, N.G., Bennion, H., Carvalho, L., Juggins, S., (2001). Diatoms. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, y Siliceous Indicators*. Kluwer, Dordrecht, pp. 155-202.
- Bergner A.G.N. & Trauth M.H. (2004). Comparison of the hydrological y hydrochemical evolution of Lake Naivasha (Kenya) during the three highstands between 175 y 60 kyr BP. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, **215** (1-2): 17-36.
- Birks, H.J.B. (2003). Quantitative palaeoenvironmental reconstructions from Holocene biological data. In: Global Change in the Holocene (Eds A. Mackay, R.W. Battarbee, H.J.B. Birks y F. Oldfield), pp. 107-123. Arnold.
- Birks, H.J.B., Line, J.M., Juggins, S., Stevenson, A.C. y Ter Braak, C.J.F. (1990). Diatoms y pH reconstruction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Series B, 327.
- Birks, H. J. B. (1995) Quantitative palaeoenvironmental reconstructions. In: Maddy, D. y Brew, J. S. (Eds.), *Statistical modelling of Quaternary Science Data*, Technical Guide 5, Quaternary Research Association, Cambridge, 161-255.
- Brauer, A., (2004) Annually laminated lake sediments y their palaeoclimatic relevance. In: H. Fischer *et al.* (eds) *The Climate in Historical Times Towards a Synthesis of Holocene Proxy Data y Climate Models*, 109-128. Springer, Berlin.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Canals, M., Sbaiffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J. y Zahn, R. (2001). Variability of the Western Mediterranean sea surface temperatures during the last 25,000 years y its connection with the northern hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* **16**, 40-52.
- Catalán J., Pla S., Rieradevall M., Felip M., Ventura M., Buchaca T., Camarero L., Brancelj A., Appelby P.G., Lami A., Grytnes J.A., Agustí-Panareda A. y Thompson R. (2002). Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology* **28**, 29-145.
- Cheddadi, R. Yu, G. Guiot, J., Harrison, S.P. y Prentice, I.C. (1997). The climate of Europe 6000 years ago. *Climate Dynamics*, **1**, 1-9.
- Colman, S.M., Peck, J.A., Karabanov, E.B., Carter, S.J., Bradbury, J.P., King, J.W. y Williams, D.F. 1995. Continental climate response to orbital forcing from biogenic silica records in Lake Baikal. *Nature*, **378**: 769-771
- Davis, B. A. S., Brewer, S., Stevenson, A. C., Guiot, J. and data contributors (2003). The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* **22**, 1701-1716.
- De Hoyos, C. (1996) Limnología del Lago de Sanabria: variabilidad interanual del fitoplancton. Universidad de Salamanca, PhD Thesis, 438 pp.
- Delgado, A. y Reyes, E. (2004): Isótopos Estables como indicadores paleoclimáticos y paleohidrológicos en medios continentales. En L. Barbero y P. Mata (eds.), *Geoquímica Isotópica aplicada al medioambiente*, Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía, **1**, 37-53.
- Fritz, S. C., Juggins, S., Battarbee, R. W. y Engstrom, D. R. (1991) Reconstruction of past changes in salinity y climate using a diatom-based transfer function, *Nature*, **352**, 706-708.
- Giralt, S., Burjachs, F., Roca, J.R. y Julià, R. (1999). Late Glacial to Early Holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playa-lake (Alicante, Spain). *Journal of Paleolimnology*, **21**, 449-460.
- Giralt, S. y Julià, R. (2003). Water level reconstruction in closed lakes based on the mineralogical composition of sediments. In: Valero-Garcés, B.L. (Ed). *Limnogeology in Spain: a tribute to Kerry Kelts*. Biblioteca de Ciencias, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 305 - 325.
- Giralt, S., Julià, R., Leroy, S. & Gasse, F. (2003). Cyclic water level oscillations of the KaraBogaz Gol Caspian Sea system. *Earth y Planetary Science Letters*, **212**, 225-239.
- González-Mozo, M.E., Chicote, A., Rico, E., Montes, C. (2000) Limnological characterization of an evaporite karstic lake in Spain (Lake Arreo). *Limnética*, **16**, 91-98.
- González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Morellón, M., Navas, A., Machín, J. y Delgado-Huertas, A. Hydrological fluctuations y vegetation changes in the Central Ebro Basin (NE Spain) since the Lateglacial: potential y limitations of saline lake records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, submitted.
- González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Jalut, G., García-Ruiz, J. M., Martí-Bono, C., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Otto, T. y J., D. J. Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence. *Quaternary Research*, in press.
- Guiot J, Harrison SP, Prentice IC (1993) Reconstruction of Holocene precipitation patterns in Europe using pollen y lake-level data. *Quaternary Research* **40**, 139-149.
- Heinrichs, M.L. (2001). Chironomid-based paleosalinity records in Southern British Columbia, Canada: a comparison of transfer functions. *Journal of Paleolimnology* **26**:147-159.
- Hennebert, M. y Lees, A. (1991). Environmental gradients in carbonate sediments y rocks detected by correspondence analysis: examples from the Recent of Norway y the Dinantian of southwest England. *Sedimentology*, **38**, 623 - 642.

- Ito E (2001) Application of stable isotope techniques to inorganic y biogenic carbonates. In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Vol. 2. Physical y Chemical Techniques* (eds. Last WM y Smol JP). 351-371, Kluwer Academic Publishers.
- Jiménez-Sánchez, M. y Fariás-Arquer, P. (2002). New radiometric y geomorphologic evidences of a last glacial maximum older than 18 ka in SW European mountains: the example of Redes Natural Park (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Geodinamica Acta* **15**, 93-101.
- Lotter, A. F., Birks, G. J. B., Hofmann, W y Marchetto, A. (1997) Modern diatom, cladocera, chironomid, y chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate, *Journal of Paleolimnology*, **18**, 395-420.
- Luque, J. A. y Julià, R. (2002). Lake sediment response to land-use y climate change during the last 1000 years in the oligotrophic Lake Sanabria (northwest of Iberian Peninsula). *Sedimentary Geology* **148**, 343-355.
- Luque, J. A. (2003). El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6000 años. PhD thesis. Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera", 384 pp.
- Martín-Rubio, M., Rodríguez-Lazaro, J., Anadón, P., Robles, F., Utrilla, R. y Vázquez, A. (2005). Factors affecting the distribution of recent lacustrine ostracoda from the Caicedo de Yuso-Arreo Lake (Western Ebro Basin, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **225**, 118-133.
- Mezquita, F., J.R. Roca, J.M. Reed y G. Wansard. (2005). Quantifying species–environment relationships in non-marine Ostracoda for ecological y palaeoecological studies: Examples using Iberian data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **225**, 93–117.
- Moreno, A., Giralt, S., Valero-Garcés, B. L., Sáez, A., Bao, R., Prego, R., Pueyo, J. J., González-Sampérez, P. y Taberner, C. A 15-kyr record from the tropical Andes: the Lago Chungara sequence (18°S, northern Chilean altiplano). *Quaternary International*, in press.
- Muñoz Sobrino, C., Ramil-Rego, P. y Gómez-Orellana, L. (2004). Vegetation of the Lago de Sanabria area (NW Iberia) since the end of the Pleistocene: a palaeoecological reconstruction on the basis of two new pollen sequences. *Vegetation History y Archaeobotany* **13**, 1-22.
- Peña, J.L. y Lozano, M.V. (1998), Las formas periglaciares de la Cordillera Ibérica centroriental. En: Peña, J.L. (ed.): *Geomorfología de campo en la Sierra de Albarracín*, 159-177. Univ. Verano Teruel.
- Reed, J.M., (1998) A diatom-conductivity transfer function for Spanish salt lakes. *Journal of Paleolimnology* **19**, 399-416.
- Riera, S., Wansard, G. y Julià, R. (2004). 2000-year environmental history of a karstic lake in the Mediterranean Pre-Pyrenees: the Estanya lakes (Spain). *Catena* **55**, 293-324.
- Rieradevall, M., E. García-Berthou y N. Prat (1995). Chironomids in the diet of fish in Lake Banyoles (Catalonia, Spain). In: P.Cranston (ed.): *Chironomids: from genes to Ecosystems*. CSIRO, Canberra, Australia. pp. 335-340.
- Rieradevall, M.; Bonada, N. y Prat, N. (2000) Recent y past zoobenthic communities in the high mountain lake Redó (Pyrenees, Spain). A MOLAR project study. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*
- Rodó, X., Giralt, S., Burjachs, F., Comin, F. A., Tenorio, R. G. y Julià, R. (2002). High-resolution saline lake sediments as enhanced tools for relating proxy paleolake records to recent climatic data series. *Sedimentary Geology* **148**, 203-220.
- Rosén, P. Hall, R., Korsman I, T. y Renberg, I. (2000) Diatom transfer-functions for quantifying past air temperature, pH y total organic carbon concentration from lakes in northern Sweden. *Journal of Paleolimnology* **24**, 109–123,
- Rubio Dobón, J. C. (2004) Contexto hidrogeológico e histórico de los humedales del Cañizar, Serie Investigación, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, Zaragoza, 216 pp.
- Sancho, C., Peña, J.L. y Meléndez, A. (1998): Controls on Holocene y present-day travertine formation in the Guadalaviar River (Iberian Chain, NE Spain). *Z. fur Geomorph.*, 41(3): 289-307.
- Schnurrenberger, D. W., Russell, J. M. y Kelts, K. (2003). Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. *Journal of Paleolimnology* **29**, 141-154.
- Stevenson, A. (2000), The Holocene forest history of the Montes Universales, Teruel, Spain. *The Holocene*, **10**, 5, 603-610.
- Valero-Garcés, B. L., Delgado-Huertas, A., Ratto, N., Navas, A. y Edwards, R. L. (2000). Paleohydrology of Andean saline lakes from sedimentological y isotopic records, Northwestern Argentina. *Journal of Paleolimnology* **24**, 343-359.
- Valero-Garcés, B. L., Navas, A., Mata, P., Delgado-Huertas, A., Machín, J., González-Sampérez, P., Moreno, A., Schwalb, A., Ariztegui, D., Schnellmann, M., Bao, R. y González-Barrios, A. (2003). Sedimentary facies analyses in lacustrine cores: from initial core descriptions to detailed paleoenvironmental reconstructions. A case study from Zoñar lake (Cordoba province, Spain). In "Limnología en España: un tributo a Kerry Kelts / Limnogeology in Spain: a tribute to Kerry Kelts." (B. Valero-Garcés, Ed.), pp. 385-414. Biblioteca de Ciencias. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Valero-Garcés, B. L., González-Sampérez, P., Navas, A., Machín, J., Mata, P., Delgado-Huertas, A., Bao, R., Moreno, A., Carrión, J. S., Schwalb, A. y González-Barrios, A. (2006). Human impact since Medieval times y recent ecological restoration in a Mediterranean lake: the laguna Zoñar (Spain). *Journal of Paleolimnology* **in press**.
- Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Navas, A., Machín, J., Delgado-Huertas, A., González-Sampérez, P., Schwalb, A., Morellón, M. y Edwards, R. L. The Taravilla Lake y Tufa Deposits (Central Iberian Range, Spain) as paleohydrological y paleoclimatic indicators. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, submitted.
- Vega, J. C., de Hoyos, C. y Aldasoro, J. J. (1992). The Sanabria Lake: the largest natural freshwater lake in Spain. *Limnetica*, **8**, 49-57.
- Velle, G.; Brooks, S.; Birks, HJ y Willassen, E. (2005). Chironomids as a tool for inferring Holocene climate: an assessment based on six sites in southern Scandinavia. *Quaternary Science Reviews* **24**: 1429-1462.
- Vershuren, D., Laird, K.R. y Cumming, B.F., (2000). Rainfall y drought in equatorial east Africa during the past 1100 years. *Nature* **403**, 410-414.
- Walker, I. R. (2001). Midges: Chironomidae y related Diptera. In: Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Zoological Indicators*. Kluwer, Dordrecht, pp. 43-66.

Wilson, S.E., Cumming, B.F. y Smol, J.P. (1996). Assessing the reliability of salinity inference models from diatom assemblages: an examination of a 219-lake data set from western North America. *Canadian Journal of Fisheries y Aquatic Sciences*, 53: 1580-1594.

CAVECAL Subproject 3

A. INDICADORES PALEOCLIMÁTICOS EN ESTALAGMITAS

Las estalagmitas registran varios parámetros climáticos que pueden ser establecidos a través de (1) **la química elemental e isotópica** del carbonato cálcico y (2) **su tasa de crecimiento**.

1. Variaciones en las relaciones de isótopos estables.

La proporción de isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) es un indicador muy útil para reconstruir cambios en la dinámica de la precipitación (Burns, Fleitmann *et al.* 2001; Fleitmann, Burns *et al.* 2004; Lachniet, Asmerom *et al.* 2004). La composición isotópica de la estalagmita depende de la temperatura de la cueva y de la composición isotópica del goteo. A su vez, ésta se encuentra relacionada con la composición isotópica del agua de lluvia que, tras infiltrarse, alimenta el goteo (Cruz, Karmann *et al.* 2005). La composición isotópica está muy afectada por las condiciones meteorológicas que controlan la precipitación (lluvia), tales como la fuente del vapor, la cantidad de vapor agotado antes de llegar al sitio de interés ("rainout"), y la altura y temperatura de condensación del vapor (Dansgaard, 1964). Los cambios en la circulación atmosférica y la generación de lluvia que acompañan a las oscilaciones de la **Oscilación del Atlántico Norte** (NAO) están expresados en variaciones de $\delta^{18}\text{O}$ en la lluvia. En el norte de España, los datos de GNIP (IAEA-WMO Global Network of Isotopes in Precipitation) de La Coruña y Santander indican una correlación moderada y positiva (0.43 a 0.58) entre el $\delta^{18}\text{O}$ de la lluvia mensual y el índice NCEP NAO para el mismo mes. Esto indica posiblemente temperaturas más frías de condensación durante la fase negativa de dicho índice. En el presente proyecto se plantea evaluar esta relación más rigurosamente con más datos de $\delta^{18}\text{O}$ en lluvia porque en gran parte de España, incluyendo todo el sector norte, existen sólo 12 análisis de $\delta^{18}\text{O}$ de lluvia mensuales, tomados en 2001.

2. Variaciones en la composición elemental.

La química elemental de estalagmitas es un registro de la cantidad de precipitación y de cobertura vegetal (Hellstrom y McCulloch 2000; Baldini, McDermott *et al.* 2002; McMillan, Fairchild *et al.* 2005), lo que ha sido apoyado por un número creciente de estudios de calibración (Huang, Fairchild *et al.* 2001; Tooth y Fairchild 2003; Treble, Shelley *et al.* 2003). Algunos **elementos y relaciones entre elementos** se pueden usar para diferentes reconstrucciones:

- Las proporciones de Sr/Ca y Mg/Ca presentan una correlación inversa con la cantidad de precipitación. Esto se debe a que en épocas más secas la proporción de Mg/Ca y Sr/Ca aumenta en las aguas de goteo a medida que el CaCO_3 precipita durante la infiltración de agua de lluvia a través del acuífero debido a la mayor exsolución de CO_2 . Esta tendencia se ve incrementada para Mg/Ca en el caso de un macizo kárstico de dolomía y caliza, porque en épocas secas el mayor tiempo de contacto roca-agua favorece la disolución más lenta de la dolomía.
- El Ba suele quedar inmovilizado en suelos (McBride, 1994) y su concentración en las aguas subterráneas depende de la producción de ácidos orgánicos –procedentes de la vegetación– capaces de movilizarle. Por tanto, en este caso, incrementos en Ba indicarían aumentos en la productividad de la vegetación (Hellstrom y McCulloch 2000).

En zonas donde la lluvia es muy estacional, como en mayor parte de la Península Ibérica, es frecuente que las estalagmitas tengan láminas estacionales, compuestas por calcita densa y transparente alternando con láminas de calcita porosa de color blanco oscuro con materia orgánica derivada de los suelos (Frisia, Borsato *et al.* 2000). Esta laminación permite una resolución alta y selectiva en análisis (Treble, Shelley *et al.* 2003).

3. Espesor de las laminaciones

El **espesor de las láminas** sirve como otro indicador de condiciones climáticas, ya que la tasa de crecimiento y el carácter de la calcita dependen principalmente de su grado de sobresaturación en el goteo, lo que a su vez depende de la productividad de la vegetación y la producción de CO₂ resultante en los suelos (McDermott, Frisia *et al.* 1999; Genty, Baker *et al.* 2001; Frisia, Borsato *et al.* 2003).

El uso combinado de $\delta^{18}\text{O}$, presente en el agua de lluvia, con química elemental, cuya composición refleja mayormente procesos durante la infiltración, permite separar variaciones en la cantidad de lluvia (mediante Mg/Ca o Sr/Ca) y las condiciones meteorológicas imperantes durante la generación de la lluvia (mediante $\delta^{18}\text{O}$).

B. CALIBRACIÓN DE INDICADORES CLIMÁTICOS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Para el subproyecto de registros en cuevas CAVECAL, tenemos planteado 1) calibración de indicadores con muestras de lluvia y agua de goteo, 2) calibración de indicadores con estalagmitas activas y adquisición de datos paleoclimáticos a través de estalagmitas recientes y antiguas.

1. Calibración de indicadores climáticos con medidas en agua de lluvia y agua de goteo.

Para las reconstrucciones fiables paleoclimáticas a partir de los depósitos de cuevas será necesario calibrar los indicadores climáticos para cada región de estudio (Fig. 7). Se tomarán muestras de cuevas del Norte de España (área Cántabro-Asturiana) así como del Sur (alrededores de Málaga).

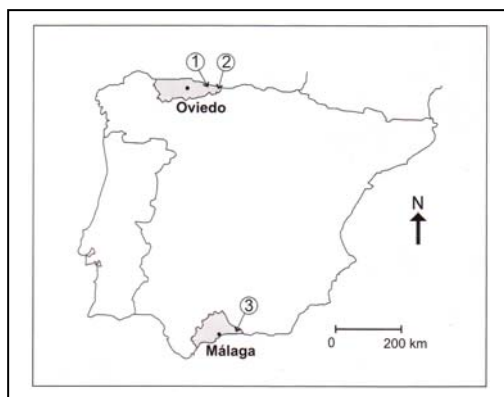


Fig. 7. Localización de las áreas de estudio

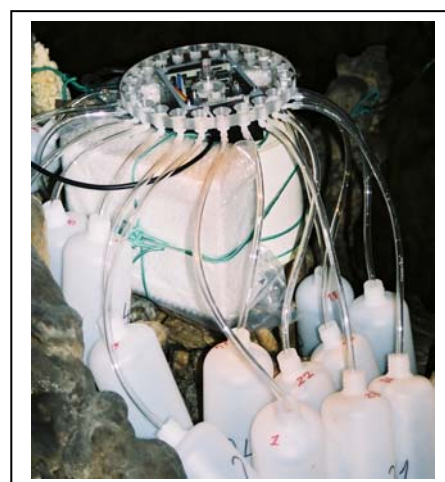


Fig. 8. Aparato de muestreo en cuevas

Hemos diseñado un aparato que permite la toma de muestras de aguas tanto de goteo como de lluvia durante un intervalo de tiempo de 48 días (Fig. 8). El aparato está alimentado con una batería y consiste en un dispositivo giratorio que dirige el agua a una botella distinta cada 48 horas, lo cual permite comprobar el caudal de goteo con una resolución de 48 horas y realizar después los análisis químicos del agua. Cada 48 días se recogen las 24 muestras y se reemplazan botellas y batería. Con las muestras, la mitad del agua se reserva para análisis de $\delta^{18}\text{O}$, y la otra mitad es acidificada para recuperar elementos incorporados en precipitaciones de cristales de CaCO₃ que se forman en la botella por exsolución de CO₂ de modo análogo al crecimiento de la estalagmita. En las estalagmitas se mide simultáneamente un rango de elementos mayores y trazas con *Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry* (Ca, Mg, Sr, Ba, Na, P, Ni, Mn, Fe, Al). Hemos comprobado el funcionamiento de estos aparatos en un estudio de calidad de aguas durante 11 meses en 2003 (Stoll *et al.* 2005 a, 2005b).

En este subproyecto prevemos el uso simultáneo de 2 aparatos para coger muestras a lo largo del primer año completo y pasar estos dos aparatos a otras dos cuevas en el segundo año para tener en total datos de 4 cuevas en zonas distintas. Las cuevas serán seleccionadas en función de criterios como la presencia de estalagmitas activas y fósiles adecuadas para estudios paleoclimáticos; la posibilidad de acceso restringido para proteger a los aparatos, y por tener un entorno lo más natural posible para ser más representativo de condiciones en el pasado. En el caso en que haya retrasos grandes entre la

lluvia y el goteo, podemos emplear otro aparato para muestrear y analizar el $\delta^{18}\text{O}$ del agua de lluvia. Los resultados químicos de muestras de agua de goteo (y lluvia) serán comparados con el caudal de goteo y parámetros meteorológicos como lluvia, temperatura, dirección de viento, etc. En el caso de isótopos de oxígeno, incluiremos los datos en un modelo de isótopos en el ciclo meteorológico con el fin de identificar los procesos que regulan el fraccionamiento isotópico en cada sitio.

3. Calibración de indicadores climáticos con estalagmitas activas-recientes.

El análisis de estalagmitas activas cuyo crecimiento corresponde con el registro meteorológico histórico, permite comparar los indicadores de estalagmitas con datos climáticos como precipitación y temperatura y así afinar las calibraciones obtenidas a través de medidas de agua de goteo. Para ello tomaremos **muestras de estalagmitas activas**, las cortaremos longitudinalmente y utilizando un “micromill”, sacaremos muestras para análisis isotópicos y elementales (Fig. 9, izquierda).

En caso de disponer de dos láminas anuales de espesor suficiente, sacaremos 2 muestras por año. Los análisis de isótopos estables serán realizados con *Gas Source Mass Spectrometer*, en colaboración con los miembros de la Universidad de Minnesota del subproyecto LIMNOCAL. El análisis elemental se llevará a cabo a partir de las muestras disueltas en ácido y medidas con *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* en la Universidad Complutense de Madrid. Para un estudio más detallado de iones e isótopos con información paleoclimatológica en espeleotemas se utilizará la técnica LIBS (*Laser Induced Breakdown Spectroscopy*) y técnicas de microsonda, como LIMS (*Laser Ionization Mass Spectroscopy*) o SIMS (*Secondary Ion Mass Spectroscopy*) usando el equipamiento de la Universidad de Málaga en colaboración con José Javier Lasema Vázquez (catedrático de Química Analítica de dicha Universidad).



Fig. 9. Ejemplos de muestras de estalagmitas de la Cueva del Pindal mostrando un buen desarrollo de laminas anuales en (izquierda) un ejemplo activo y (derecha) una estalagmita larga y antigua adecuada para la realización de análisis.

Mediante la técnica LIBS, un pulso láser enfocado en un punto produce un plasma de alta temperatura que es analizado espectralmente, lo que proporciona información sobre la composición atómica del punto de muestreo (elementos y abundancia). Dicha técnica no requiere una preparación exhaustiva de la muestra y permite trabajar a presión atmosférica, por lo que una de sus ventajas es la rapidez del método y la posibilidad de obtener información directamente del espeleotema sin procesos de sustracción de material. Además, permite realizar perfiles de concentración a lo largo del eje de crecimiento longitudinal y axial, con alta resolución espacial, con lo que se obtienen series temporales de mayor detalle (Vadillo *et al.*, 1998). Por otro lado, las técnicas de microsonda analítica (LIMS y

SIMS) permiten obtener información elemental e isotópica de un espeleotema en dominios espaciales inferiores a 100 micrómetros, aumentando la posibilidad de interpretaciones paleoclimáticas a escala anual o subanual. A diferencia de la técnica LIBS, en estas técnicas es preciso realizar el análisis en condiciones de elevado vacío, lo que obliga a trabajar sobre secciones de material. En contrapartida, ambas técnicas exhiben mejor sensibilidad que la técnica LIBS, lo que las convierte en complementarias y en herramientas de gran ayuda en el presente proyecto.

Usando láminas delgadas, se medirá el espesor de láminas y la tasa de crecimiento, siguiendo la metodología de Frisia, Borsato *et al.* (2003). La escala temporal se establecerá mediante conteo de láminas anuales en las estalagmitas, precisada mediante dataciones radiogénicas con ^{14}C y U-Th que se realizarán en colaboración con miembros de la Universidad de Minnesota (USA) del subproyecto LIMNOCAL.

C. DATOS PALEOCLIMÁTICOS CON ESTALAGMITAS ANTIGUAS

El análisis de estalagmitas antiguas permitiría investigar la dinámica del cambio climático durante eventos rápidos como el Younger Dryas o el evento de 8200 años. Utilizaremos datos geomorfológicos disponibles para intentar identificar estalagmitas de la edad deseada (<30,000 años, y especialmente del Holoceno) y las cortaremos. Entre las estalagmitas de laminaciones más continuas, haremos dataciones de U/Th para identificar los intervalos de tiempo correspondientes a los eventos rápidos de interés. Una vez identificadas las estalagmitas que contienen estos intervalos, realizaremos dataciones U/Th adicionales para fijar la escala temporal con más precisión.

Para análisis de isótopos estables, elementos menores y trazas, y crecimiento de la estalagmita utilizaremos la misma metodología que para estalagmitas activas (Fig. 9, derecha). Debido al alto coste de análisis de isótopos estables, los analizaremos a menor resolución que los elementos menores. Utilizaremos el registro de elementos menores y espesor de láminas para indicar las partes del registro de más interés con el fin de enfocar los análisis de isótopos estables. Finalmente, utilizaremos los indicadores identificados como más útiles en la fase de calibración para interpretar los cambios climáticos en el registro antiguo.

Referencias Subproyecto 3

- Baldini, J. U. L., F. McDermott, *et al.* (2002). "Structure of the 8200-year cold event revealed by a speleothem trace element record." *Science* **296**(5576): 2203-2206.
- Burns, S. J., D. Fleitmann, *et al.* (2001). "Speleothem evidence from Oman for continental pluvial events during interglacial periods." *Geology* **29**(7): 623-626.
- Cruz, F. W., I. Karmann, *et al.* (2005). "Stable isotope study of cave percolation waters in subtropical Brazil: Implications for paleoclimate inferences from speleothems." *Chemical Geology* **220**(3-4): 245-262.
- Finch A.A., Shaw P.A., Holmgren K., Lee-Thorp J. (2003): Corroborated rainfall records from aragonitic stalagmites. *Earth y Planetary Science Letters*, **215**, 265-273.
- Fleitmann, D., S. J. Burns, *et al.* (2004). "Palaeoclimatic interpretation of high-resolution oxygen isotope profiles derived from annually laminated speleothems from Southern Oman." *Quaternary Science Reviews* **23**(7-8): 935-945.
- Frisia, S., A. Borsato, *et al.* (2000). "Calcite fabrics, growth mechanisms, y environments of formation in speleothems from the Italian Alps y southwestern Ireland." *Journal of Sedimentary Research* **70**(5): 1183-1196.
- Frisia, S., A. Borsato, *et al.* (2003). "Late Holocene annual growth in three Alpine stalagmites records the influence of solar activity y the North Atlantic Oscillation on winter climate." *Earth y Planetary Science Letters* **216**(3): 411-424.
- Genty, D., A. Baker, *et al.* (2001). "Intra- y inter-annual growth rate of modern stalagmites." *Chemical Geology* **176**(1-4): 191-212.
- Hellstrom, J. C. y M. T. McCulloch (2000). "Multi-proxy constraints on the climatic significance of trace element records from a New Zealand speleothem." *Earth y Planetary Science Letters* **179**(2): 287-297.
- Huang, H. M., I. J. Fairchild, *et al.* (2001). "Seasonal variations in Sr, Mg y P in modern speleothems (Grotta di Ernesto, Italy)." *Chemical Geology* **175**(3-4): 429-448.
- Lachniet, M. S., Y. Asmerom, *et al.* (2004). "Tropical response to the 8200 yr BP cold event? Speleothem isotopes indicate a weakened early Holocene monsoon in Costa Rica." *Geology* **32**(11): 957-960.
- McDermott, F., S. Frisia, *et al.* (1999). "Holocene climate variability in Europe: Evidence from delta O-18, textural y extension-rate variations in three speleothems." *Quaternary Science Reviews* **18**(8-9): 1021-1038.
- McMillan, E. A., I. J. Fairchild, *et al.* (2005). "Annual trace element cycles in calcite-aragonite speleothems: evidence of drought in the western Mediterranean 1200-1100 yr BP." *Journal of Quaternary Science* **20**(5): 423-433.
- Roberts M.S., Smart P.L., Baker A. (1998): Annual trace element variations in a Holocene speleothem. *Earth y Planetary Science Letters*, **154**, 237-246.
- Stoll, H. M., Auer, T., Hahn, R. S., Theberge, A., Jimenez-Sánchez, M. (2005): Can cave deposits in Northern Spain reconstruct the North Atlantic Oscillation? Geological Society of America. Abstracts with Programs, vol. 37, nº 1, p. 24.

- Northeastern Section, 40th Annual Meeting (March 14-16, 2005). Session N°12: new Developments in the Late Quaternary History of the Northeastern United States y Adjacent Canada (Posters).
- Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Auer, T., Martos de la Torre, E. (2005): Variaciones temporales en la hidroquímica de goteos en la cueva del Pindal (Asturias, NO España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 38. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Tooth, A. F. y I. J. Fairchild (2003). "Soil y karst aquifer hydrological controls on the geochemical evolution of speleothem-forming drip waters, Crag Cave, southwest Ireland." *Journal of Hydrology* **273**(1-4): 51-68.
- Treble, P., J. M. G. Shelley, *et al.* (2003). "Comparison of high resolution sub-annual records of trace elements in a modern (1911-1992) speleothem with instrumental climate data from southwest Australia." *Earth y Planetary Science Letters* **216**(1-2): 141-153.
- Vadillo, J.M., Vadillo, I., Carrasco, F. y Laserna, J.J. (1998): Spatial distribution profiles of magnesium y strontium in speleothems using laser-induced breakdown spectrometry. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, **361**, 119-123.

MARCAL Subproject 4

Para alcanzar los objetivos propuestos, el Subproyecto 4 realizará un estudio de muy alta resolución de **registros paleoclimáticos marinos** de acuerdo con la siguiente estrategia científica:

- E. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO Y RECUPERACIÓN DE TESTIGOS
- F. ANALISIS DE ALTA RESOLUCION DE REGISTROS MARINOS
- G. CALIBRACION DE INDICADORES Y ELABORACIÓN DE CURVAS CLIMÁTICAS
- H. INTEGRACIÓN Y CORRELACIÓN
- A. SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO Y RECUPERACIÓN DE TESTIGOS:**

Los testigos de los que ya se dispone para la realización del proyecto y aquellos que está previsto recuperar al comienzo del periodo de ejecución del mismo (Fig. 10) se han seleccionado de acuerdo con los siguientes criterios:

- f) La alta sensibilidad que las cuencas semicerradas como el Mediterráneo presentan frente a la variabilidad climática, por lo que estas regiones y su conexión con el Atlántico se consideran idóneas para alcanzar los objetivos propuestos. En este sentido, es de sobra conocido que el Mediterráneo se considera un laboratorio natural excepcional para estudios sobre cambio climático (e.g., Krijgsman, 2002).
- g) La continuidad del registro sedimentario. Numerosos estudios previos, tanto en la literatura como los referentes a los resultados de proyectos previos del grupo solicitante (REN2000-0798 y REN2003-09130-CO2-01), han puesto de manifiesto la continuidad sedimentaria del registro en las cuencas y regiones seleccionadas para el intervalo de tiempo de interés en el Proyecto que se solicita.
- h) Las excepcionalmente altas tasas de sedimentación en la cuenca del mar de Alborán que permiten altas resoluciones de análisis para estudios de variabilidad climática a escala menor del milenio.
- i) La cronología y dataciones previas que demuestran que en las regiones seleccionadas se dispone de un archivo único para estudios de alta resolución desde el último máximo glacial (UMG).
- j) El considerable volumen de información que proyectos previos y vigentes sobre las cuencas del mar de Alborán y Surbaleares (entre otros en los que se ha participado miembros del equipo, *REN2001-3868-CO3-01-MAR* y *MAR98-0981*) han suministrado sobre el contexto geológico y evolución de estas cuencas, así como la disponibilidad de perfiles sísmicos.

Los testigos seleccionados corresponden a cinco regiones de alto interés desde el punto de vista paleoceanográfico y climático. Estos completan, además, datos previos obtenidos de testigos que han sido analizados durante los periodos de ejecución de proyectos previos del grupo solicitante:

Cuenca del mar Tirreno: La cuenca del Tirreno ofrece un registro excepcional de los principales cambios climáticos y oceanográficos que ha afectado a regiones mediterráneas y atlánticas. Es, además, una región de gran importancia en cuanto a la circulación e intercambio de masas de agua entre el Mediterráneo occidental y oriental, habiendo sido especialmente sensible a los diferentes cambios medio ambientales y patrones de circulación atmosférica. En esta cuenca se dispone ya de muestras del ODP Site 974 de la campaña 161 del "Ocean Drilling Program".

Cuenca Balear: En esta zona los canales de las Baleares representan importantes pasos entre las masas de agua fría del Golfo de Lyon y las regiones más al Sur. Los estudios de circulación regional en las Islas Baleares contribuirán al mejor entendimiento de la circulación a nivel del Mediterráneo Occidental, así como a las interrelaciones entre circulación oceánica y atmosférica. Aquí se dispone de dos testigos de gravedad recuperados durante la campaña TTR 14-Leg 3: 312 y 314. Además se tienen datos del análisis de alta resolución del testigo ODP 975C-1H, que se integrarán con los resultados a obtener.

Cuenca Surbalear: Esta cuenca, relativamente protegida de la descarga directa continental a través de grandes ríos, también representa un excepcional registro de cambios climáticos a escala del milenio y de la centena de años. Ha sido especialmente sensible al intercambio de masas de agua con el Golfo de Lyon y a la influencia atlántica. En esta cuenca se dispone de un testigo recuperado durante la campaña TTR 12-Leg 3, 275, tres testigos cortos (multicores) recuperado durante la campaña Flucalb 97 (B/O García del Cid), y se pretende recuperar dos nuevos testigos. Además existen datos disponibles del análisis de alta resolución del testigo TTR12-275 ya estudiado.

Cuenca del mar de Alborán: Esta cuenca representa una región estratégica para el estudio del intercambio de masas de agua atlánticas y mediterráneas, a la vez que las altas tasas de sedimentación que aquí se registran permiten una resolución de análisis de cambios climáticos y peleoceanográficos difícilmente alcanzable en otras áreas mediterráneas. Para la ejecución de este proyecto se dispone de un testigo recuperado durante la campaña TTR 12-Leg 3; 293, y se pretende obtener dos nuevos testigos. Durante proyectos previos se ha obtenido un importante volumen de datos del análisis de numerosos testigos en esta cuenca (Fig. 10b), los cuales han puesto de manifiesto importantes variaciones Este-Oeste en la respuestas climáticas (e.g., Cacho et al., 2001; Martínez-Ruiz et al., 2003; Jiménez-Espejo et al., en revisión). Por ello se propone el análisis de al menos dos nuevos testigos que completen el transecto realizado en esta cuenca y permitan evaluar la regionalidad de las respuestas climáticas.

Golfo de Cádiz: Esta región es también de capital importancia para el entendimiento de la influencia atlántica y el intercambio de masas de agua atlánticas y mediterráneas. No existen testigos disponibles por lo que se pretende recuperar al menos dos nuevos testigos.

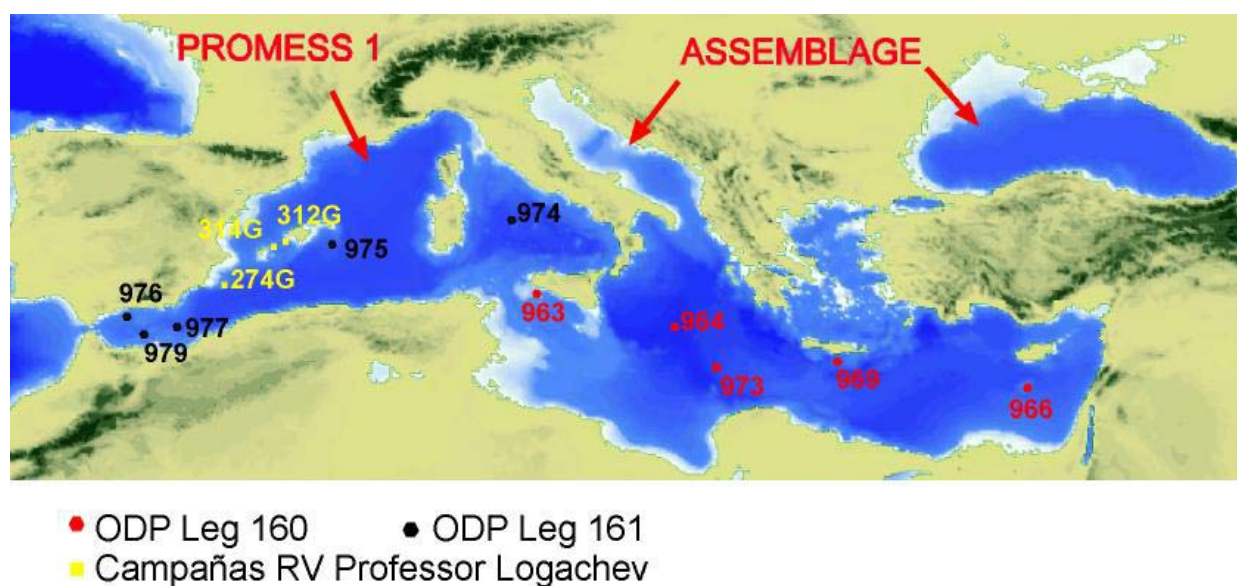


Figura 10a. Mapa y esquema de localización de los testigos ya estudiados y otros propuestos para análisis durante el Proyecto solicitado. a) **Testigos previamente estudiados:** testigos de la campaña ODP Leg 160 (966, 969, 973, 964, 963), ODP Leg 161 (975, 976, 977 y 979) y 274G (Campaña Basacalb 99); b) **Testigos a estudiar:** 1. Disponibles: 974 (ODP Leg 161), 275G, próximo al 274G (Campaña Basacalb 99). Los correspondientes a la Cuenca del Mar de Alborán se indican con detalle en la Figura 10b. Se señalan también en el mapa superior las áreas de estudio de los Proyectos PROMESS 1 y ASSEMBLAGE, proyecto europeos en los que se participa y que han permitido obtener excelentes registros paleoclimáticos de áreas relacionadas.

Con todo ello, se pretende analizar un transecto Este-Oeste que permitirá obtener un registro excepcional de la variabilidad climática en la Península Ibérica, así como establecer las variaciones en las respuestas climáticas desde el Atlántico al Mediterráneo Oriental. Como se ha mencionado, éstas han variado sensiblemente desde las

cuenclas más occidentales a las orientales. Además, se hará hincapié en el estudio de *nuevos testigos* en el Golfo de Cádiz que permitan investigar las *teleconexiones Atlántico-Mediterráneo* y la *evolución de las respuestas climáticas desde el Atlántico hasta el Tirreno*. El *análisis de estos nuevos paleoregistros* se considera necesario para poner de manifiesto la variabilidad climática y su impacto en áreas geográficas de interés nacional sobre la base de la regionalidad de las respuestas climáticas. Dado que durante el periodo de ejecución del Proyecto solicitado, se contempla completar el transecto Este-Oeste mencionado, está prevista la realización de una campaña de muestreo en el marco del Programa TTR-UNESCO durante el periodo de ejecución del Proyecto solicitado, pretendemos aprovechar la disponibilidad del buque oceanográfico *Prof. Logachev* en dicha región para proponer dos días de muestreo. Este muestreo está previsto en colaboración con otras campañas, lo que rebajaría considerablemente los costes en comparación con una campaña específica, así como los tránsitos de un buque hasta el Mediterráneo Occidental. Las campañas previas realizadas en el marco de este Programa también demuestran la excepcionalidad de los testigos de gravedad, de 13 cm de diámetro, lo que permite obtener la cantidad de muestra necesaria para todos los análisis previstos. El estudio multidisciplinar planteado requiere *análisis muy diversos* a intervalos de *muestreo de escasa potencia* (alta resolución), por lo que se necesitan testigos de suficiente diámetro para obtener la *cantidad de material suficiente* que permita llevar a cabo todos los análisis. Además, pueden obtenerse a bordo las medidas de susceptibilidad magnética, y lógicamente el barco dispone del equipamiento necesario para el reconocimiento previo de los puntos de muestreo (equipos de sísmica, perfiladores de fondo, “underwater TV camera”, “side scan sonar” etc.). En cualquier caso, y aunque se propone una campaña en el marco del Programa TTR-UNESCO porque la *relación entre el volumen de datos y el precio es baja* y optimiza el uso del presupuesto solicitado, se han previsto igualmente soluciones alternativas para realizar los muestreos en caso de imprevistos.

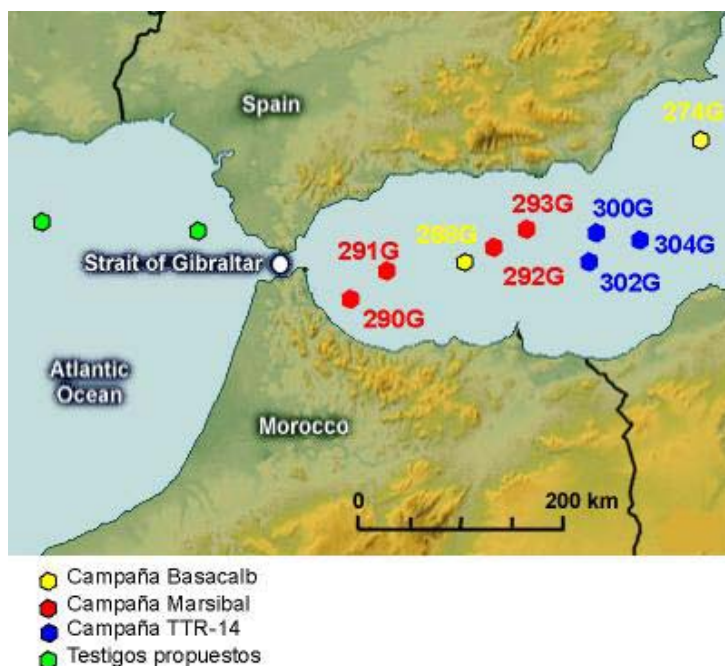


Figura 10b. Mapa y esquema de localización de los testigos ya estudiados en la cuenca del mar de Alborán. La localización precisa de otros propuestos para análisis durante el Proyecto solicitado se realizará una vez se complete el periodo de ejecución del proyecto vigente. Se señala la posición aproximada de los testigos que se pretende recuperar en la zona del Golfo de Cádiz.

En relación con los nuevos testigos a recuperar durante la campaña oceanográfica, se realizan las siguientes tareas:

4. *Selección del punto concreto de muestreo* (dentro de las coordenadas previstas) a partir de datos suministrados por el perfilador de fondo (“subbottom profiler”), OKEAN (side scan sonar) para visualizar morfologías de fondo y obtener reflectividades, “underwater TV camera” para visualización directa del fondo marino, y sistema de sísmica monocanal de alta resolución (cañones Bolt + streamer 16 canales) y MAK (sistema de side scan sonar de alta resolución).
5. *Apertura y descripción litológica preliminar de testigos*, sobre todo aquellas características fácilmente alterables como el color.
6. *Medidas de susceptibilidad magnética.*

Centro ejecutor: IACT; *Personas involucradas:* Participantes en la campaña, F. Martínez Ruiz, O. Romero, F. J. Jiménez Espejo y D. Gallego Torres; *Hitos:* Objetivo 3, obtención de registros climáticos.

(*Nota centro ejecutor, IACT: Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, UGR: Universidad de Granada, UMA: Universidad de Málaga, UCO: Universidad de Córdoba, UB: Universidad de Barcelona, JAMSTEC: Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, UST: Universidad de Stanford, ETH: ETH-Zentrum)

B. ANALISIS DE ALTA RESOLUCION DE REGISTROS MARINOS

El análisis de alta resolución de los paleoregistros seleccionados incluirá los siguientes tipos de análisis y tareas:

18. **Análisis en continuo de testigos mediante “XRF core scanner”.** Sobre todos los testigos disponibles se realizará el análisis multielemental con esta técnica que permite una resolución de análisis a escala microscópica, aunque el intervalo de medida se establecerá en función de la descripción de testigos. Los datos obtenidos se integrarán con los de concentraciones de estos elementos procedentes de otras técnicas analíticas. Este sistema de análisis multielemental tiene la ventaja de alcanzar resoluciones difícilmente alcanzables con otras técnicas sin disparar el presupuesto de gasto analítico.

Centro ejecutor: JAMSTEC

Personas involucradas: F. J. Jiménez Espejo, T. Sakamoto, F. Martínez Ruiz, O. Romero, y D. Gallego Torres

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos.

19. **Muestreo de testigos.** Se prevé realizar muestreos continuos a un intervalo de muestreo que dependerá de la tasa de sedimentación.

Centro ejecutor: IACT

Personas involucradas: Todo el equipo (centros nacionales)

Hitos: Objective 3, high resolution analysis of marine records

20. **Preparación de frotis.** Para la detallada caracterización de facies sedimentarias se estudiarán también frotis preparados a partir de muestras seleccionadas.

Centro ejecutor: IACT

Personas involucradas: Todo el equipo (centros nacionales)

Hitos: Objetivos 3, alta resolución de registros marinos

21. **Análisis granulométrico y caracterización de facies.** Se abordará el análisis granulométrico de las muestras para caracterizar facies sedimentarias.

Centro ejecutor: IACT

Personas involucradas: F. Martínez Ruiz, O. Romero, y D. Gallego Torres

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción del régimen sedimentario y aportes eólicos.

22. **Análisis cuantitativos y cualitativos de asociaciones fósiles.** Las muestras serán disgregadas y levigadas por el método convencional. Una vez obtenido el residuo, se realizarán dos tipos de análisis:

- a) *Foraminíferos planctónicos.* En cada muestra se identificarán, en primer lugar, las especies presentes. Acto seguido se cuarteará la fracción >0.15 mm, hasta obtener una parte alícuota que contenga un mínimo de 300 individuos, que se asignarán a las 26 categorías estándar (especies y morfotipos) que venimos utilizando en nuestros trabajos cuantitativos. Por último se separarán los ejemplares para los análisis de isótopos estables y dataciones por ¹⁴C; está previsto separar, en todos los casos, individuos de *Globigerina bulloides*, por tratarse de una especie de aguas superficiales que, aparte de ser normalmente utilizada en este tipo de estudios, está presente en todas las muestras mediterráneas de los últimos 20.000 años.
- b) *Foraminíferos bentónicos e invertebrados.* Dado que suelen ser menos abundantes que los foraminíferos planctónicos y que el número de categorías taxonómicas distinguibles es muy alto, en general sólo se harán análisis cualitativos y semicuantitativos. Una vez que se disponga de un inventario de las especies existentes, se escogerán individuos de alguna de estas que esté presente regularmente para realizar análisis isotópicos que se compararán con los correspondientes a los foraminíferos planctónicos.
- c) *Análisis morfológicos de Microscopía electrónica* de barrido para evaluar la preservación de los foraminíferos.

Centro ejecutor: UMA

Personas involucradas: J.M. González Donoso y D. Linares

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto salinidad y temperatura de aguas superficiales.

23. **Análisis del contenido en materia orgánica.** En todas las muestras se realizará la determinación del contenido en carbono orgánico y sobre muestras seleccionadas los contenidos en N y S (análisis elemental).

Centro ejecutor: IACT, ETH

Personas involucradas: D. Gallego Torres, S. Bernasconi

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos.

24. **Análisis mineralógico por difracción de rayos-X.** Sobre todas las muestras se realizará el análisis mineralógico de la muestra total, determinando las proporciones de los distintos componentes minerales (en sedimentos mayoritariamente carbonatos, arcilla y cuarzo), así como los porcentajes de las distintas fases carbonatadas (calcita, calcita magnesiana y dolomita). También se separará la fracción $<2\mu\text{m}$ para la cuantificación de los distintos minerales de la arcilla y la medida de parámetros cristalográficos. La separación se realiza mediante la eliminación de carbonatos con ácido acético, lavado sucesivo hasta normalizar el pH, y centrifugación. La fracción $>2\mu\text{m}$ se utilizará para la separación de minerales pesados.

Centro ejecutor: UGR, IACT

Personas involucradas: F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, I. Palomo

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción del régimen sedimentario y aportes eólicos.

25. **Análisis químico secuencial y separación de barita.** Actualmente la barita biogénica es considerada como el único indicador fiable de las condiciones de productividad biológica y, frente a los tradicionalmente usados como el contenido en materia orgánica, tiene la ventaja de su mejor preservación en el registro sedimentario por lo que se realizará su separación en muestras seleccionadas (Fig. 11).

Centro ejecutor: IACT, UST

Personas involucradas: F. Martínez Ruiz, A. Paytan

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción de la productividad biológica.

26. **Análisis mineralógicos por Microscopía Electrónica** de alta resolución de Transmisión (TEM) y de Barrido (SEM)). Los análisis mineralógicos en general y otros específicos sobre barita biogénica se completarán con estudios morfológicos de distintas fases minerales, análisis composicional de minerales pesados, carbonatos, barita y pirita, y el análisis composicional de los minerales de la arcilla, especialmente enfocado a establecer el origen de estos minerales (fórmula estructural de esmectitas para poder discriminar su origen edáfico -y por tanto condiciones paleoclimáticas- o de alteración diagenética submarina)

Centro ejecutor: IACT, UGR

Personas involucradas: F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, I. Palomo

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción del régimen sedimentario, aportes eólicos y productividad biológica.

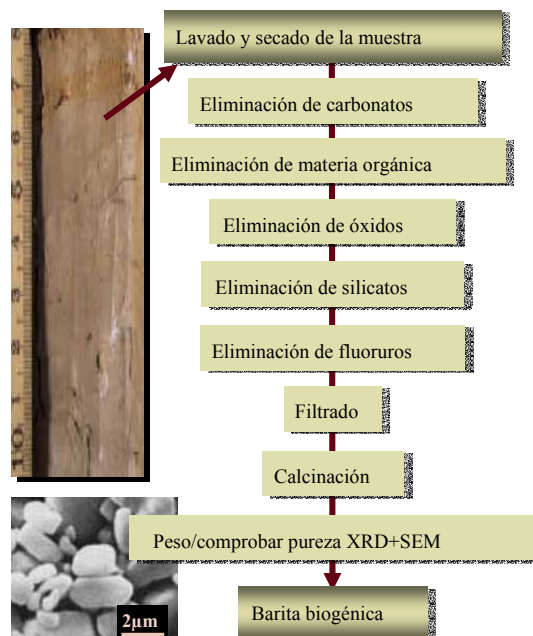


Figura 11. Esquema metodológico del proceso de ataque químico secuencial que se sigue para la separación de la barita biogénica. Cada uno de los ataques suele durar entre 1 y 3 días.

27. **Análisis químico de elementos mayores y traza.** Los análisis que aquí se incluyen son los de:
- Elementos mayores mediante Fluorescencia de rayos-X.
 - Elementos traza mediante Espectrometría de Masas con antorcha de Plasma (ICP-MS).

- c) Análisis de Fe y Mn en estado oxidado y reducido por Absorción Atómica (AA), que se realizarán en relación con el establecimiento de las condiciones de oxigenación de los medios de depósito.

Centro ejecutor: IACT, UGR, JAMSTEC

Personas involucradas: F. Martínez Ruiz, M. Ortega-Huertas, D. Gallego Torres, O. Romero, F. J. Jiménez Espejo

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción del régimen sedimentario y aportes eólicos, oxigenación de los medios de depósito, paleoproduktividad, y contaminación antropogénica. Como ejemplo en la figura 12 se señala la reconstrucción de condiciones paleoceanográficas en la cuenca del mar de Alborán.

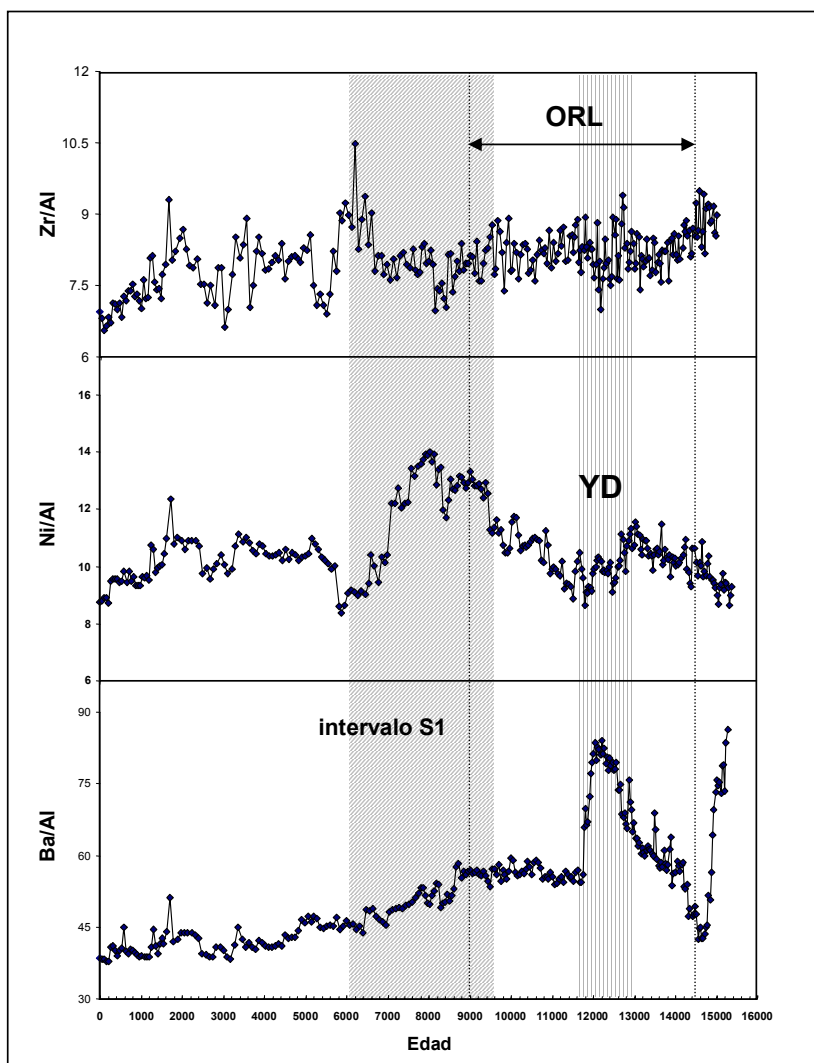


Fig. 12. Reconstrucción de las fluctuaciones en aportes eólicos, oxigenación del medio de depósito y productividad biológica marina en la cuenca del mar de Alborán (sondeo 976C, ODP Leg 161) durante los últimos 15.300 años a partir de los indicadores: Zr/Al, Ni/Al y Ba/Al (Martínez-Ruiz et al., 2004)

28. **Análisis de isótopos de S sobre barita biogénica y pirita.** Sobre la barita biogénica y pirita se realizarán este tipo de análisis para establecer su origen y determinar condiciones paleoceanográficas.

Centro ejecutor: IACT, UST

Personas involucradas: A. Paytan, F. Martínez Ruiz

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción de la productividad biológica.

29. **Análisis de isótopos estables sobre carbonatos y materia orgánica.** Sobre las especies seleccionadas de foraminíferos planctónicos y bentónicos se realizarán análisis isotópicos de C y O. Asimismo se llevarán a cabo análisis de la composición isotópica del C y N de la materia orgánica.

Centro ejecutor: UB, ETH

Personas involucradas: I. Cacho, S. Bernasconi

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto temperatura y salinidad de las aguas superficiales, productividad biológica y paleocirculación (e.g., Fig. 13).

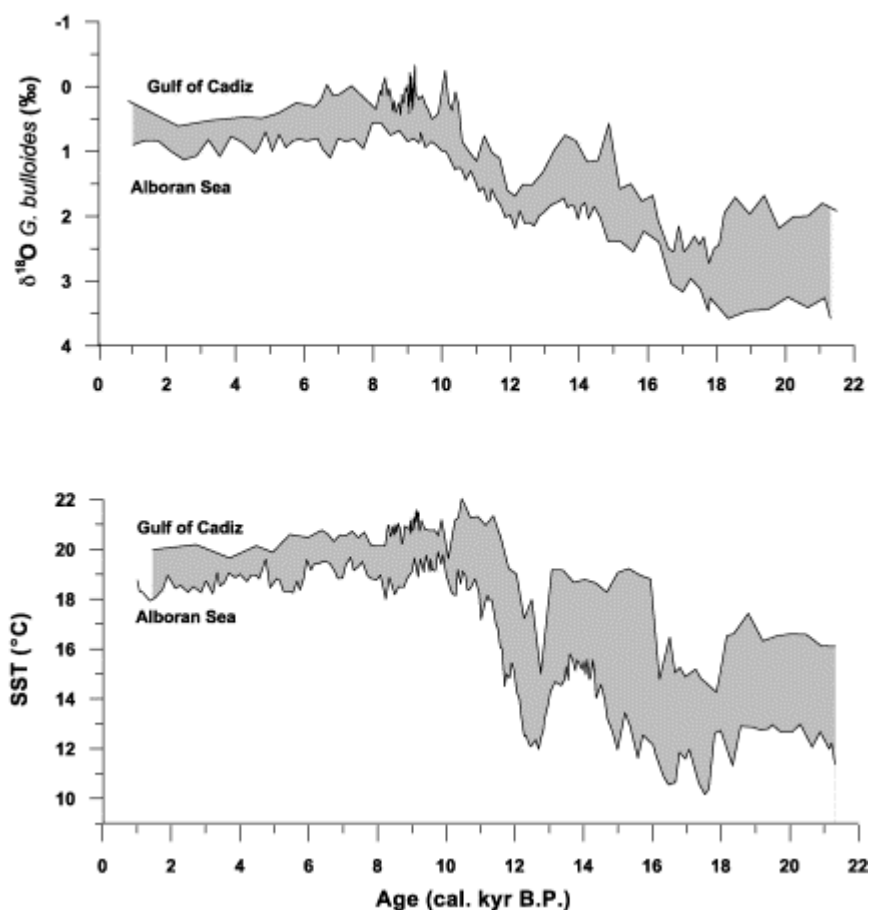


Fig. 13. Reconstrucción de los gradientes isotópicos y de temperatura en el Golfo de Cádiz y mar de Alborán (Cacho et al., 2002)

30. **Análisis de elementos traza (Mg, Sr, Cd, Ba) en foraminíferos:** las relaciones Mg/Ca, Sr/Ca y contenidos en Cd y Ba en cochas de foraminíferos se utilizarán como indicadores paleoceanográficos de temperatura y paleocirculación.

Centro ejecutor: UB

Personas involucradas: I. Cacho

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto temperatura y paleocirculación

31. **Determinación de las relaciones isotópicas del Sr en la fracción silicatada.** La alteración de flujos eólicos y las fluctuaciones en el área fuente de los aportes quedan reflejados en diferencias de la composición isotópica de los materiales detríticos. En este sentido, se considera fundamental realizar la determinación de las relaciones isotópicas del Sr y Sm-Nd en la fracción silicatada (se hará sobre muestras seleccionadas dado el elevado coste de estos análisis).

Centro ejecutor: IACT, UGR

Personas involucradas: F. Martínez Ruiz, D. Gallego Torres, M. Ortega Huertas, I. Palomo

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción del régimen sedimentario y aportes eólicos.

32. **Análisis de ópalo.** Los análisis de ópalo biogénico se realizarán mediante un procedimiento de ataque químico secuencial puesto a punto por DeMaster (1981), modificado y mejorado por Müller & Schneider (1993).

Centro ejecutor: IACT

Personas involucradas: O. Romero

Hitos: Objetivos 3 y 4, alta resolución de registros marinos y obtención de parámetros climáticos. En concreto reconstrucción de la productividad biológica.

33. **Datación radiométrica por ^{14}C .** La correcta interpretación paleoclimática requiere necesariamente una perfecta caracterización geocronológica. Para ello se realizará la datación radiométrica por ^{14}C (AMS) sobre muestras seleccionadas que sean suficientes para la perfecta datación del intervalo de tiempo objeto de estudio.

Centro ejecutor: IACT

Personas involucradas: Todo el equipo

Hitos: Objetivos 3, datación de registros marinos.

34. ***Análisis polínicos.** Una vez establecidos los perfiles de variación de parámetros climáticos, se seleccionarán muestras correspondientes a aquellos intervalos de cambio climático más significativo para estudiar el registro polínico y con ello las variaciones en vegetación en la Península. Ello se hará en estrecha colaboración con el Subproyecto 2 que cuenta con especialistas en polen, y también en colaboración con el Dr. J.S. Carrión de la Universidad de Murcia que realizará este tipo de estudios sobre las muestras ya preparadas en los laboratorios del IACT.

Todos análisis mencionados se resumen en la Figura 14, donde se señalan las correspondientes técnicas analíticas.

C. CALIBRACION DE INDICADORES Y ELABORACION DE CURVAS CLIMÁTICAS

Centro ejecutor: Todos

Personas involucradas: Todo el equipo

Hitos: Objetivos 2, 3, 4 y 5

7. **Calibración de indicadores:** La integración y correlación de distintos indicadores climáticos obtenidos en registros sedimentarios marinos requiere la calibración y validación de cada uno de ellos. Aunque los análisis integrados de distintos tipos de indicadores son frecuentes, en muchos casos las relaciones entre algunos indicadores y la información climática que ofrecen están pobremente comprendidas. Parte de nuestra estrategia científica incluye por tanto la calibración de los indicadores a utilizar en el análisis de registros marinos. Se utilizará la información procedente de sedimentos recientes, series instrumentales y datos históricos.
8. **Elaboración de perfiles de variación.** Con los datos de concentración de elementos mayores y traza, carbono orgánico, tamaño de grano, composición isotópica, contenido en ópalo, proporciones de los distintos minerales (mineralogía total y de arcillas) y en general todos aquellos resultados obtenidos de los análisis anteriores se elaborarán las curvas de variación correspondientes a todos los testigos seleccionados.
9. **Recopilación y obtención de datos arqueológicos que ofrezcan información paleoclimática.** Los registros arqueológicos e históricos han demostrado que las sociedades prehistóricas, antiguas y premodernas han sufrido diferentes colapsos, en muchos casos atribuidos a una combinación de factores sociales, políticos y económicos. Sin embargo, esta visión ha cambiado recientemente ya que los registros paleoclimáticos han demostrado a su vez que han existido cambios climáticos abruptos que han podido suponer nuevas condiciones a las que determinadas culturas no se adaptaron con la rapidez suficiente para su supervivencia (e.g., deMenocal, 2001; Haug et al., 2001; Weiss & Bradley, 2001; Wang, 2005). Por ello, además de establecer las variaciones climáticas que han podido afectar a las civilizaciones asentadas en la Península desde el UMG, también se pretende que, a la inversa, los datos arqueológicos suministren información sobre posibles variaciones que sean correlacionables con los registros paleoclimáticos que se obtengan.
10. **Establecimiento de parámetros numéricos:**
- a) *Tasas de sedimentación.* A partir de las dataciones radiométricas por ^{14}C y análisis bioestratigráficos se establecerán las tasas de sedimentación en las cuencas de muestreo.
- b) *Temperatura.* La composición de las asociaciones de foraminíferos planctónicos de los mares actuales depende de la temperatura de las aguas superficiales. Este fenómeno es la base del sistema más fiable del que se dispone en la actualidad para estimar las temperaturas de las aguas superficiales (SST) de los océanos recientes. Para realizar la estimación de la paleotemperatura se determina la composición cuantitativa de la asociación de foraminíferos planctónicos contenidos en la muestra del testigo de sondeo y, a continuación, se le aplica uno de los dos métodos existentes: funciones de transferencia o análogos modernos (e.g., Imbrie & Kipp, 1971; Berger & Gardner, 1975; Hutson, 1980, González Donoso & Linares, 1998). En ambos se parte de un universo de muestreo constituido por gran número de asociaciones actuales (estudiadas en cimas de sondeos oceánicos) con sus correspondientes temperaturas (de la zona de la columna de agua en que viven los

foraminíferos planctónicos). En el primer método se establece una función que permite estimar la temperatura (variable dependiente) a partir de las frecuencias relativas de las distintas especies de foraminíferos (variables independientes). En el segundo se calcula la similitud de la asociación fósil con cada una de las asociaciones actuales y se le asigna, como paleotemperatura, la media ponderada de las temperaturas de las asociaciones actuales más similares. De ambos métodos, el de los análogos modernos suministra mejores resultados (González Donoso & Linares, 1998)

- c) *Salinidad*. La estimación de las paleosalinidades es, en la actualidad, más problemática. Se pueden utilizar los métodos citados en el párrafo anterior, aunque hay autores que ponen en duda su fiabilidad, dado que la influencia de la salinidad sobre la composición de la asociación de foraminíferos planctónicos es mucho menor que la influencia de la temperatura. Otra posibilidad es, dado que la composición isotópica de la concha de un foraminífero depende de la composición isotópica del agua del mar, de su temperatura y de su salinidad, utilizar la paleotemperatura (determinada por el método anterior) y la composición isotópica de la concha del foraminífero para estimar la paleosalinidad (e.g., Duplessy et al., 1991; Rostek et al., 1993; Kallel et al., 1997). El principal escollo de este procedimiento radica en la incertidumbre de la composición isotópica del agua del mar durante la formación de la concha del foraminífero fósil. Sin embargo, en el caso de intervalos recientes, como es el caso del intervalo objeto de estudio, la composición isotópica del agua del mar está mejor conocida.
- d) *Tasas de acumulación de barita biogénica*. A partir del contenido en barita biogénica se podrán establecer dichas tasas que directamente se relacionan con la productividad biológica en medios marinos.

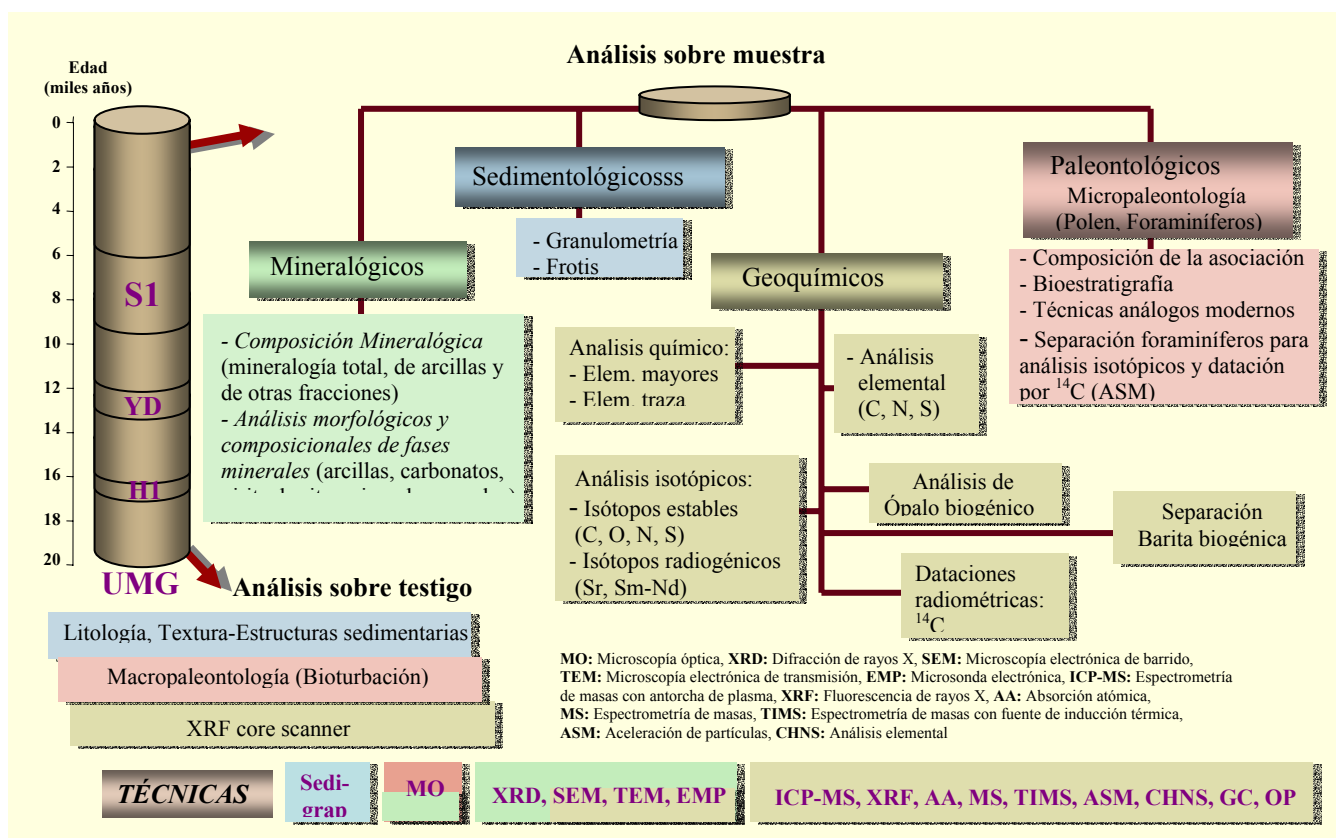


Fig. 14. Esquema resumen de los distintos tipos de análisis

11. Establecimiento de indicadores:

- a) *Régimen sedimentario*. El tamaño de grano, la composición mineralógica total, la de las asociaciones de minerales de la arcilla y sus relaciones (e.g., ilita/caolinita), el tipo y proporción de minerales pesados, la concentración de elementos mayores y traza típicamente

detríticos y sus relaciones (e.g., Ti/Al, K/Al, Zr/Al, La/Lu), el tamaño de grano, y las relaciones isotópicas $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ y Sm-Nd serán utilizados como indicadores del régimen sedimentario y de las fluctuaciones en los aportes eólicos. Este tipo de indicadores han sido ya utilizados por el grupo investigador del proyecto REN2000-0798 (e.g., Martínez-Ruiz et al., 2000, 2003), y su fiabilidad y aplicabilidad han sido también demostradas por diversos autores en reconstrucciones de tipo paleoclimático (e.g., Hamroush & Stanley, 1990; Gallet et al., 1998; Wehausen & Brumsack, 1998, 1999; Kroom et al., 1999). Su interés radica en que tanto el régimen sedimentario y tipos de aportes como las variaciones en aportes eólicos son una indicación directa de las condiciones de humedad y precipitación. Así por ejemplo, durante el intervalo de tiempo comprendido entre los 6000 y 9000 años el cambio climático hacia condiciones de mayor humedad y precipitación ha podido establecerse, entre otros, a partir de estos indicadores: el aumento de las relaciones ilita/caolinita o la disminución de la relación Zr/Al en sedimentos del Mediterráneo Oriental de esta edad ponen de manifiesto la disminución de aportes eólicos. Al mismo tiempo la disminución de las relaciones La/Lu o las fluctuaciones en la relación $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ demuestran el menor volumen de aportes procedentes del margen africano como consecuencia de este cambio climático y el desarrollo de abundante vegetación en zonas actualmente desérticas (e.g., Hamroush & Stanley, 1990; Gallet et al., 1998; 1999; Kroom et al., 1999; Martínez-Ruiz et al., 2000). Todo ello permitirá por tanto establecer las respuestas de la litosfera y atmósfera a la variabilidad climática (objetivo 5.d).

- b) *Productividad*. A pesar de que el aumento de las concentraciones de CO_2 atmosférico debido a las emisiones de gases invernadero puede suponer una grave alteración del sistema climático, como ya se ha mencionado, es un hecho que son nuestros océanos, ocupando la mayor superficie del planeta, los que finalmente pueden regular estas concentraciones de CO_2 , y ello en función de la productividad oceánica (e.g., del Giorgio & Duarte, 2002). Conocer, por tanto, las variaciones en productividad es esencial para conocer cual ha sido la respuesta oceánica a la variabilidad climática. En el tiempo presente avances tecnológicos como las imágenes de satélite, permiten conocer de forma directa variaciones en la productividad. Sin embargo, para entender la respuesta oceánica a la variabilidad climática y conocer variaciones en la productividad a una escala mayor es necesario el uso de indicadores indirectos. A pesar de que han sido muy diversos los indicadores utilizados, tales como el contenido de materia orgánica en sedimentos, composición isotópica de dicha materia orgánica o asociaciones fósiles, su uso ha estado siempre condicionado por su preservación. Las investigaciones realizadas en la búsqueda de indicadores más fiables han puesto de manifiesto que un mineral de Ba, la barita, no está sujeta, en medios lo suficientemente oxigenados, a procesos de alteración que la hayan eliminado del registro sedimentario. Tanto en el registro sedimentario como en medios actuales, una alta concentración de Ba se asocia a una alta tasa de productividad biológica (e.g., Dehairs et al., 1987; Schmitz, 1987; Dymond et al., 1992) cuando ésta deriva de barita originada en la columna de agua oceánica (Dehairs et al., 1987; Dymond et al., 1992; Paytan et al., 1993, 1996, 2002). Este mineral se ha convertido pues en un indicador directo y fiable de la productividad y circulación oceánicas, del clima y, en general, de la evolución de la vida en los océanos. Proporciona a su vez información sobre todos aquellos factores que controlan y afectan a los ciclos del C, S y O, y por ello también sobre la atmósfera. Aunque tradicionalmente se ha utilizado únicamente el contenido en Ba en sedimentos para establecer variaciones en la productividad, para demostrar que este enriquecimiento en Ba se debe a un aumento de la productividad biológica, es necesario demostrar que el alto contenido en Ba se debe a la presencia de barita biogénica originada en la columna de agua (Paytan et al., 1993, 1996, 2002) y no a un aumento en el aporte de Ba detrítico o a una concentración de tipo diagenético. Dado que el ciclo biogeoquímico del Ba está aún pobremente comprendido, ya que los mecanismos de precipitación del Ba en aguas oceánicas son poco conocidos, se están realizando actualmente estudios muy novedosos sobre precipitación bacteriana en colaboración con el grupo de los Dres. M.T. González y J.M. Arias del Departamento de Microbiología de la Universidad de Granada y se ha demostrado *por primera vez* la precipitación de este mineral por bacterias (González-Muñoz et al., 2003). A escala mayor del tiempo presente conocer el ciclo del C se basa en conocer el funcionamiento del ciclo del Ba (dada la preservación de la barita en el registro sedimentario frente a la pobre preservación de la materia orgánica). Además del Ba/barita biogénica se usarán otro tipo de indicadores como: *composición isotópica del C y N* (carbonatos y materia orgánica), contenido en *materia orgánica*, *asociaciones fósiles* y contenido en *ópalo biogénico*, pero siempre integrados con estudios detallados sobre barita biogénica. Este tipo de indicadores permitirá establecer la respuesta

oceánica a la variabilidad climática e investigar las interrelaciones entre productividad y cambio climático así como investigar ciclos biogeoquímicos.

- c) *Oxigenación*. El establecimiento de indicadores que ofrezcan información sobre la oxigenación de los medios de depósito es fundamental para establecer modelos de paleocirculación y con ello la respuesta oceánica a la variabilidad climática en relación con el objetivo 5.c.v. Para ello se utilizarán parámetros como la salinidad y otros indicadores tales como: la propia preservación de fases minerales como la barita, el contenido en Mn y metales traza (Co, Mo, Ni, Cu, Zn etc.), las relaciones U/Th, Cr/Ni, V/Ni, U/Th y el contenido en uranio autigénico (Wignall & Maynard, 1993; Jones & Manning, 1994), la presencia de framboides de pirita y su tamaño y textura (Wilkin et al., 1996, 1997) que permiten discriminar entre ambientes anóxicos u oxigenados y los contenidos en I y Br. Las relaciones Br/I y I/C_{org} constituyen un indicador directo de la oxigenación del medio de depósito (Calvert & Pedersen, 1993) ya que la concentración de estos elementos en sedimentos está únicamente controlada por el contenido en materia orgánica y las condiciones de oxigenación. El Br se encuentra siempre asociado a la materia orgánica, mientras que el I sólo lo hace en condiciones oxigenadas. Este comportamiento se debe a que el ion IO₃⁻ se adsorbe en moléculas orgánicas mientras el I⁻ no lo hace. Además de ello se utilizarán datos suministrados por las asociaciones fósiles (foraminíferos bentónicos).
- d) *Contaminación*. Las concentraciones de elementos traza típicamente contaminantes como el Pb, se usarán para evaluar los posibles aumentos en sedimentos muy recientes. Los resultados ya obtenidos muestran por ejemplo que los niveles de Pb han aumentado sensiblemente en sedimentos superficiales. En este sentido se relacionarán estos datos con los de asociaciones fósiles para evaluar la posible sensibilidad de los ecosistemas marinos a los efectos de la contaminación antropogénica.
- e) *Alteración diagenética*. La concentración de elementos especialmente sensibles a alteraciones diagenéticas como el caso del Mn, así como los resultados de los estudios de microscopía electrónica sobre preservación de microfósiles y posible desarrollo de minerales de alteración secundaria se utilizarán para establecer la posible alteración del registro sedimentario, aunque dado que se trata de sedimentos muy recientes no es previsible que ésta sea significativa.

12. Cronología y bioestratigrafía. Los resultados de dataciones por ¹⁴C y datos bioestratigráficos de asociaciones fósiles permitirán datar (de manera absoluta y relativa) todas las variaciones climáticas reconocidas, base esencial para la reconstrucción paleoclimática y el análisis de la ciclicidad.

D. INTEGRACIÓN Y CORRELACIÓN

- 8. Análisis de la ciclicidad en los registros marinos:** *Análisis de la ciclicidad en los registros marinos.* El carácter cíclico manifestado por algunos de los componentes del sistema climático puede ser utilizado como herramienta para entender el clima pasado y presente, así como para *predecir* su evolución futura. Son conocidos fenómenos cíclicos que afectan a los distintos subsistemas climáticos en el rango de las altas frecuencias, con periodicidades comprendidas entre el día y los 10⁴ años (dejando al margen fenómenos de mayor escala, superior a los 10⁴ años). Ciclos orbitales menores o iguales al año se relacionan con cambios gravitacionales en el sistema Luna-Tierra (ciclos mareales) y con variaciones en la energía recibida desde el Sol (ciclos solares), que afectan directamente al medio marino (ritmos de mareas, variaciones en la temperatura, salinidad y nutrientes, etc.) y continental (variaciones estacionales), hasta el punto de afectar al propio crecimiento de los seres vivos (Richardson, 2001). Ciclos orbitales comprendidos entre el año y los 10⁴ años se relacionan con fenómenos de origen diverso, que afectan a la circulación de las aguas, la actividad solar, o las condiciones atmosféricas: Fenómeno del Niño (entre 1 y 10 años; Damnati & Taieb, 1995), manchas solares (ciclo solar de c. 11 años; Damnati & Taieb, 1995; Miliana & Lopez, 1998), variaciones en la órbita lunar (ciclo Lunar Nodal, c. 18 años), cambios magnéticos (ciclo Hale, c. 22 años; Damnati & Taieb, 1995; Miliana & Lopez, 1998), ciclos solares (c. 200 años; von Rad et al., 1999; Bárcena et al., 2002), y variaciones en la circulación de la thermohalina (ciclos de 1.000 a 2.400 años; Bond et al., 1997; Chapman & Shackleton, 2000). En este sentido, el análisis matemático detallado (correlación de datos, análisis espectral, etc.), de los diferentes datos obtenidos (sedimentológicos, geoquímicos,

isotópicos, mineralógicos, paleontológicos, etc.), se utilizará para caracterizar el registro de estos fenómenos cíclicos desde el UMG.

9. **Impacto humano.** Cambios climáticos significativos desde el UMG han tenido una repercusión clara en el desarrollo de las civilizaciones. Así por ejemplo el abandono de la actividad cazadora y el paso a la agricultura o la domesticación ha estado en algunos casos influenciada por cambios climáticos significativos como el “Younger Dryas” (Weiss & Bradley, 2001). De igual modo cambios drásticos en la densidad de población, o movimientos de poblaciones han tenido su origen en cambios climáticos. En el caso del Mediterráneo, las variaciones en la actividad de los monzones, por ejemplo, han tenido consecuencias claras en el desarrollo de las civilizaciones (e.g., Bar-Matthews et al., 1999; Cullen et al., 2000). En el caso de cambios climáticos rápidos y abruptos las consecuencias han podido ser aun más acusadas. Establecer por tanto la rapidez, amplitud y duración de estas variaciones puede ayudar a entender la evolución de sociedades pasadas. En el caso concreto de la Península Ibérica, el paso de las comunidades de cazadores-recolectores del Tardiglaciario a las formas económicas productoras en el Holoceno se produce de modo desigual. Determinados grupos humanos continúan -al parecer en nichos ecológicos concretos- con modos económicos predadores contemporáneamente al desarrollo productor de otras comunidades que se ubican en ambientes similares (e.g., Asquerino, 1977; Zvelebil, 1986; Hernando, 1999). Esa dualidad de comportamiento pudo estar producida por cambios ecológicos que en determinadas zonas impidieran la continuidad de los modos predadores forzando en cierta forma la adopción del pastoreo y/o cultivo –más el primero que el segundo- como medios de subsistencia. La documentación esgrimida para detectar el cambio ha sido fundamentalmente el equipamiento material cerámico, sin hacer uso de otros datos. El conocimiento de la variabilidad climática y cambios medioambientales (especialmente ocurridos entre 9000 y 7000 años BP) permitiría un mejor entendimiento de la diversidad de modos económicos así como explicar de forma coherente la dualidad subsistencial antes mencionada.
10. **Impacto en la vegetación.** En muy estrecha coordinación con el Subproyecto 3 se abordará también el impacto que la variabilidad climática ha tenido en el desarrollo de la vegetación en la Península a partir del estudio de los registros polínicos en los testigos marinos estudiados. Para ello se cuenta con la colaboración del Dr. J.S. Carrión, que una vez preparadas las muestras colaborará en su estudio y en la interpretación de resultados.
11. **Correlación con registros de otras regiones.** Todos los datos obtenidos y las curvas de variación se correlacionarán con los registros paleoclimáticos obtenidos en otras regiones: tropicales, casquetes de hielo, etc.
12. **Correlación con registros lacustres y espeleotemas.** La correlación con los registros se menciona específicamente en el apartado correspondiente sobre coordinación (véase 3.4 para más detalle).
13. **Predicción.** El mejor conocimiento de las respuestas de los distintos subsistemas climáticos puede contribuir, como se ha señalado en apartados anteriores, a la predicción de estas respuestas en caso de cambios climáticos futuros. Además, el estudio de variaciones cíclicas permitirá establecer esperables variaciones futuras.
14. **Elaboración de publicaciones y difusión de resultados.** El plan de difusión se recoge en el apartado 5 de esta Memoria, y lógicamente se pretende dar la máxima difusión a los resultados obtenidos, así como transferirlos a los sectores socioeconómicos interesados

* **Solicitud de personal en formación:** El Subproyecto 1 solicita la inclusión del mismo en el Programa de Formación de Investigadores y en el de Formación de Técnicos.

En el primer caso el equipo solicitante se considera con el *tamaño* y la *capacidad formativa* adecuados para la incorporación de becarios (véase apartado 7 de esta Memoria), lo cual redundaría, además, en la explotación de los resultados y en la obtención de mayores beneficios del Proyecto. Una aproximación de alta resolución, tan detallada y multidisciplinar como la que este Proyecto plantea, conlleva un gran volumen de trabajo que se desarrollaría de forma más eficaz contando con el trabajo de investigación de personal investigador en formación. Por otra parte, existen aspectos del Proyecto que requieren una investigación específica y que no pueden ser abordados en detalle sin menoscabo del trabajo general del Proyecto. En este sentido, cabe citar la

importancia de diversos temas que podrían ser seleccionados como objeto de la realización de una Tesis Doctoral, como son:

- a) El ciclo biogeoquímico del Ba: Si bien en las últimas décadas se han producido avances sustanciales en el conocimiento de la composición química de los océanos, y se conocen los ciclos biogeoquímicos de numerosos elementos, los mecanismos de precipitación del Ba en aguas oceánicas son poco conocidos, y puesto que la barita es un indicador de las condiciones oceánicas como se ha mencionado anteriormente, el entendimiento del ciclo biogeoquímico de este elemento se considera uno de los pilares esenciales para abordar estudios de cambio global y estudios específicos al respecto supondrían un indudable valor añadido al Proyecto solicitado.
- b) Aportes eólicos: A pesar de los avances en la investigación sobre partículas eólicas y respuestas atmosféricas a la variabilidad climática en el pasado, no todos los indicadores de este tipo de aportes en el registro sedimentario están bien estudiados y/o explotados, una investigación más específica en el marco de un proyecto predoctoral supondría igualmente un gran valor añadido al Proyecto que se solicita.
- c) Reconstrucción de salinidades y paleocirculación: Finalmente y aunque son muchos los temas que el Proyecto puede ofrecer como investigación predoctoral, también la estimación de parámetros como la salinidad y la temperatura, y a su vez el establecimiento de condiciones de paleocirculación constituiría un tema de gran interés en caso de ser desarrollado en detalle en el marco de una Tesis Doctoral.

En cuanto a la solicitud de personal técnico, no cabe duda de que el Proyecto requiere de una gran dedicación al trabajo de laboratorio (véase Metodología y Plan de trabajo) y por ello la solicitud queda sobradamente justificada. Son muy diversas las técnicas a utilizar, desde cuestiones básicas relacionadas con la preparación de muestras, al uso de complejos equipos de análisis, lo que permitiría una *formación sumamente diversificada* del personal técnico. La mayoría de las técnicas utilizadas son comúnmente usadas en la industria (en control de calidad de materiales de construcción, prospección de recursos no renovables etc.). Los técnicos que adquirieran experiencia en las técnicas y metodologías que el Proyecto incluye abarcarían un amplio espectro de posibilidades, que les facilitaría la búsqueda de trabajo en el sector privado y obviamente en relación con la investigación. En relación con este último punto, la aproximación multidisciplinar que el Proyecto plantea cubre buena parte de las técnicas utilizadas en las investigaciones en Ciencias de la Tierra y de los Materiales. A su vez se alcanzaría un *beneficio mutuo*, ya que el Proyecto se beneficiaría del trabajo de estos técnicos, con el consiguiente ahorro de tiempo del personal investigador en tareas de laboratorio que en muchos casos han de cubrirse debido a *la falta de personal técnico*. El volumen de muestras que se pretende analizar requiere gran cantidad de horas de trabajo para las que no se dispone de personal técnico suficiente, lo cual repercute negativamente en el deseable desarrollo de los proyectos de investigación. La oportunidad que la solicitud brinda se considera excepcional en este sentido ya que pueden alcanzarse así óptimos resultados.

Tabla 6. Cuadro resumen de los métodos/tareas aplicados y los resultados e información obtenidos en relación con los objetivos propuestos.

MÉTODOS/TÉCNICAS/TAREAS	RESULTADOS (ANALÍTICOS)	INFORMACIÓN/INDICADORES O PARÁMETROS	RELACIÓN CON OBJETIVO
TRABAJO A BORDO			
Perfilador de fondo, cámara submarina, side scan sonar, sísmica	Topografía submarina, morfología del fondo, perfiles sísmicos	Información para seleccionar puntos de muestreo	1
Apertura y descripción de testigos	Caracterización de facies, color	Régimen sedimentario y alteración diagenética	1
Medidas de susceptibilidad magnética	Perfiles de susceptibilidad magnética	Propiedades del sedimento	1
TRABAJO DE LABORATORIO SOBRE TESTIGO CONTINUO			
Descripción detallada	Texturas y estructuras	Régimen sedimentario	3
XRF Core scanner	Análisis multielemental	Régimen sedimentario, oxigenación, alteración diagenética	3
TRABAJO DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS			
Preparación de frotis	Caracterización de facies	Régimen sedimentario	3, 4
Sedigraph	Granulometría y facies	Régimen sedimentario y aportes eólicos	3, 4
Microscopía óptica	Asociaciones fósiles (clasificación y separación), descripción de frotis	Taxonomía y Bioestratigrafía, régimen sedimentario, productividad, evolución comunidades, salinidad, temperatura, circulación	3, 4
Analizador TOC (CHNS)	Contenido en carbono orgánico (N y S)	Productividad, oxigenación, alteración diagenética	2, 3, 4
Difracción de rayos X	% minerales (mineralogía total y de la arcilla) y parámetros cristalográficos	Régimen sedimentario y aportes eólicos	3, 4
MÉTODOS/TÉCNICAS/TAREAS			
RESULTADOS (ANALÍTICOS)			
SEM, TEM, EMP	Morfología y Composición de fases minerales, preservación de microfósiles	Régimen sedimentario, alteración diagenética, paleoclima	3, 4
Espectrometría de Masas (Isótopos estables)	Composición isotópica O, C en carbonatos, C y N en materia orgánica y S en barita y pirita	Productividad, oxigenación, circulación, ciclos biogeoquímicos	2, 3, 4
Fluorescencia de rayos X	Composición elementos mayores y traza	Régimen sedimentario, aportes eólicos, oxigenación, productividad, ciclos biogeoquímicos, contaminación antropogénica	2, 3, 4
Absorción atómica	Análisis de Fe y Mn	Oxigenación y paleocirculación	3, 4
Análisis químico secuencial	Separación de barita y análisis de ópalo biogénico	Productividad biológica, ciclos	3, 4

		biogeoquímicos	
TIMS	Relaciones isotópicas del Sr y Sm-Nd	Régimen sedimentario y aportes eólicos	2, 3, 4
Ataque químico secuencial	Determinación del contenido en barita, ópalo y preparación muestras para Palinología	Productividad biológica, desarrollo de la vegetación	2, 3, 4
ASM (Datación por ¹⁴ C)	Edades absolutas	Geocronología	2, 3, 4
TRABAJO DE GABINETE			
Tratamiento de datos	Elaboración de curvas climáticas		3, 4, 5
Recopilación de datos arqueológicos e históricos	Cambios históricos	Correlación de datos	3, 4, 5
Tratamiento matemático	Establecimiento de parámetros numéricos	Tasas de sedimentación, salinidad, temperatura, tasa de acumulación de barita biogénica	3, 4, 5
Establecimiento de indicadores	Indicadores de productividad, oxigenación, régimen sedimentario y alteración diagenética	Régimen sedimentario, productividad, oxigenación, paleocirculación, contaminación antropogénica	2, 3, 4, 5
Calibración de indicadores	Indicadores de productividad, oxigenación, régimen sedimentario y alteración diagenética	Validación de indicadores	2
Integración e interpretación	Interpretación de resultados	Curvas climáticas, ciclicidad, impacto humano y ambiental, correlación, predicción	4, 5

Referencias del Subproyecto 4

- Asquerino, M.D. 1977: Notas sobre periodización del Neolítico español: el proceso de neolitización y el horizonte cardial. *Actas XIV Congr. Nnal. Arqueología (Vitoria, 1975)*: 231-240.
- Bárceña, M.A., Isla, E., Plaza, A., Flores, J.A., Sierro, F.J., Masque, P., Sánchez-Cabeza, J.A. and Palanques, A. 2002. Bioaccumulation record and paleoclimatic significance in the Western Bosphorus Strait. The last 2000 years. Deep-sea research part II-Topical studies in oceanography, 49(4-5): 935-950.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kaufman, A. and Wasserburg, G.J. 1999. The Eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel. *Earth and Planetary Science Letters*, 166: 85-95.
- Berger, W.H. and Gardner, J.V., 1975. On the determination of Pleistocene temperatures from planktonic foraminifera. *Journal of Foraminiferal Research*, 5, 102-113.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., deMenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. and Bonani, G. 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278: 1257-1266.
- Cacho, I., Grimalt, J. O. and Canals, M. 2000. Response of the western Mediterranean sea to rapid climatic variability during the last 50,000 years: a molecular biomarker approach. *Journal of Marine Systems*, 33-34: 253-272.
- Calvert, S.E. and Pedersen, T.F. 1993. Geochemistry of Recent oxic and anoxic marine sediments: Implications for the geological record. *Marine Geology*, 113: 67-88.
- Chapman, M.R. and Shackleton, N.J. 2000. Evidence of 550-year and 1000-year cyclicities in North Atlantic circulation patterns during the Holocene. *Holocene*, 10(3): 287-291.
- Cullen, H.M., de Menocal, P.B., Hemming, S., Hemming, G., Brown, F.H., Guiderson, T. and Sirocko, F. 2000. Climate change and the collapse of the Akkadian empire: Evidence from the deep sea. *Geology*, 28(4): 379-982.
- Damnati, B. and Taieb, M. 1995. Solar and ENSO signatures in laminated deposits from lake Magadi (Kenya) during the Pleistocene/Holocene transition. *Journal of African Earth Sciences*, 21(3): 373-382.
- del Giorgio, P.A. and Duarte, C.M. 2002. Respiration in the open ocean. *Nature*, 420: 379-384.
- Dehairs, F., Lambert, C.E., Chesselet, R. and Risler, N. 1987. The biological production of marine suspended barite and the barium cycle in the western Mediterranean Sea. *Biogeochemistry*, 4: 19-139.
- deMaster, D.J. 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45: 1715- 1732.
- deMenocal, P.B. 2001. Cultural responses to climate change during the Late Holocene. *Science*, 292: 667-673.
- Duplessy, J.C., et al., 1991. Surface salinity reconstruction of the North Atlantic Ocean during the last glacial maximum. *Oceanologica Acta*, 14,311-324.
- Dymond, J., Suess, E. and Lyle, M. 1992. Barium in deep sea sediment: a geochemical proxy for paleoproductivity. *Paleoceanography*, 7: 163-181.
- Gallet, S., Jahn, B., Van Vliet Lanoë, B., Dia, A. and Rossello, E. 1998. Loess geochemistry and its implications for particle origin and composition of the upper continental crust, *Earth and Planetary Science Letters*, 156: 157-172.
- González-Donoso, J. M. and Linares, D. 1998. Evaluation of some numerical techniques for determining paleotemperatures from planktonic foraminiferal assemblages. *Revista Española de Paleontología*, 13: 107-129.
- González-Munoz, M. T., Fernández-Luque, B., Martínez-Ruiz, F., Ben Chekroun, K., Arias, J. M. Rodríguez-Gallego, M. Martínez-Canamero, M. Linares, C. Paytan, A. 2003 Precipitation of Barite by *Myxococcus xanthus*: Possible Implications for the Biogeochemical Cycle of Barium. *Applied and Environmental Microbiology* 69(9), 5722-5725.
- Hamroush, H.A. and Stanley, D.J. 1990. Paleoclimatic oscillations in East Africa interpreted by analysis of trace elements in Nile delta sediments. *Episodes*, 13: 264-269.
- Haug, G.H., Hughen, K.A., Sigman, D.M., Peterson, L.C. and Röhl, U. 2001. Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone Through the Holocene. *Science*, 293: 1304-1308.
- Hernando, A. 1999. *Los primeros agricultores de la Península Ibérica*. Ed. Síntesis, Madrid.
- Hutson, W.H. 1980. The Agulhas Current during the Late Pleistocene, analysis of modern faunal analogs. *Science* 207, 64-66.
- Imbrie, J. and Kipp, N.G., 1971. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology. Application to a late Pleistocene Caribbean core. In: Turekian, K.K. (Ed.), *The Late Cenozoic glacial ages*. Yale Univ. Press, New Haven, pp. 71-131.
- Jimenez-Espejo; F. J., Martínez-Ruiz; F.; Sakamoto, T.; Ijima, K. & Harada, N. Paleoenvironmental changes in the Balearic basin since the last glacial: linking western and eastern climate responses in the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* (submitted).
- Jones, B. and Manning, D.A.C. 1994. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111: 111-129.
- Kallel, N., Paterne M., Labeyrie, L., Duplessy, J. C. and Arnold, M., 1997. Temperature and salinity records of the Tyrrhenian Sea during the last 18,000 years. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology*, 135, 97-108.
- Krijgsman, W. 2002. The Mediterranean: *Mare Nostrum* of Earth Sciences. *Earth and Planetary Science Letters*, 205: 1-12.
- Krom, M.D., Michard, A., Cliff, R.A. and Strohle, K. 1999. Sources of sediment to the Ionian Sea and western Levantine basin of the Eastern Mediterranean during S-1 sapropel times. *Marine Geology*, 160: 45-61.

- Martínez-Ruiz, F., Kastner, M., Paytan, A., Ortega-Huertas, M. and Bernasconi, S.M. 2000. Geochemical evidence for enhanced productivity during S1 sapropel deposition in the eastern Mediterranean. *Paleoceanography*, 15 (2): 200-209.
- Martínez-Ruiz, F., Paytan, A., Kastner, M., González-Donoso, J.M., Linares, D., Bernasconi, S.M. and Jimenez-Espejo, F.J. 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 190: 23-37.
- Martínez-Ruiz, F., González-Donoso, J.M., Linares, D., Jimenez-Espejo, F.J., Gallego-Torres, D., Romero, O. and Paytan, A., 2004. Respuesta de la productividad biológica marina al cambio climático: registro de alta resolución de la cuenca del mar de Alborán. *Geotemas* 6, 125-128.
- Miliana, J.P. and Lopez, S. 1998. Solar cycles recorded in Carboniferous glaci-marine rhythmites (Western Argentina): relationships between climate and sedimentary environment. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 144(1-2): 37-63.
- Müller, P. and Schneider, R. 1993. An automated leaching method for the determination of opal in sediments and particulate matter. *Deep-Sea Research*, 40: 425-444.
- Paytan, A., Kastner, M., Martin, E.E., MacDougall, J.D. and Herbert, T. 1993. Marine barite as monitor of seawater strontium isotope composition. *Nature*, 366: 445-449.
- Paytan, A., Kastner, M. and Chavez, F. 1996. Glacial to interglacial fluctuations in productivity in the equatorial Pacific as indicated by marine barite. *Science*, 274: 1355-1357.
- Paytan, A., Mearon, S., Cobb, K. and Kastner, M. 2002. Origin of marine barite deposits: Sr and S isotope characterization. *Geology*, 30: 747-750.
- Richardson, C.A., 2001. Molluscs as archives of environmental change. In: *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* (Gibson, R.N., Barnes, M. and Atkinson, R.J.A., eds.): 103-164. Taylor & Francis.
- Rostek, F. et al., 1993. Reconstructing sea surface temperature and salinity using ^{18}O and alkenone records. *Nature*, 364, 319-321.
- Schmitz, B. 1987. Barium, equatorial high productivity, and the northward wandering of the Indian continent. *Paleoceanography*, 2: 63-78.
- von Rad, U., Shaaf, M., Michels, K.H., Schulz, H., Berger, W.H. and Sirocko, F. 1999. A 5000-yr record of climate change in varved sediments from the oxygen minimum zone off Pakistan, northeastern Arabian sea. *Quaternary research*, 51(1): 39-53.
- Wang, S.W. 2005. Abrupt climate change and collapse of ancient civilizations at 2200BC-2000BC. *Progress in natural science* 15, (10) 908-914.
- Wehausen, R. and Brumsack, H.J. 1998. The formation of Pliocene Mediterranean sapropels: constraints from high-resolution major and minor elements studies. In: *Proc. ODP, Sci. Results* (Robertson, A.A.F., Emeis, K.C., Richter, C. and Carmerlenghi, A., eds.): 160: 207-218.
- Wehausen, R. and Brumsack, H.J. 1999. Cyclic variations in the chemical composition of eastern Mediterranean Pliocene sediments: a key for understanding sapropel formation. *Marine Geology*, 153: 161-176.
- Weiss, H. and Bradley, R.S. 2001. What drives societal collapse? *Science*, 291: 609-610.
- Wignall, P.B. and Maynard, J.R. 1993. The sequence stratigraphy of transgressive black shales. In: *Source rocks in a sequence stratigraphical framework* (Katz, B.J. and Pratt, L., eds.), AAPG Studies in Geology: 35-47.
- Wilkin, R.T., Barnes, H.L. and Brantley, S.L. 1996. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions. *Geochimie et Cosmochimie Acta*, 60: 3897-3912.
- Wilkin, R.T., Arthur, M.A. and Dean, W.E. 1997. History of the water-column anoxia in the Black Sea indicated by pyrite framboid size distributions. *Earth and Planetary Science Letters*, 148: 517-525.
- Zvelebil, M. [Ed.]. 1986. *Hunters in transition. Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition to farming.* Cambridge University Press.

2. Trabajo de campo: monitorización de los lagos seleccionados					
2.1. Muestreo de aguas estacional y medición de las propiedades limnológicas in situ	IPE, UCA, UPV, CHE, UCO,	JCV, MAG, AG, MR, BV, AM, MM, BS1, BS2, TS			
2.2. Recolección de muestras actuales/subactuales del contenido en polen, diatomeas, quironómidos y ostrácodos en los lagos	IPE, UACO, UB, UPV, UAB,	PG, LS, MRD, TV, RB, VR, MM, MMR, JR, BS1, BS2,			
3. Sondeos cortos. Cronología y análisis multidisciplinares					
3.1. Cronología: ²¹⁰ Pb – ¹³⁷ Cs	IPE, LRC-UMN	BV, DE			
3.2. Sedimentología, Propiedades continuas, Geoquímica, Polen, Diatomeas, Quironómidos y Ostrácodos	IPE, UCA, UB, UACO, UPV, UAB	BV, AM, MR, PM, CM, PG, LS, TV, RB, MRD, MM, MMR, JR, BS1, BS2,			
4. Sondeos largos. Análisis multidisciplinares					
4.1. Sedimentología, Propiedades continuas, Geoquímica, Polen, Diatomeas, Quironómidos, Ostrácodos y Análisis estadísticos (los responsables de cada actividad aparecen indicados en la tabla 3 del apartado de Metodología)	IPE, UCA, PU, IJA, LRC, UZ, EEZ, UACO, UM, UAB, UB	BV, PM, CM, SG, AB, MM, AM, EI, LRMC, DE, JCL, AD, PG, LS, JC, SF, VR, TV, RB, MRV, MR, BS1, BS2, TS			
4.2. Cronología (¹⁴ C AMS, series de U/Th y recuento de varvas)	IPE, LRC	BV, LRMC, MM			
5. Integración de los proxies climáticos y Calibración	IPE, todos	todos			

CAVECAL

Actividades/Tareas	Centro Ejecutor	Persona responsable y otras involucradas	Primer año (*)	Segundo año (*)	Tercer año (*)
Toma de muestras de agua (6 muestreos/año)	U. Oviedo	M. Jiménez M. J. Domínguez	X X X X X X	X X X X X X	

		H. Stoll			
Análisis de aguas (coordinado con muestreo)	U. Oviedo	H. Stoll			
	U. Málaga Limnocal	I Vadillo Equipo Málaga-Limnocal	X X X X X	X X X X X	
Toma de muestras de espeleotemas (2/año)	U. Oviedo	M. Jiménez M. J. Domínguez H. Stoll	x	x x	
	U. Oviedo; U. Li U. Malaga U. Minneapolis	H. Stoll I. Vadillo; Limnocal	x x	x x	
Datación de espeleotemas	U. Oviedo; U. Li U. Malaga U. Minneapolis	H. Stoll Equipo Limnocal	x x	x x x	
	U. Oviedo U. Malaga U. Lisboa	H. Stoll R. Trigo I. Vadillo		x x	x x x x
Integración resultados y redacción memoria final	U. Oviedo U. Malaga	H. Stoll, M. J. Domínguez, I. Vadi			x x x x
	U. Lisboa	R. Trigo M. Jiménez			

MARCAL

Actividades/Tareas	Centro Ejecutor	Persona responsable y otras involucradas	Primer año (*)	Segundo año (*)	Tercer año (*)
Descripción preliminar de testigos	IACT, UB	FMR, OR, DG, FJJE IC			
			x x	x x	
Medidas de susceptibilidad magnética	IACT, UB	FMR, OR, DGT, FJJE, IC			
			x x	x x	
Descripción detallada y muestreo	IACT, UGR, UB	FMR, OR, DGT, FJJE, IC			
			x x x x x	x x	x x x x x

5. BENEFICIOS DEL PROYECTO, DIFUSIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LOS RESULTADOS

La propuesta proporcionará contribuciones científicas y sociales únicas como resultado directo de su **enfoque interdisciplinar** para mitigar los efectos del **Cambio Global**. Desde un punto de vista científico, nuestro proyecto contribuirá al esfuerzo global por conocer la **variabilidad climática** natural y los escenarios de **futuros cambios climáticos** a escala regional mediante la integración de reconstrucciones climáticas de alta resolución, series instrumentales largas e implementación de técnicas de calibración.

Los objetivos de la investigación propuesta encajan dentro de las metas fijadas por organizaciones internacionales como PAGES y CLIVAR. Con este proyecto, proporcionaremos **reconstrucciones largas y de alta resolución** de la variabilidad climática de una región extremadamente sensible a cambios en la humedad efectiva y la dinámica atmosférica: la Península Ibérica. El mejor conocimiento de la naturaleza y cronología de estos cambios abruptos en el Mediterráneo occidental contribuirá a clarificar la correlación entre las mejor conocidas cronologías del Norte de Europa, los registros de África, y la contribución del Atlántico Norte (SST) y/o de los factores tropicales en latitudes templadas. Proporcionaremos datos para documentar la **frecuencia, resolución temporal y extensión espacial de cambios climáticos rápidos** en el pasado y para una mejor **comprensión** de los **mecanismos y forzamientos** de estos **cambios abruptos**. Se conseguirá evaluar el impacto de los eventos de Heinrich, los ciclos de Dansgaard-Oeschger, el evento de enfriamiento 8.2 ka y la variabilidad a escala de miles de años ocurrida durante el Holoceno. El **novedoso enfoque** multidisciplinar de **calibración específica de archivos** con variables climáticas actuales, proporcionará **datos cuantitativos a largo plazo** para la Península Ibérica.

El proyecto representa un formidable **esfuerzo de varios grupos de investigación** españoles por el desarrollo de una **estrategia multidisciplinar** para comprender algunos de los problemas relativos a la variabilidad climática y la respuesta de los ecosistemas a períodos de cambio climático rápido, tanto en el presente como en el pasado. El proyecto integra aspectos de las líneas de investigación incluidas en la convocatoria: **Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global**. Un grupo de expertos en series climáticas instrumentales largas se ha asociado con expertos de cambios climáticos en el pasado a partir de archivos continentales (lagos y espeleotemas) y marinos. Para conseguir esto, hemos llevado a cabo un importante esfuerzo de coordinación de actividades científicas y estrategias, siguiendo la filosofía del Programa Científico Nacional Español. Debido a la compleja naturaleza del Cambio Climático, se requiere un enfoque interdisciplinar para comprender las interacciones entre clima, acción antrópica y Biosfera-Geosfera-Hidrosfera. El beneficio principal de tal integración de actividades y estrategias será una mejor comprensión de la compleja dinámica de los sistemas climáticos, imposible con indicadores individuales, conjuntos de datos limitados o solamente datos instrumentales.

Los resultados generados por el proyecto se transferirán a: i) **modelizadores climáticos** que podrán desarrollar mejores modelos informáticos y comprobar escenarios de cambio climático pasado y futuro; ii) **agencias gubernamentales**, que podrán utilizar estos resultados en el desarrollo de políticas para hacer frente al Cambio Global y gestionar algunos de los impactos previstos en los ecosistemas peninsulares y en la economía española; iii) **Parques Naturales y Parques Nacionales** donde se ubican algunas de las áreas de estudio, para contribuir a una mejor gestión de los recursos naturales y del medio ambiente; iv) la **comunidad científica** de la Paleoclimatología, por las implicaciones globales de los descubrimientos en la variabilidad climática de la Península Ibérica.

Todos los datos generados por el proyecto serán documentados y enviados al "World Data Center for Paleoclimatology", en el "National Geophysical Data Center" (Boulder, Colorado (EE UU)). Para conseguir la máxima difusión de los resultados, está previsto continuar publicando nuestros datos en revistas internacionales y congresos científicos. El grupo tiene un importante historial de publicaciones internacionales y también de participación en iniciativas nacionales para la divulgación científica a investigadores y al público en general. Entre ellas, encuentros nacionales y el desarrollo de una página web para la propuesta CALIBRE (<http://www.ugr.es/local/climed>; <http://www.ipe.csic.es/limnogeologia.htm>), con la publicación de resultados preliminares, conferencias públicas y charlas y colaboraciones con el personal científico y técnico de ecosistemas protegidos situados en las áreas de estudio.

Las **líneas de investigación** propuestas en este proyecto resultan muy **interesantes** para **otros subprogramas** del plan nacional. Por ejemplo, el subproyecto MARCAL de esta solicitud coordinada está muy relacionado con el *Subprograma Nacional de Ciencias y Tecnologías Marinas*, concretamente con el punto 3: *Investigación oceanográfica en el contexto del cambio global*. Además, vamos a mantener una estrecha colaboración con la solicitud titulada: *Paleodiversitas: Paleoflora y Paleovegetación Ibérica*, también presentada en esta convocatoria (*Subprograma Nacional de Biodiversidad*) por el Dr. J. S. Carrión García.

6. HISTORIAL DEL EQUIPO SOLICITANTE EN EL TEMA PROPUESTO (En caso de Proyecto Coordinado, los apartados 6. y 6.1. deberán rellenarse para cada uno de los equipos participantes) (máximo dos páginas)

♦ **Indicar las actividades previas del equipo y los logros alcanzados en el tema propuesto:**

Si el proyecto es continuación de otro previamente financiado, deben indicarse con claridad los objetivos ya logrados y los resultados alcanzados.

Si el proyecto aborda una nueva temática, deben indicarse los antecedentes y contribuciones previas del equipo, con el fin de justificar su capacidad para llevar a cabo el nuevo proyecto.

Este apartado, junto con el 3, tiene como finalidad determinar la adecuación y capacidad del equipo en el tema (y en consecuencia, la viabilidad de la actividad propuesta).

Subproyector 1: CLICAL

El Climate Change Research Group (CCRG) de la Universidad Rovira i Virgili (URV), liderado por la Dra. Manola Brunet (MB) y compuesto además por Enric Aguilar (EA), Oscar Saladié (OS), Javier Sigró (JS) y Iban García (IG), ha adquirido en la última década una gran experiencia investigadora y un amplio bagaje científico en el campo del análisis de la variabilidad climática y del cambio climático, dentro del cual se inscribe esta propuesta. La experiencia del CCRG se ha centrado principalmente en dos áreas específicas de investigación:

- Arqueología de datos y desarrollo de bases de datos instrumentales de calidad controlada y homogeneizados
- Análisis de los patrones espaciales y temporales de la variabilidad climática y su evolución

Dicha experiencia y bagaje científico están avalados por la participación en proyectos de investigación financiados y en actividades científicas internacionales. Entre estos proyectos destaca el financiado por la UE titulado “European and North Atlantic Daily to Multidecadal Climate Variability (EMULATE)”, que está enfocado al análisis de las relaciones entre los patrones de circulación atmosférica y las anomalías de temperatura superficial del mar (SSTs) en el clima de superficie europeo. La participación en este proyecto ha proporcionado al CCRG fuertes relaciones con numerosas instituciones científicas bien conocidas a nivel mundial, que se han materializado en numerosas estancias de investigación de miembros del CCRG en las siguientes instituciones: MB en la Climatic Research Unit (CRU) de la University of East Anglia (Norwich, UK), MB en el Hadley Center de la UK-Meteorological Office (Exeter, UK), o EA en el National Climatic Data Center (NCDC, Asheville, NC, USA), como aparece reflejado en los CVs de los miembros del CCRG y en el listado de publicaciones de la propuesta. En este sentido puede mencionarse aquí la activa participación del CCRG en la propuesta de Proyecto Integrado (IP) titulado “Monitoring and Assessment of Climate Change and Extremes” (MACE), coordinado por A. Klein-Tank del Royal Netherlands Meteorological Institute (RNMI,) que se ha presentado en el 6º Programa Marco de la UE, subprioridad 1.16.3 “Global Change and Ecosystems” y que ha superado con éxito la primera evaluación para su aprobación.

Tanto los proyectos internacionales como los nacionales han permitido el desarrollo de una serie de bases de datos climáticos de alta calidad para escalas espaciales y temporales diversas. En base mensual se han creado las siguientes bases de datos con registros ajustados y controlados de calidad: “Northeastern Spain Adjusted Temperatures” (NESATv.1), 19 registros de temperatura media (tmed), máxima (tmax) y mínima (tmin) y de amplitud térmica diaria (adt) correspondientes al periodo 1910-1998 (Aguilar et al., 1999; Brunet et al. 1999a-b); “Northeastern Spain Adjusted Temperatures” (NESATv.2), 23 registros tmed, tmax, tmin y adt para el periodo 1869-1998 (Brunet et al., 2001a-b; más información se puede obtener en <http://www.urv.net/centres/Departaments/geografia/clima/archive.htm>); “Northeastern Spain Adjusted Precipitation” (NESAP) 121 registros de precipitación para el periodo 1850-2000 (<http://www.urv.net/centres/Departaments/geografia/clima/archive.htm>; Saladié, 2004; 2004a-b, 2005a, 2006).; “Spanish Adjusted Temperature Series” (SATSV.1) 31 registros de tmed, tmax, tmin y adt para el periodo 1864-1999 (Brunet et al. 2001c); “Spanish Adjusted Temperature Series” (SATSV.2), formada por 96 registros de tmed, tmax, tmin y adt para el periodo 1861-1999 (Brunet et al., 2002).

También en base diaria se han reconstruido los siguientes registros y bases de datos ajustados y controlados

de calidad: presión atmosférica para el periodo 1850-2003 de La Coruña, Barcelona, Madrid, Cádiz and Sta. Cruz de Tenerife (Ansell et al., 2005); "Spanish Daily Adjusted Temperature Series" (SDATS), 22 registros tmed, tmax y tmin para el periodo 1850-2003 (Brunet et al. 2006a-b); "Spanish Daily Adjusted Precipitation Series" (SDAPS), 22 registros de precipitación diaria, periodo 1850-2003; contribución al desarrollo de "Comprehensive Aerological Reference Data Set" (CARDS), recopilación de Upper-Air Metadata Dataset 2000 en el marco del proyecto CARDS que contiene mas de 2300 estaciones de radiosondeo (Free et al., 2002); el CCRG también ha contribuido al desarrollo del "Emulate Mean Sea Level Pressure", campos de presión atmosférica de malla 1°x1° que cubren la ventana Europea y del Atlántico Norte (70° W - 50° E, 25° - 70° N) para el periodo 1850-2003 (Ansell et al., 2005; <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/emulate>); el grupo también ha participado en el desarrollo del "Emulate Daily Temperature and Precipitation Dataset", base de datos que se ha utilizado para determinar cambios en los extremos climáticos sobre Europa (Moberg et al., 2006).

A partir de estas bases de datos diarios y mensuales el CCRG ha determinado las variaciones y tendencias de la temperatura del aire y de la precipitación sobre el Noreste de la Península Ibérica, el conjunto de España, Europa, África, Centroamérica y norte de Sudamérica, Norteamérica, el Medio Este y sobre el conjunto del globo, así como el análisis de los modos de variabilidad espacial y temporal en dichas regiones.

El grupo ha producido en los últimos 5 años un considerable conjunto de publicaciones (ver bibliografía) y ha participado en numerosos congresos y reuniones científicas internacionales y nacionales, donde ha presentado sus resultados. Es destacable también que MB ha sido autor contribuidor del segundo capítulo "Observed Climate Variability and Change" del IPCC Third Assessment Report: WG1 "Climate Change 2001. The Scientific Basis."

La experiencia en el desarrollo de bases de datos homogenizados y controlados de calidad en diferentes escalas temporales ha hecho posible que miembros del CCRG hayan sido contactados por organismos internacionales para participar activamente en el desarrollo de una amplia variedad de actividades científicas.

- Para el World Climate Data Monitoring Programme (WCDMP) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2 miembros del grupo (MB y EA) han sido requeridos como expertos en la Comisión de Climatología que condujo a la publicación de la "Guidance on Metadata and Homogenization" (Aguilar et al., 2003). (<http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/docs/guide-to-metadata-homogeneity.pdf>). El WCDMP ha asignado también al CCRG la preparación de un caso de estudio para documentar los procedimientos completos para el desarrollo de bases de datos ajustados y controlados de calidad.

- También para la OMM, dentro del Proyecto CLIVAR/ Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices of the Commission for Climatology (CCI/CLIVAR ETCCDMI), EA y MB han participado en diversos talleres regionales para el desarrollo de índices de extremos climáticos: EA tomó parte como experto internacional en homogenización en Turquía en el "Workshop on Enhancing South West Asian Climate Change Monitoring and Indices", 4-9 Octubre 2004, del cual emergió un artículo multiautor (Zhang et al. 2005); EA y MB participaron como Director Científico y como experta internacional, respectivamente, en el taller regional "Monitoring and analysing climate change and extreme índices over Central America and north South America" realizado en la ciudad de Guatemala, 8-12 Noviembre 2004. Artículos relacionados: Aguilar et al. (2005) and Alexander et al. (2005).

- Para el Atmosphere Observation Panel for Climate (AOPC)/Ocean Observation Panel for Climate (OOPC): MB fue invitada a realizar un conferencia sobre "El potencial para el rescate de datos climáticos y de presión del aire de las fuentes de la Biblioteca del Observatorio del Ebro" en el 3rd AOPC/OOPC Surface Pressure Working group Meeting realizado en el Hadley Center, Met Office, Exeter, UK, 21/Octubre/2005. 2002 (<http://www.cdc.noaa.gov/Pressure>) (<http://www.wmo.ch/web/gcos/aopc.htm>)

- MB ha sido invitada por el Global Climate Observing System (GCOS) y ha tomado parte como experta internacional en datos y metadatos en el GCOS Regional Workshop for the Mediterranean Basin celebrado en Marrakech, Marruecos, 22-24 Noviembre 2005. Ver Brunet (2005). MB ha sido elegida para coordinar el proyecto GCOS Data Rescue (DARE) para el conjunto de la cuenca del Mediterráneo

- MB ha sido designada como codirector del Open Programme Area Group II (OPAG II): "Monitoring and Analysis of Climate Variability and Change" de la Commission for Climatology de la OMM en la XIV Reunión del CCI, Pekín, China, 3-9 Noviembre del 2005

Referencias representativas Subproyecto 1

- Aguilar, E., Auer, I., Brunet, M., Peterson, T.C. Y Weringa, J. (2003): *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*, World Climate Programme Data and Monitoring, WMO-TD no. 1186, World Meteorological Organization, Geneva, 51 pp.
- Aguilar, E., López, J.M, Brunet, M., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (1999): “Control de Calidad y Proceso de Homogeneización de Series Térmicas Catalanas”, in Raso, J.M. and Martín-Vide, J. (Eds.): *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau y Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 1, Barcelona, 15-23.
- Aguilar, E., T. C. Peterson, P. Ramirez Obando, R. Frutos, J. A. Retana, M. Solera, J. Soley, I. Gonzalez Garcia, R. M. Araujo, A. Rosa Santos, V. E. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Alvarez, M. Bautista, C. Castañón, L. Herrera, E. Ruano, J. J. Sinay, E. Sanchez, G. I. Hernandez Oviedo, F. Obed, J. E. Salgado, J. L. Vazquez, M. Baca, M. Gutierrez, C. Centella, J. Espinosa, D. Martinez, B. Olmedo, C. E. Ojeda Espinoza, R. Nuñez, M. Haylock, H. Benavides, And R. Mayorga, (2005): “Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America”, *Journal of Geophysical Research* (in press)
- Alexander Lv, Zhang X, Peterson Tc, Caesar J, Gleason G, Klein Tank A, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Ambenje P, Rupa Kumar K, Revadekar J, Griffiths G, Vincent L, Stephenson D, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez-Aguirre JI. (2005): “Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation”, *Journal of Geophysical Research* (in press).
- Ansell, T., Jones, P.D., Allan, R., Lister, D., Parker, D., Brunet, M., Moberg, A., Jacobeit, J., Broham, P., Rayner, N.A., Aguilar, E., Barriendos, M., Brandsma, T., Cox, N.J., Della-Marta, P.M., Drebs, A., Founda, D., Gerstengarbe, F., Hickey, K., Jónsson, T., Luterbacher, J., Nordli, O., Oesterle, H., Petrakis, M., Philipp, A., Rodwell, M.J., Saladié, O., Sigró, J., Slonosky, V., Srnec, L., Swail, V., García-Suárez, A.M., Tuomenvirta, H., Wang, X., Wanner, H., Werner, P., Wheeler, D. and XOPLAKI, E. (2005): “Daily mean sea level pressure reconstructions for the European-North Atlantic region for the periode 1850-2003”, *Journal of Climate* (in press)
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. and Lóez, D. (2001c): “The Spanish diurnal warming. A different pattern to the detected on a global scale”, XVI General Assembly of the European Geophysical Society, Nice.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (1999a): “Variaciones y tendencias contemporáneas de la temperatura máxima, mínima y amplitud térmica diaria en el NE de España”, in Raso, J.M. and Martín-Vide, J. (Eds.): *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau y Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 1, Barcelona, 103-112.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. and López, D. (1999b): “Evolución térmica reciente de la región catalana a partir de la construcción de series climáticas regionales”, in Raso, J.M. and Martín-Vide, J. (Eds.): *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau y Asociación Española de Climatología, Serie A, nº 1, Barcelona, 91-101.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladie, O., Sigró, J. And López, D. (2002): Warming phases in long-term Spanish temperature change, En 13th Symposium on global change and climate variations, 13-17 January 2002, Ed. American Meteorological Society, Orlando, Florida, USA, 30-32.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (2001a): “The variation and trends of the surface air temperature in the Northeastern of Spain from middle nineteenth century onwards”, in BRUNET, M. and LÓPEZ, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change and Associated Impacts*, Springer, Berlín-, 81-93.
- Brunet, M., Aguilar, E., Saladié, O., Sigró, J. And López, D. (2001b): “A different response of NE Spain to asymmetric trends in diurnal warming detected on a global scale”, in Brunet, M. and López, D. (Eds.): *Detecting and Modelling Regional Climate Change and Associated Impacts*, Springer, Berlín, pp. 95-102.
- Brunet, M. (2005): “Needed upgrading of climate data rescue activities over the Mediterranean countries”, in GCOS “The global climate observing system. Regional Workshop for the Mediterranean Basin”, GCOS/WMO, Geneve.
- Brunet, M., Jones, P.D., Sigró, J., Saladié, O., Aguilar, E., Moberg, A., Della-Marta, P., Lister, D., Walther, A. And López, D. (2006a): “Spatial and temporal temperature variability and change over Spain during 1850-2003”, *Journal of Geophysical Research* (under revision).

- Brunet, M., Saladié, O., Jones, P.D., Sigró, J., Moberg, A., Aguilar, E., Walther, A., Lister, D. And López, D. (2006b): "The development of a new daily adjusted temperature dataset for Spain (1850-2003)", *International Journal of Climatology* (under revision).
- Free, M., Durre, A., Aguilar, E., Seidel, D., Peterson, T.C., Eskridge, R.E., Luers, J.K., Parker, D., Gordon, M., Lanzante, J., Klein, S., Christy, J., Schroeder, S., Soden, B., Mcmillin, L. And Weatherhead, E. (2002): "Creating Climate Reference Datasets. CARDS Workshop on Adjusting Radiosonde Temperature Data for Climate Monitoring", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 83, nº 6, 891-899.
- Moberg A, Pd Jones, D Lister, A Walther, M Brunet, J Jacobeit, O Saladie, J Sigro, E Aguilar, P Della-Marta, J Luterbacher, P Yiou, Lv Alexander, D Chen, Amg Klein Tank, H Alexandersson, C Almarza, I Auer, M Barriendos, M Begert, H Bergström, R Böhm, J Butler, J Caesar, A Drebs, D Founda, F-W Gerstengarbe, M Giusi, T Jónsson, M Maugeri, H Österle, K Pandzic, M Petrakis, L Srnec, R Tolasz, H Tuomenvirta, Pc Werner, H Linderholm, A Philipp, H Wanner And E Xoplaki (2006): "Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analysed for the period 1901-2000", *Journal of Geophysical Research* (in progress).
- Saladié, O. (2004): *Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000)*, Tesis de Doctorado Inédita, Universitat de Barcelona, Barcelona, 496 pp.
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2004a): "Variacions i tendència de la precipitació a les Terres de l'Ebre durant el segle XX", *Actes del IV Congrés Ibèric sobre Gestió i Planificació de l'Aigua, Fundació Nova Cultura de l'Aigua, Tortosa*, 9 pp (CD)
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2004b): "Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el Sistema Mediterráneo Catalán (1901-2000)", in García, J.C., Diego, C., Fdez De Arróyabe, P., Garmendia, C. And Rasilla, D. (Eds.): *El clima, entre el mar y la montaña*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Santander, Serie A, nº 4, 399-408.
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2005): Creación de la base de datos de precipitación mensual ajustada del Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000), *Universitat Rovira i Virgili, Tarragona* (Disponible des de <http://www.sre.urv.es/web/geografia/clima.htm>)
- Saladié, O., Brunet, M., Aguilar, E., Sigró, J. And López, D. (2006): "Variacions i tendència de la precipitació al Sector Nordoriental de la Península Ibèrica durant el segle XX", *Revista de Geografia* (in process of revision).
- Zhang X, E Aguilar, S Sensoy, H Melkonyan, U Tagiyeva, N Ahmed, N Kutaladze, F Rahimzadeh, A Taghipour, T. H. Hantosh, P Albert, M Semawi, M Karam Ali, M Halal Said Al-Shabibi, Z Al-Oulan, T Zatari, I Al Dean Khelet, S Hamoud, R Sagir, M Demircan, M Eken, M Adiguzel, L Alexander, Tc. Peterson And T Wallis (2005): Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003, *Journal of Geophysical Research*, V. 110, D22104, doi:10.1029/2005JD006181.

Subproyecto 2: LIMNOCAL

El equipo LIMNOCAL es un grupo de investigación estable y consolidado, **interdisciplinar e internacional**, con científicos de diferentes institutos e universidades:

- El **Instituto Pirenaico de Ecología**, IPE (B. Valero Garcés, A. Moreno y Mario Morellón, limnogeología; P. González-Sampériz, palinología), y el **Centro de Ciencias MedioAmbientales**, Madrid, CCMA (M. Rico), ambos pertenecientes al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- El resto de los investigadores españoles pertenecen a la **Universidad de A Coruña** (L. Santos, polen), **Universidad de Cádiz** (P. Mata y C. Martín, mineralogía, láminas delgadas, microscopía SEM y TEM), **Universidad de Córdoba** (A. J. López Barrios, gestión medioambiental), **Universitat de Barcelona** (M. Rieradevall, quironómidos; T. Vegas, diatomeas), **Confederación Hidrográfica del Ebro** (M. A. García Vera, hidrogeología) y **Junta de Castilla y León** (J. C. Vega, limnología).
- Los investigadores norteamericanos pertenecen al **Limnological Research Center** (LRC, University of Minnesota) (E. Ito, geoquímica de ostrácodos; D. Engstrom, cronología 210Pb). Además, el grupo LIMNOCAL ha mantenido una larga colaboración con otros centros de investigación internacionales como el GFZ-Postdam (Alemania, A. Brauer, microscopía, láminas delgadas), el Drilling, Observation, and Sampling of the Earth's Continental Crust, DOSECC (D. Schnurrenberger, sedimentology) y otros miembros del LRC (M. Shapley, geoquímica; y A. Norens, propiedades físicas).

El grupo LIMNOCAL también **colabora** con otros investigadores en esta propuesta: S. Giral (análisis estadístico, Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera"-CSIC), R. Bao (diatomeas, Universidad de A Coruña), J. C. Larrasoña (paleomagnetismo, Universidad de Zaragoza), J. S. Carrión y S. Fernández (polen, Universidad de Murcia), V. Rull (polen, Universidad Autónoma de Barcelona), O. Romero (ópalo biogénico, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Universidad de Granada), M. Martín y J. Fernández (Universidad del País Vasco) y A. Delgado-Huertas (isótopos, Estación Experimental El Zaidín-CSIC).

El grupo de Limnogeología y Cambio Global (<http://www.ipe.csic.es/limno.htm>) alberga este equipo interdisciplinar centrado en la **variabilidad climática y medioambiental en el Cuaternario a diferentes escalas de tiempo**. Para alcanzar este objetivo, el grupo estudia cuencas lacustres, depósitos cuaternarios, yacimientos arqueológicos, y evolución del paisaje y geomorfología. Los sondeos lacustres se analizan con un enfoque multidisciplinar, incluyendo indicadores sedimentológicos, geoquímicos y algunos biológicos (polen y ostrácodos). La colaboración con otras universidades e institutos de investigación españoles, europeos y norteamericanos ha contribuido a consolidar este grupo de investigación pluridisciplinar. La reciente incorporación de varios paleoecólogos especializados en **diatomeas y quironómidos** durante los últimos años incrementará el número de indicadores biológicos utilizados en nuestra investigación, en el marco de un estudio multidisciplinar. Así, M. Rieradevall (UB) es especialista en taxonomía, poblaciones y ecología de comunidades de quironómidos (Diptera: Chironomidae) y en su uso como paleoindicadores de cambios ambientales, especialmente en lagos de montaña de los Pirineos y los Alpes. Tiene un amplio conocimiento de la ecología de los lagos de la Península Ibérica y actualmente está trabajando en el desarrollo de un training set para la calibración y reconstrucción del paleoclima de los lagos pirenaicos y de los lagos alpinos de Austria.

Varios **estudiantes de tercer ciclo** realizan en estos momentos sus tesis doctorales en el grupo de Limnogeología y Cambio Global: Celia Martín, en el registro sedimentario de la Laguna de Zoñar (Córdoba) (directores: Pilar Mata, Universidad de Cádiz; Blas Valero Garcés, IPE), Noemí Fuentes, en la historia de la vegetación en el Sur de España (director: José S. Carrión, Universidad de Murcia) y Mario Morellón, en la paleohidrología e historia climática del Pre-pirineo mediante el estudio de registros lacustres (director: Blas Valero Garcés, IPE).

El grupo LIMNOCAL ha participado en numerosos proyectos sobre la Península Ibérica y América del Sur, siguiendo la filosofía y la estrategia científica de **PAGES** (Past Global Changes) (<http://www.pages.unibe.ch/>) y **CLIVAR** (Climate VARIability and predictability) (<http://www.clivar.org/>) (ver lista de proyectos en 6.1). En Europa, el equipo participa en varias redes de investigación como la **PEP-1 y 3** (Pole-Equator-Pole transects) (<http://www.geog.ucl.ac.uk/ecrc/pep3>), **HOLIVAR** (Holocene paleodata integration and analysis) (www.esf.org/holivar/) y proyectos **INTIMATE** (INTEgration of Ice core, MARine and TERrestrial deposits) diseñada y creada para integrar data sets de sondeos de hielo y registros marinos y lacustres para generar una serie de mapas paleoambientales de la región atlántica durante el intervalo comprendido entre el Último Máximo Glacial y el Holoceno Inferior y para estudiar las interacciones hielo-océano-atmósfera y *feedbacks* durante el último tránsito Glacial-Interglacial. En **EE UU**, el grupo mantiene estrechos vínculos con el Limnological Research Center (LRC, University of Minnesota, EE UU, <http://lrc.geo.umn.edu/>) lo que ha permitido participar en dos proyectos en el marco del programa **GLAD800** (Global Lake Drilling 800, <http://www.dosecc.org/html/projects.html>), en el Gran Lago Salado (Utah, EE UU) y en el Lago Titicaca (Perú). Varios proyectos incluyen colaboraciones con la Dra. Emi Ito (profesora y directora del LRC (University of Minnesota, EE UU) y el Dr. Larry Edwards (Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Minnesota). Nuestro grupo mantiene asimismo colaboraciones con el Institute of Rock Magnetism (IRM, University of Minnesota, EE UU) (<http://www.geo.umn.edu/orgs/irm/irm.html>) en varios lagos argentinos en el marco del programa **CAHCILA** (Climate and Human Changes In Latin America).

Durante los últimos cinco años el grupo LIMNOCAL ha participado en más de 30 **proyectos y contratos nacionales e internacionales** principalmente centrados en el estudio de la variabilidad climática en la Península Ibérica y América del Sur (ver 6.1 de esta propuesta). Los más relevantes se han ocupado del estudio del área mediterránea de la Península Ibérica (IBERARID REN 2000-1136/CLI) y la correlación entre registros marinos y continentales y sus implicaciones para el cambio climático actual y futuro (CLIBER) (ver también <http://www.ipe.csic.es/limno.htm>). El desarrollo del subproyecto LIMNOCLIBER (REN2003-09130-C02-02) fue un hito en la historia de la investigación paleolimnológica en España, ya que permitió la recuperación de sondeos, excepcionales por su longitud y calidad, en lagos de todas las áreas climáticas de la Península Ibérica. La integración de los especialistas en quironómidos y diatomeas proporcionará nuevos indicadores en el marco de un estudio multidisciplinar. El éxito y grado de coordinación entre los miembros del equipo demuestra la idoneidad y oportunidad de llevar a cabo la presente propuesta de investigación.

Nuestra investigación se ha traducido en un alto número de **publicaciones nacionales e internacionales**, así como en monografías, libros y presentaciones en congresos (ver CVs). En los últimos 5 años, el número total de artículos SCI (Earth and Planetary Science Letters, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, Geology, Quaternary International, Quaternary Research, The Holocene, J. of Paleolimnology, etc.) escritos por el equipo español es superior a 50 y al menos el 50% de estos artículos científicos "deal with the main goal of" el proyecto CALIBRE. Todos los años, nuestro grupo también participa en un amplio número de **congresos nacionales e internacionales** y seminarios para dar a conocer los resultados de nuestra investigación (ver CVs).

La presente propuesta representa una oportunidad para la correlación de paleoindicadores registrados en series de datos climáticos lacustres y datos climáticos almacenados en las series instrumentales disponibles.

Referencias representativas Subproyecto 2

- Valero-Garcés, B.L., González-Sampériz, P., Ana Navas, Javier Machín, Pilar Mata, Antonio Delgado-Huertas, Roberto Bao, Ana Moreno, José S. Carrión, Antje Schwalb, & Antonio González-Barrios. (2005) Human Impact since Medieval times and Recent Ecological Restoration in a Mediterranean Lake: The Laguna Zoñar (Spain) "Journal of Paleolimnology" (en prensa)
- Valero-Garcés, B. L., Jenny, B., Rondanelli, M., Delgado-Huertas, A., Burns, S. J., Veit, H. and Moreno, A. (en prensa) Paleohydrology of Laguna de Tagua Tagua (34°30'S) and moisture fluctuations in Central Chile for the last 46,000 years, *Journal of Quaternary Science* (en prensa)
- González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B. L., Moreno, A., Jalut, G., García-Ruiz, J. M., Martí-Bono, C., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Otto, T., and Dedoubat J. J. High-resolution climate variability in the Spanish Pyrenees for the last 30,000 yr inferred from El Portalet peatbog sequence. *Quaternary Research* (en prensa)
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J. O., Sánchez-Goñi, M. F., Shackleton, N., y Sierro, F. J. (2005). Links between marine and atmospheric processes oscillating at millennial time-scale. A multi-proxy study of the last 50,000 yr from the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea), *Quaternary Science Reviews*, 24, 1623-1636
- González-Sampériz, P; Valero-Garcés, B; Carrión, J; Peña-Monné, JL; García-Ruiz, JM & Martí-Bono, C. (2005) Glacial and Lateglacial vegetation in Northeastern Spain: new data and a review. *Quaternary International* 140-141: 4-20.
- Valero-Garcés, B.L, González-Sampériz, P., Navas, A., Machín, J., Delgado-Huertas, Peña-Monné, J.L., Sancho-Marcén, C., Stevenson, T., & Davis, B. (2004) Paleohydrological fluctuations and steppe vegetation during the last glacial maximum in the central Ebro valley (N.E. Spain), *Quaternary International*, 122, 43-55
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J. O. y Sánchez-Goñi, M. F. (2004). Millennial-scale variability in the productivity signal from the Alboran Sea record, Western Mediterranean, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 211, (3), 205-219.
- González-Sampériz, P; Montes, L. & Utrilla, P. (2003). Pollen In Hyena Coprolites from Gabasa Cave (Northern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology* nº 126: 7-15
- Valero-Garcés, B.L, Delgado-Huertas, A., Navas, A., Edwards, L., Schwalb A. & Ratto, N. (2003), Patterns of regional hydrological variability in central southern Altiplano (18-26 S) lakes during the last 500 years, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194, 319-338
- González-Sampériz, P. & Sopena Vicién, M.C. (2002). Recent Holocene palaeoenvironmental evolution in the Central Ebro Basin (N.E. Spain). *Quaternary International* vol.93/94: 177-190
- Moreno, A., Nave, S., Kuhlmann, H., Freudenthal, T., Targarona, J., Canals, M. y Abrantes, F. (2002). Productivity response in the North Canary Basin to Trade wind intensity variations during the last 250,000 years: a multi-proxy approach, *Earth and Planetary Science Letters*, 196, 3-4, 147-159
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M. A., Sánchez-Goñi, M. F., Grimalt, J. O. y Weltje, G. J., (2002). Saharan dust transport and high latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record, *Quaternary Research*, 58, 318-328
- Catalán, J.; Pla, S.; Rieradevall, M.; Felip, M.; Ventura, M.; Buchaca, T.; Camarero, L.; Brancelj, A.; Appleby, P.G.; Lami, A.; Grytnes, J.A.; Agustí-Panareda, A.; & Thompson, R. (2002) Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology* 28: 29-145.
- Valero Garcés, B.L., Arenas, C., & Delgado Huertas, (2001). Depositional environments of Quaternary lacustrine travertines and stromatolites from high altitude, Andean lakes, N.W. Argentina, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 38, 1263-1283

- Moreno, A., Targarona, J., Henderiks, J., Canals, M., Freudenthal, T. (2001). Orbital forcing of dust supply to the North Canary Basin over the last 250 kyrs. *Quaternary Science Reviews*, 20 (12), 53-65
- Rieradevall, M. & Brooks, S.J. (2001). An identification guide to subfossil Tanypodinae larvae (Insecta: Diptera: Chironomidae) based on cephalic setation. *Journal of Paleolimnology*, 25: 81-99.
- Real, M.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2000) The genus *Chironomus* in the profundal benthos of Spanish reservoirs and lakes: factors affecting their distribution patterns. *Freshwater Biology* 41: 1-18.
- Valero-Garcés, B.L., Navas, A., Machin, J., Stevenson, T. & Davis, B. (2000) Responses of a saline lake ecosystems in semi-arid regions to irrigation and climate variability. The history of Salada Chiprana, Central Ebro Basin, Spain, *Ambio*, 26 (6), 344-350.
- Valero-Garcés, B.L., González-Sampériz, P., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J. y Kelts, K. (2000). Late Glacial and Late Holocene environmental and vegetational change in Salada Mediana, Central Ebro Basin, Spain, *Quaternary International*, 73/74, 29-46
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machin, J. González, P., and Kelts, K. (2000). Quaternary paleohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain, *Sedimentology*, 47 (6), 1135-1156
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, y Ratto, N. (2000). Paleohydrological evolution of Andean saline lakes from sedimentological and isotopic records, northwestern Argentina, *Journal of Paleolimnology*, 24 (3), 343-359
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, A. & Ratto, N. (1999) Large ^{13}C enrichment in primary carbonates from Andean Altiplano lakes, Northwest Argentina. *Earth and Planetary Science Letters*, 171, 236-266
- Valero-Garcés, B.L., Grosjean, M., Schreier, H., Kelts, K., & Messerli, B. (1999). Holocene lacustrine deposition in the Atacama Altiplano: facies models, climate and tectonic forcing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 151(1-3):101-125
- Schnell, O.A.; Rieradevall, M.; Granados, I. & Hanssen, O. (1999) *A Chironomid taxa coding system for use in ecological and palaeoecological databases*. NIVA REPORT No. 3710-97, Molar Project Manual, Annex B. 19 p.
- Rieradevall, M. & Prat, N. (1999) Chironomidae from high mountain lakes in Spain and Portugal. In: Hoffrichter, O. (ed.). *Late 20th century Research on Chironomidae: An Anthology from the 13th International Symposium on Chironomidae*. Shaker Verlag, Aachen: 605-613 ISBN 3-8265-7431-1.
- Rieradevall, M.; Bonada, N. & Prat, N. (1999). Substrate and depth preferences of macroinvertebrates along a transect in a Pyrenean high mountain lake (Lago Redó, NE Spain). *Limnetica*. 127-134.
- Prat, N. & Rieradevall, M. (1995). Life Cycle and Production of Chironomidae from the Karstic Lake Banyoles (NE Spain). *Freshwater Biology* 33, 511-524.
- Camarero, L.; Catalán, J; Pla, S.; Rieradevall, M.; Jiménez, M.; Prat, N.; Rodríguez, D.; Encina, L.; Cruz-Pizarro, L.; Sánchez-Castillo, P.; Carrillo, P.; Toro, M. & Grimalt, J. (1995). Remote mountain lakes as indicators of diffuse acidic and organic pollution in the Iberian peninsula (AL:PE 2 studies). *Water, Air and Soil Pollution* 85: 487-492. Kluwer Acad. Publ.

Subproject 3: CAVECAL

En los últimos años los integrantes de esta propuesta han iniciado un conjunto de colaboraciones en el ámbito del análisis geomorfológico, ambiental y paleoclimático de las cuevas que hasta el momento se han traducido en trabajos como los de Liñán et al. (2004), Stoll et al., (2005a, 2005b) o Jiménez-Sánchez et al. (2005a, 2005b, 2005c), en los que han intervenido dos o más miembros del equipo investigador que se propone. Así, por ejemplo, la metodología de estudio de paleoclima, que Heather Stoll ha ido acumulando a lo largo de su trayectoria es de aplicación directa para el estudio que se pretende desarrollar en el contexto del proyecto CALIBRE. De este modo, en los últimos dos años, uno de los aspectos metodológicos más interesantes ha sido la instrumentalización de la cueva del Pindal, con el diseño y puesta a punto de un equipo de muestreo para la toma de aguas de goteo en cuevas del Norte de España (Cueva del Pindal, NE de Asturias), que ha permitido la toma de un registro de muestras discretas de agua durante 11 meses. Desde el punto de vista de los resultados, se aprecia un ajuste considerable de la evolución del Na al patrón de evolución del índice NAO, lo que constituye una importante base para la realización de estudios de cambio climático reciente en la zona (Stoll et al., 2005a, 2005b).

Por otra parte, la experiencia en el análisis regional de la geomorfología y evolución cuaternaria de la Cordillera Cantábrica en general y de las cuevas costeras cantábricas en particular que ha desarrollado Montserrat Jiménez en colaboración con María José Domínguez Cuesta y con Heather Stoll constituye ineludiblemente la base

necesaria para conocer el medio físico del entorno en que se debe desarrollar un estudio paleoclimático a partir de espeleotemas. Así, se han dado los primeros pasos en la evolución paleoclimática de la Cordillera Cantábrica mediante el empleo de indicadores geomorfológicos y geocronología que han permitido plantear una de las hipótesis básicas para este proyecto, como es la búsqueda de evidencias de un máximo glaciario más antiguo de 18 ka (Jiménez-Sánchez y Fariás, 2002) o la inferencia de episodios lluviosos a partir del análisis de movimientos en masa (Domínguez Cuesta et al, 1999 y Jiménez Sánchez et al., 1999; *Geomorphology*), resultados que constituyen una base comparativa con los registros presentes en espeleotemas. También se han realizado conjuntamente avances en los aspectos geocronológicos y evolutivos de la cueva del Pindal que hasta el momento reúne los datos geocronológicos más antiguos de cavidades en este sector del Norte de la Península (Jiménez-Sánchez et al. 2005b, 2005c).

Además de estas colaboraciones, los investigadores tienen larga experiencia con especialidades complementarias esenciales para el estudio propuesto. Así, **Heather M. Stoll** tiene amplia experiencia en el uso de la geoquímica de carbonatos en estudios del paleoclima. Esta experiencia incluye el desarrollo y calibración de nuevas herramientas geoquímicas para el estudio de cambios climáticos, que se ha enfocado más recientemente en las proporciones de Mg/Ca y Sr/Ca en el carbonato producido por cocolitofóridos, importantes productores primarios marinos (trabajos publicados en *Geochemistry, Geophysics, Geosystems, Global y Planetary Change, Paleoceanography, Earth and Planetary Science Letters*). También ha trabajado con estudios de cambios climáticos en el Cuaternario, desarrollando modelos numéricos de cambios en ciclos geoquímicos provocados por variaciones en el nivel del mar durante los ciclos glaciares (artículos en *Geoquímica et Cosmoquímica Acta*). Otros estudios utilizan la química de isótopos estables y elementos menores en carbonatos para investigar cambios climáticos en el pasado (publicados en *Science, GSA Bulletin, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*). Su experiencia analítica con medidas de carbonatos y aguas incluye el uso extensivo de espectrometría de absorción atómica, ICP-AES, ICP-MS, y espectrometría de masas con fuente de gases para medidas de isótopos estables, y SIMS.

Montserrat Jiménez tiene una amplia experiencia en geomorfología de distintas áreas de la Cordillera Cantábrica. Ha participado en proyectos que abordan la relación entre Geomorfología y Cambio Climático, como el proyecto TESLEC (Temporal stability and activity of landslides in Europe with respect to Climatic Change), financiado por la CE, en el que colaborando con **María José Domínguez Cuesta** se estableció la relación entre fenómenos de inestabilidad de laderas y cambio climático en el Holoceno y la actualidad (Domínguez Cuesta et al, 1999 y Jiménez Sánchez et al., 1999; *Geomorphology*). Por otra parte, ha dirigido un proyecto financiado por la CICYT dentro del II Plan Regional de Investigación (PP-REC-98-03), sobre Cambio Climático y Evolución Cuaternaria en el Parque Natural de Redes (Asturias), que permitió reconstruir la deglaciación en la zona y proporcionó evidencias geocronológicas de un máximo glaciario más antiguo de 18 kyr BP. Los resultados se publicaron en la revista *Geodinámica Acta*, (Jiménez Sánchez y Fariás, 2002) y en las actas de diversos congresos de ámbito nacional e internacional (Ruiz Zapata et al., 2002a, 2002b; Jiménez-Sánchez et al., 2002a). En el ámbito concreto de las cuevas, donde se plantea realizar el presente proyecto, ha dirigido dos contratos de investigación establecidos entre el Gobierno del Principado de Asturias (Consejería de Cultura; Consejería de Cultura, Comunicación Social y Turismo) en los años 1998-99 y 2003 (Referencias CN-98-216-B1. y 2003 CN-03-148 respectivamente). Los resultados de estos proyectos se recogen en publicaciones y comunicaciones en congresos que incluyen el análisis hidroquímico-ambiental de la cueva de Tito Bustillo (Jiménez-Sánchez et al., 2002b; Liñán et al. 2004) y distintos aspectos relacionados con el estudio geomorfológico y evolución cuaternaria de ambas cuevas (Jiménez-Sánchez et al. 2002c, 2004a, 2004b) y, junto con **M^a José Domínguez Cuesta**, en el establecimiento de metodologías de estudio geomorfológico en cavidades kársticas (Jiménez-Sánchez et al. 2004c, 2005a), que creemos indispensables para la realización de estudios paleoclimáticos.

Finalmente, **Iñaki Vadillo** posee una dilatada experiencia en el estudio del comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de los sistemas kársticos del sur de España (Andreo et al., 1999; Andreo et al., 2000; Carrasco et al., 2001; Andreo et al., 2002) y de las modificaciones hidroquímicas e isotópicas producidas durante episodios de contaminación (Vadillo et al., 1999; Vadillo, 2004; Vadillo et al., 2005a, b). El estudio de estos sistemas kársticos se ha enriquecido con los proyectos realizados en cavidades kársticas, entre las que cabe destacar, por su magnitud e importancia turísticas, la Cueva de Nerja; donde se han realizado estudios encaminados a reconocer el impacto de las visitas en el sistema climático de la cavidad y la hidrodinámica e hidroquímica de las aguas de goteo (Carrasco et al., 1995; Carrasco et al., 1999; Vadillo et al., 2001). Ya en el terreno concreto de los espeleotemas, ha aplicado una de las técnicas que se plantea utilizar en este proyecto (LIBS) para la caracterización espacial de elementos paleoclimáticos (Vadillo et al., 1998).

Referencias representativas Subproyecto 3

- Andreo, B.; Carrasco, F.; Cuenca, J.; Téllez, A. y Vadillo, I. (1998): El karst en los mármoles alpujárrides de las Sierras Blanca y Mijas. En: Karst en Andalucía (J.J. Durán y J.J. López Martínez, Editores), 131-143.
- Andreo, B.; Carrasco, F.; Durán, J.J.; Fernández, G.; Linares, L.; López-Geta, J.A.; Mayorga, R. and Vadillo, I. (2000): Hydrogeological investigations for groundwater exploitation in the Sierras Blanca and Mijas (Málaga, southern Spain), *Hydrogéologie*, 3: 69-83.
- Andreo, B.; Carrasco, F.; Bakalowicz, M.; Mudry, J. y Vadillo, I. (2002): Use of hydrodynamic and hydrochemistry to characterise carbonate aquifers. Case study of the Blanca-Mijas unit (Málaga, southern Spain), *Environmental Geology*, 43(4): 108-119.
- Carrasco, F.; Andreo, B.; Benavente, J. y Vadillo, I. (1995): Chemistry of the water in the Nerja Cave system (Andalusia, Spain). *Cave and Karst Science*, 21 (2): 27-32.
- Carrasco, F.; Andreo, B.; Durán, J.J.; Vadillo, I. y Liñán, C. (1999): Human influence on the karst water of the Nerja cave (Malaga, Southern Spain). En: Human Impacts and Karst Groundwater (D. Drew y H. Hötzl, Editores). *International Contribution to Hydrogeology*, 20: 178-183.
- Carrasco, F.; Jiménez, P.; Andreo, B.; López Chicano, M.; Marín, A.; Liñán, C. y Vadillo, I. (2001): Estudio comparativo preliminar del funcionamiento hidrogeológico de varios acuíferos carbonatados de la Cordillera Bética. *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, 23: 381-391.
- Domínguez Cuesta, M. J., Jiménez Sánchez, M. y Rodríguez García, A. (1999): Press archives as temporal records in the North of Spain. *Geomorphology*, 30 (1-2): 115-123.
- Jiménez Sánchez, M., Farias, P., Rodríguez García, A. y Menéndez Duarte, R. (1999): Landslides development in a coastal valley in the North of Spain: conditioning factors and temporal occurrence. *Geomorphology*, 30 (1-2): 125-132.
- Jiménez-Sánchez, M., Ruiz Zapata, B., Farias, P., Gil García, M. J., Dorado Valiño, M., Valdeolmillos Rodríguez, A. (2002a): Paleoenvironmental research in Cantabrian Mountains: Redes Natural Park and Comella Basin. *Quaternary Climatic Changes and Environmental Crises in the Mediterranean Region*. Alcalá de Henares, 15-18 julio 2002.
- Jiménez Sánchez, M., Anadón Ruiz, S., Canto Toimil, N., Meléndez Asensio, M., y González Pérez, N. (2002b): Caracterización hidroquímico-ambiental de la Cueva de Tito Bustillo (Ribadesella, Asturias). *II Geological Symposium Nerja Cave*. 15-17 septiembre 2002. Nerja, Málaga.
- Jiménez Sánchez, M., Anadón Ruiz, S., Farias, P., García-Sansegundo, J., Canto Toimil, N. (2002c). Estudio preliminar de la Geomorfología de la Cueva del Pindal (Ribadedeva, Oriente de Asturias). *Geogaceta*, 31, 47-50.
- Jiménez-Sánchez, M., Canto Toimil, N., Anadón Ruiz, S., (2004a): Caracterización estratigráfica del relleno sedimentario de la Cueva del Pindal (Ribadedeva, Asturias): implicaciones geomorfológicas. XI Reunión de AEQUA. Oviedo, 2-4 julio 2003.
- Jiménez-Sánchez, M., Anadón-Ruiz, S., Farias, P., García-Sansegundo, J. y Canto Toimil, N. (2004b): Geomorfología de la cueva de Tito Bustillo y del macizo kárstico de Ardines (Ribadesella, Costa Cantábrica, Norte de España). *Boletín del IGME*, 2:115. pp. 257-263.
- Jiménez-Sánchez, M., Durán, J. J., López-Martínez, J., Martos, E. y Arrese, B. (2004c): Estudios geomorfológicos en cavidades kársticas de España. En: Andreo, B. y Durán, J. J. (Ed.): *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*, 333-349. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº 12. ISBN: 84-7840-551-8.
- Liñán, C., Calaforra, C. M., Cañaveras, J. C., Carrasco, F., Fernández Cortés, A., Jiménez-Sánchez, M., Martín Rosales, W., Sánchez Martos, F., Soler, V. y Vadillo, I. (2004): Experiencias de monitorización medioambiental en cavidades turísticas. En: Andreo, B. y Durán, J. J. (Ed.): *Investigaciones en sistemas kársticos españoles*, 385-429. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Hidrogeología y Aguas Subterráneas, nº 12. ISBN: 84-7840-551-8.
- Jiménez-Sánchez, M., Aranburu, A., Martos, E. y Domínguez-Cuesta, M. J. (2005a): Geomorphological maps in caves: a research in Cantabrian Coast, Northern Spain. En: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Desir, G., Guerrero, J., Lucha, P., Marín, C. y García-Ruiz, J. M. *6th Internacional Conference on Geomorphology: Geomorphology in regions of environmental constrasts. Abstract Volume*. Zaragoza (7-11 septiembre 2005), p. 226. D.L. Z-2. 162/2005.
- Jiménez-Sánchez, M., Bischoff, J., Stoll, H., Aranburu, A. (2005b): A geochronological approach for cave evolution in the Cantabrian Coast (Pindal Cave, NW Spain). En: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M., Desir, G., Guerrero, J., Lucha, P., Marín, C. y García-Ruiz, J. M. *6th Internacional Conference on Geomorphology*;

- Geomorphology in regions of environmental constrasts. Abstract Volume. Zaragoza (7-11 septiembre 2005)*, p. 225. D.L. Z-2. 162/2005
- Jiménez-Sánchez, M., Ruiz-Zapata, M. B., Gil-García, M. J., Bischoff, J. L., Aramburu, A. y Stoll, H. (2005c): Evolución cuaternaria de cuevas en la Costa cantábrica: investigaciones en el relleno sedimentario de la cueva del Pindal (NO de España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 36. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Stoll, H. M., and D.P. Schrag, "Coccolith Sr/Ca as a new indicator of coccolithophorid calcification and growth rate". *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 1, 1-24, 2000.
- Stoll, H. M. and D. P. Schrag. "High resolution stable isotope records from the Upper Cretaceous of Italy and Spain: Glacial episodes in a greenhouse planet? ", *GSA Bulletin*, 112, 308-319, 2000.
- Stoll, H. M., D. P. Schrag, and S. C. Clemens, " Are seawater Sr/Ca variations preserved in Quaternary foraminifera? ", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 3535-3547, 1999.
- Stoll, H. M. and D. P. Schrag, "Effect of Quaternary sea level cycles on the Sr budget of the ocean", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62, 1107-1118, 1998.
- Stoll, H. M. and D. P. Schrag, "Evidence for Glacial Control of Rapid Sea Level Changes in the Early Cretaceous", *Science*, 272, 1771-1774, 1996.
- Stoll, H.M, Klaas, C., Probert, I. Ziveri, P., Ruiz-Encinar, J., Garcia-Alonso, J.I. (in press) Calcification rate and temperature effects on Sr partitioning in coccoliths of multiple species of coccolithophorids in culture. *Global and Planetary Change*.
- Stoll, H.M. and Schrag, D.P. (in press). Sr/Ca variations in Cretaceous carbonates: relation to productivity and sea level changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*
- Stoll, H. M, Auer, T., Hahn, R. S., Theberge, A., , Jiménez-Sánchez, M. (2005): Can cave deposits in Northern Spain reconstruct the North Atlantic Oscillation? Geological Society of America. Abstracts with Programs, vol. 37, nº 1, p. 24. Northeastern Section, 40th Annual Meeting (March 14-16, 2005). Session Nº12: new Developments in the Late Quaternary History of the Northeastern United States and Adjacent Canada (Posters).
- Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Auer, T., Martos de la Torre, E. (2005): Variaciones temporales en la hidroquímica de goteos en la cueva del Pindal (Asturias, NO España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: "Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible". Resúmenes, 38. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Vadillo, J.M.; Vadillo, I.; Carrasco, F. y Laserna, J.J. (1998): Spatial distribution profiles of magnesium and strontium in speleothems using laser-induced breakdown spectrometry. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 361: 119-123.
- Vadillo, I.; Carrasco, F.; Andreo, B.; García de Torres, A. y Bosch, C. (1999): Chemical composition of landfill leachate in a karst area with a Mediterranean climate (Marbella, southern Spain). *Environmental Geology*, 37(4): 326-332.
- Vadillo, I., Liñan, C., Carrasco, F. y Andreo, B. (2001): Control of environmental parameters for management and conservation of Nerja Cave (Málaga, Spain). *Kras*, 49: 48-49.
- Vadillo, I. (2004): Contaminación de Acuíferos Kársticos. Investigaciones en sistemas kársticos españoles. *Hidrogeología y Aguas Subterráneas*, Vol 12. 275-296. Instituto Geológico y Minero de España.
- Vadillo, I.; Andreo, B. y Carrasco, F. (2005a): Groundwater contamination by landfill leachates in a karstic aquifer. *Water, Air and Soil Pollution*, 165 (1-4): 143- 169.
- Vadillo, I.; Soler, A.; Aravena, R. and Carrasco, F. (2005b): Application of $\delta^{34}\text{S}\text{-SO}_4$ in a study of groundwater contamination by landfill leachate in a carbonated aquifer (Marbella, South Spain). Sixth International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Praga (República Checa), 11 al 16 de Septiembre de 2005.

Subproject 4: MARCAL

El **SUBPROYECTO 4** del Proyecto coordinado que se solicita representa la continuación del proyecto REN2003-09130-CO2-01 (Climate variability in the Iberian Peninsula since the last glacial maximum reconstructed from high-resolution marine records: global correlations, environmental impacts and implications for understanding present and future climate changes.) con aproximadamente 2 años de vigencia en la actualidad, y que a su vez es continuación de un proyecto previo (REN2000-0798: *Indicadores geoquímicos y bióticos de la variabilidad climática en el Mediterráneo occidental durante los últimos 20.000 años*) cuya solicitud representó la formación de este grupo de investigación hace 5 años.

La investigación de los **Dres. J.M. González Donoso** y **D. Linares** se centra, desde hace casi treinta años, en los foraminíferos planctónicos. Además de estudios taxonómicos y bioestratigráficos convencionales, los basados en análisis cuantitativos con fines biométricos y paleoceanográficos han dado lugar a trabajos sobre la paleoceanografía del Mediterráneo Occidental, en los que se establecen una serie de metodologías adecuadas para la estimación de variables ambientales de las aguas superficiales (temperatura, salinidad y productividad) mediante técnicas de análisis multivariante (e.g., González-Donoso & Linares, 1998 y González-Donoso et al., 2000). La **Dra. F. Martínez-Ruiz**, investigadora principal del Proyecto REN2000-0798, el vigente REN2003-09130-CO2-01 y el que se solicita, tiene amplia experiencia en el campo de la geoquímica y mineralogía de sedimentos marinos y sus aplicaciones en paleoceanografía y paleoclimatología. Especialista en indicadores de productividad biológica, oxigenación y régimen sedimentario, así como en geoquímica isotópica (isótopos estables y radiogénicos). Además de los proyectos mencionados, ha participado en otros sobre las cuencas del Mar de Alborán y Surbaleares y en campañas del ODP y de otros Programas (TTR-UNESCO). Sus estudios de alta resolución sobre sedimentos recientes del Mediterráneo aportaron las primeras pruebas geoquímicas sobre variaciones en la productividad biológica y oxigenación durante periodos de cambio climático significativo (e.g., Martínez-Ruiz et al., 1999, 2000, 2003, 2004; Alonso et al., 1999, Emeis et al., 2000; Paytan et al., 2004).

Los **Dres. M. Ortega Huertas** e **I. Palomo** poseen experiencia en el estudio de cambios en la biosfera y en los niveles de CO₂ atmosférico en el tránsito Cretácico-Terciario. En concreto, sobre las condiciones de oxigenación y productividad biológica, factor que desempeña un papel esencial en la regulación de la composición isotópica del CO₂ disuelto en el océano. Los trabajos de estos autores inciden también en la concreción de nuevos criterios mineralógicos y geoquímicos para la evaluación precisa de cambios ambientales (véase CV). La **Dra. M.D. Asquerino**, reconocida especialista en estudios arqueológicos, supone un apoyo fundamental para alcanzar los objetivos relacionados con el impacto de la variabilidad climática en la evolución humana en la Península. La **Dra. A. Paytan** (ver CV) es considerada actualmente una de las mejores especialistas mundiales en ciclos biogeoquímicos. Su curriculum científico puede considerarse excepcional, con diversos artículos en revistas tan prestigiosas como **Science** o **Nature**, además de otras más específicas pero de igual prestigio en su campo. Desde el año 2000 ha consolidado un grupo de investigación en la Universidad de Stanford y sin duda su participación en el Proyecto solicitado supone un considerable valor añadido. El **Dr. S. Bernasconi**, es especialista en estudios paleoclimáticos y dirige desde hace años el laboratorio de Isótopos estables del ETH-Zentrum (Zurich, Suiza). Su productividad científica es también muy elevada (véase CV), con numerosos trabajos publicados en los últimos años en relación con el Mediterráneo y las áreas de interés para este Proyecto, por lo que éste se beneficia enormemente de su participación. Finalmente el Dr. Oscar Romero supone igualmente una aportación importante ya que cuenta con una brillante trayectoria como especialista en paleoceanografía y más concretamente en análisis de ópalo biogénico y estudios de diatomeas (véase CV). **F.J. Jiménez-Espejo** and **D. Gallego-Torres**, becarios en el proyecto vigente defenderán en breve su tesis Doctoral y han obtenido durante la realización de la misma un importante volumen de datos, algunos de ellos ya publicados y otros se incluyen en numerosos trabajos en preparación. Ambos han realizado estancias en centros de reconocido prestigio internacional en colaboración con miembros del equipo investigador y otros especialistas con los que se colabora como el Dr. Bötcher del MPIMM Universidad Bremen (Alemania).

El proyecto que se solicita se ve además reforzado con la incorporación al grupo de los **Dres. A. López Galindo**, **I. Cacho** y **T. Sakamoto**. El primero de ellos es un reconocido especialista en el campo de la mineralogía de arcillas (véase CV) y reconstrucciones paleoambientales a partir de estudios mineralógicos y geoquímicos. La **Dra. Cacho** es una reconocida especialista en Paleoceanografía con una dilatada experiencia en las áreas de trabajo objeto del proyecto (véase CV) por lo que su incorporación y excepcional CV suponen un indudable valor añadido. El Dr. Sakamoto es uno de los mejores especialistas a nivel mundial en análisis continuos de testigos de sedimento mediante “XRF core scanner”, habiendo desarrollado una metodología propia puesta a punto en el “Institute for Research on Earth Evolution (IFREE), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) y que formará parte del equipamiento que el nuevo buque de investigación “Chikyu” (Integrated Ocean Drilling Program).

Durante los últimos dos años se han alcanzado buena parte de los objetivos planteados en el proyecto vigente, y se prevé completarlos en el año restante de ejecución. Se han establecido: **a)** la bioestratigrafía y cronología de numerosos testigos de la cuenca del Mar de Alborán, **b)** parámetros como la salinidad y temperatura de aguas superficiales, y se han caracterizado las fluctuaciones en productividad a partir del estudio de los testigos

mencionados y otros procedentes del Este del Mediterráneo, **c)** condiciones de oxigenación y paleocirculación, así como la respuesta de las comunidades planctónicas a la variabilidad climática y **d)** el régimen sedimentario y las fluctuaciones en los aportes eólicos. En el año restante se pretende finalizar el estudio del resto de testigos propuestos, abordar un análisis integrado de ciclicidad y elaborar curvas climáticas para el Mediterráneo Occidental. Los resultados más novedosos se relacionan con la regionalidad de las respuestas climáticas, lo que sirve de punto de apoyo para nuevas investigaciones a partir de estudios climáticos adaptados a las regiones geográficas de interés nacional.

Desde su creación hace 5 años, los estudios realizados por este grupo han dado lugar a la presentación de resultados en diversos congresos nacionales e internacionales (véase CV): *APLACON Conference, XXI y XXII Reunión Anual de la Soc. Esp. Mineralogía, American Geophysical Union Fall Meeting, 4th European ODP Forum, 12th Annual VM Goldschmidt Conference, European Geosciences Union, VI Congreso Geológico de España* y a diversas publicaciones en revistas del SCI: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Geochimica et Cosmochimica Acta, Clay Minerals, Clay and Clay Minerals, Applied and Environmental Microbiology, Geological Society of America SP, Chemical Geology*, otras publicaciones en revistas nacionales: *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía, Geotemas* y capítulos de libro nacionales e internacionales.

En general, se han producido avances muy significativos en la reconstrucción de condiciones paleoclimáticas en regiones del Mediterráneo Occidental, obteniéndose: variaciones en productividad biológica desde el UMG en las cuencas del Mar de Alboran, Surbalear y Balear; fluctuaciones en los partes detríticos, resultando de especial interés las variaciones en el aporte eólico; y cambios en la oxigenación de los medios de depósito. También se han logrado avances muy significativos en el estudio de ciclos biogeoquímicos poco conocidos como el del Ba, de especial importancia dada su relación con el ciclo del carbono (González-Muñoz et al., 2003; Paytan et al., 2004) en los que por primera vez se pone de manifiesto la precipitación bacteriana de barita y se obtienen los primeros resultados de composición isotópica de barita biogénica en el Mediterráneo. Tras los dos últimos años del periodo de ejecución del proyecto vigente, existen, además, numerosos trabajos en preparación, algunos para enviar en breve a revistas del JCR, los cuales recogen los logros más significativos de estos dos últimos años durante los que se han generado un importante volumen de datos y de interpretaciones paleoclimáticas.

En el apartado de Introducción también se ha mencionado la relación del grupo con otros grupos y las **colaboraciones** que se mantienen. Cabe citar pues, como *logros* la participación en **dos Proyectos europeos** (ASSEMBLAGE y PROMEES 1), y las nuevas colaboraciones que se han establecido desde que se consolidó este grupo de investigación sobre paleoceanografía y cambio global (Jamstec, Ifremer, Marx Plank etc.). También cabe destacar que este grupo ha desarrollado y puesto a punto nuevos laboratorios en el IACT; un laboratorio de geoquímica, otro de análisis de C orgánico y otro de Fluorescencia de Rayos X, habiendo sido responsable de las correspondientes peticiones de infraestructura, y estando todos ellos fundamentalmente dedicados a estudios paleoclimáticos. Las colaboraciones se ha plasmado en **Estancias de Investigación** en Centros de reconocido prestigio internacional (ETH-Zentrum-Suiza; Universidad de Stanford-EEUU; Marx Plank-Alemania; Jamstec-Japón), así como en **Campañas Oceanográficas Internacionales** (Marion Dufresne-Assemblage; Prof. Logachev-Training Through Research Program). Cabe destacar también la realización de **dos Tesis Doctorales** que finalizan en breve: una sobre variabilidad climática en el Oeste del Mediterráneo y su impacto en la evolución humana en la P. Ibérica y otra sobre acumulación de materia orgánica y sus implicaciones en los ciclos del carbono y nutrientes, esta última en colaboración con **REPSOL-YPF**.

Selected references Subproject 4

- Cacho, I., Grimalt, J. O. and Canals, M. 2000. Response of the western Mediterranean sea to rapid climatic variability during the last 50,000 years: a molecular biomarker approach. *Journal of Marine Systems*, 33-34: 253-272.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Canals, M., Saffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J., Zahn, R. 2001. Variability of the Western Mediterranean sea surface temperatures during the last 25,000 years and its connection with the northern hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* 16, 40-52.
- Jimenez-Espejo, F. J., Martinez-Ruiz, F.; Sakamoto, T.; Ijima, K. & Harada, N. Paleoenvironmental changes in the Balearic basin since the last glacial: linking western and eastern climate responses in the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* (submitted). Jimenez-Espejo, F. J., Martinez-Ruiz, F.; Sakamoto, T.; Ijima, K. & Harada, N. Paleoenvironmental changes in the Balearic basin since

- the last glacial: linking western and eastern climate responses in the Mediterranean. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* (submitted).
- Martínez-Ruiz, F., Kastner, M., Paytan, A., Ortega-Huertas, M. and Bernasconi, S.M. 2000. Geochemical evidence for enhanced productivity during S1 sapropel deposition in the eastern Mediterranean. *Paleoceanography*, 15 (2): 200-209.
- Martínez-Ruiz, F., Paytan, A., Kastner, M., González-Donoso, J.M., Linares, D., Bernasconi, S.M. and Jimenez-Espejo, F.J. 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 190: 23-37.
- Martínez-Ruiz, F., González-Donoso, J.M., Linares, D., Jimenez-Espejo, F.J., Gallego-Torres, D., Romero, O. and Paytan, A., 2004. Respuesta de la productividad biológica marina al cambio climático: registro de alta resolución de la cuenca del mar de Alborán. *Geotemas* 6, 125-128.

6.1 FINANCIACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA (PROYECTOS Y CONTRATOS DE I+D) DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO INVESTIGADOR

Debe indicarse únicamente lo financiado en los últimos cinco años (2000-2004), ya sea de ámbito autonómico, nacional o internacional.

Deben incluirse las solicitudes pendientes de resolución.

CLICAL

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
1. Seguimiento estacional del cambio climático en Cataluña a partir de datos meteorológicos	2	Dr. J. Martin Vide Dr. Diego López Bonillo	51.617,32	CIRIT	2001-2003 C
2. European and North Atlantic Daily to Multidecadal Climate Variability (EMULATE)	1	Dr. Philip Jones (Coord.), Dr. Manola Brunet (socio español)	150.231	UE EVK2-2001-00313	2002-2005 C
3. Evaluación y minimización del sesgo incorporado en las series más largas de la temperatura del aire en España asociado al cambio en la exposición de los termómetros (SCREEN)	1	Dra. Manola Brunet	20.500	CICYT REN2002-00991/CLI	2002-2005 C
4. Análisis espacio-temporal de la variabilidad de la precipitación diaria. Análisis del cambio a largo plazo de la precipitación en España. Modelización de sus episodios extremos en la cuenca del Ebro (ANETPREX)	1	Dr. Jesús Abaurrea	29.000	CICYT REN2002-00009/CLI	2002-2005 C
5. Recuperación y digitalización de datos diarios de estaciones meteorológicas españolas del siglo XIX (RECUPERA)	1	Dra. Manola Brunet	11.600	Ministerio Medio Ambiente (INM)	2003 C
6. Monitoring and Assessment of Climate change and Extremes (MACE)	1	Dr. A.M.G. Klein-Tank Dr. Manola Brunet (socio español)	-	UE. FP6. Sixth Framework Programme Sub-Priority 1.1.6.3 "Global Change and Ecosystems". Aceptado en primera ronda	2005 S
7. La creación de una Base de Meta Datos Relacional y la extensión temporal de las series más largas de presión atmosférica, temperatura y precipitación. Hacia una mejor detección y caracterización espacio-temporal del cambio en el comportamiento extremo del clima	1	Dra. Manola Brunet	-	CICYT	2006 S

8. Advances in Homogenisation Methods - an integrated approach	1	Dr. Olivier Mestre	-	European Cooperation in the field of Scientific and Technical research (COAST)	2006 S
--	---	--------------------	---	--	-----------

LIMNOCAL

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
Paleoclimatology of the Central Andes	1	Heinz Veit	246.098,439	Fundación Nacional de la Ciencia (Suiza) National Swiss Foundation	C:Sept. 1997 - Sept. 2000
Development of a Global Lake Drilling Facility with Pilot testing in Bonneville Basin (GLAD)	1	Kerry Kelts, Dennis Nielson, Steven Colman, Walter Dean, Andy Cohen.		National Science Foundation (EE UU) y International Continental Drilling Program - Potsdam.	C:1999-2000
Periodos áridos en la zona Mediterránea de la Península Ibérica desde el último máximo glacial: cronología, caracterización e implicaciones paleoclimáticas. IBERARID	0	Blas L. Valero Garcés	51.020,4	DGCYT	C:2000-2003
Origen de solutos y evolución paleohidrológica en sistemas lacustres cuaternarios con influencia hidrotermal (Altiplano de los Andes Centrales). ANDESTER	1	Alberto Sáez	82.939,66	DGCYT	C:Mayo 2002-Mayo 2005
Quaternary Paleoclimate records from tropical South America: Lake Titicaca.	1	Paul Baker, Geoff Seltzer & Sheri Fritz		NSF EE UU	C:2000-2004
Evolución ambiental y efectos del impacto antrópico en el complejo lagunar de Bujaraloz-Sástago. Bases científicas para la conservación y el desarrollo sostenible de las Saladas de Los Monegros	1	Blas L. Valero Garcés	24.009,6	Diputación general de Aragón	C:2002-2004

Acción Especial: Sondeos en Lago Chungará (Chile)	1	Conxita Taberner y Blas L. Valero Garcés	18.007,2	CICYT	C:2002
Sr isotopes to gauge climatic vs. Tectonic effects on carbonate sedimentation in continental basins	1	Elizabeth Gierlowski-Kordesch		National Science Foundation EE UU	C:2002-2004
El corredor del Valle del Ebro como vía de comunicación hacia el sur en el paso del Tardiglacial al Holoceno	1	Pilar Utrilla Miranda		CICYT	C:1998-2001
Protección y divulgación del patrimonio cultural en el parque de la Sierra de guara: El caso de la cueva de Chaves	2	Pilar Utrilla Miranda		Diputación General de Aragón	C:1998-2000
Santuarios rupestres frente a lugares de hábitat	2	Pilar Utrilla Miranda		CICYT	C:2002-2005
Implantación y desarrollo de las comunidades agrarias en Aragón durante la Prehistoria reciente	2	Jose M ^a Rodanés Vicente		Diputación General de Aragón	C:2002-2005
Pautas y procesos de cambio vegetal y umbrales de vulnerabilidad del bosque mediterráneo	2	José S. Carrión García	115.550	CICYT	2003-2006
International Marine Global Change Studies (IMAGES)	1	Dr. Joan O. Grimalt (Barcelona); Dr. M. Sarnthein (Alemania, coordinador general)		Comisión Europea	C:2000-2002
GRANDES (Procesos de inestabilidad sedimentaria en márgenes continentales e insulares españoles: los megadeslizamientos del Ebro y de Canarias)	2	Miquel Canals Artigas	92.315	CICYT	C: 1998-2001
Fenómenos extremos en el registro sedimentario de lagos en contexto volcánico-hidrotermal activo - LAVOLTER	1	Conxita Taberner, Santiago Giralt	140.000	CICYT	C: Dic 2004- Dic 2007

Acción Complementaria: Establecimiento de una red piloto para el inicio de la red española de observaciones temporales de ecosistemas (REDOTE).	2	Fernando Valladares	15.000	CICYT	C: 2005-2006
ALTER-NET: Policy process and knowledge transfer in Natura 2000 implementation.	2	Fernando Valladares (coordinador español)		Comisión Europea	C: 2004-2007
Acción Complementaria IBERLIMNO: "Registros lacustres de alta resolución en España"	1	Blas L. Valero Garcés	12.000	CICYT	C:2005-2006
Cambio global durante el Cuaternario reciente en la Península Ibérica: el registro sedimentario de la Laguna del Cañizar (Villarquemado, Teruel)	1	Blas L. Valero Garcés	47.194	Diputación General de Aragón	C.2006-2008
Hydrological and Limnological Response of Iberian Karstic lakes to Holocene climate change and human impact.	1	Emi Ito Blas L. Valero Garcés	300.000	NSF (USA)	S: 2006-2009
Establecimiento de historias termales en cuencas y zócalos (Cordillera Ibérica y Pirineos Meridionales) mediante termocronología de huellas de fisión y otras herramientas geocronológicas y mineralógicas.	3	Luis C. Barbero González	48.000	CICYT BTE - 2002-04168-03-02	2003-2005 (c)
Análisis Del Registro Magnético En Materiales Pleistocenos Y Holocenos De Interés Arqueológico	1	Manuel Calvo rathert	25.000	Consejería de Educación y Ciencia. Junta de Castilla y León.	(2006-2008) S
Respuestas ecológicas del microbentos a la acumulación de macroalgas nitrófilas en sedimentos intermareales: Senescencia y diagénesis temprana.	1	Alfonso Corzo Rodriguez	140.000	CICYT	(2007-2010) S
Climate history as recorded by ecologically sensitive Arctic and Alpine lakes in Europe during the last 10,000 years: A multy-proxy approach (CHILL-10,000)	1	Dr. A. KORHOLA (U. Helsinki, Finland)	3380.6	Environment and Climate EU	1998-2001 (C)
EMERGE: European mountain lake ecosystems: regionalisation, diagnostics and socio-economic evaluation.	1	Dr. S. PATRICK (UCL, London)	333.963	EVk1-CT-1999-00032. CEE. Environment.	2000-03 (C)

Seguiment ambiental del Pla Delta sobre els sistemes naturals	2	Dra. M. Rieradevall (para los subproyectos 1 y 2) Coord. General: Dr. G. Llorente (UB)	(Subproyectos 1 y 2) 53.161,61	Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Direcció General de Boscos i Biodiversitat	2003-2005 (C)
El estado ecológico de los ríos mediterráneos del nordeste de la península Ibérica: Ríos en zonas fuertemente urbanizadas o agrícolas.	3	Dr. N. PRAT (Univ. Barcelona)	35879.7	CICYT HID98-0323-C05-01.	1998-2001 (C)
GUADALMED 2: Estado ecológico de los ríos mediterráneos de la comunidad valenciana. Regionalización ecológica, estaciones de referencia y métodos predictivos de evaluación de la calidad.	3	Dra. M. RIERADEVALL	34869.23	Plan Nacional de I+D. Proyecto REN2001-3438-C07-03	2001-2004 (C)
AJSA_ Ajuntament de Sabadell	3	Dr. N. PRAT	17700	Ajuntament de Sabadell	1999-2003(C)
Estat ecològic dels rius rieres del riu Ter	3	Dr. N. PRAT	22237	Consorci Alba-Ter	2000-2002(C)
Qualitat ecològica de les aigües dels rius de la província de Barcelona	3	Dr. N. PRAT	33855,66	DIBA	2001-2002(C)
Qualitat ecològica de les aigües dels rius de la província de Barcelona	3	Dr. N. PRAT	33055	DIBA	2002-2003 (C)
Estat ecològic dels ecosistemes aquàtics del Parc de Collserola	3	Dr. N. PRAT	34858	Consorci Parc de Collserola	2002-2005(C)
Qualitat ecològica de les aigües dels rius de la província de Barcelona	3	Dr. N. PRAT	33055	DIBA	2003-2004 (S)

Biogeografía de los Tricópteros en el Mediterráneo occidental: aspectos históricos y ecológicos que afectan a la biodiversidad en los ecosistemas acuáticos mediterráneos	3	Dr. N. PRAT (Univ. Barcelona)	11665	Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), Programa de Cooperación Interuniversitaria entre España y Marruecos 70/04/P/E	2004-2005 (C)
Conservación de la biodiversidad frente al calentamiento global en las Tierras Altas de Guayana (Norte de Sudamérica)	1	Valentí Rull	159.504	Fundación BBVA	2005-2007
Factores forçadores globais versus locais e evolução pós tardiglaciár de estuários e lagunas do SW Português	1	M. C. Freitas (Universidade de Lisboa)	180.000	Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT. Antigua JNICT), Ministério da Ciência e da Tecnologia, Portugal (código: PDCTM/P/MAR/15231/1999)	2002-2003
The International Marine Past Global Changes Study (IMAGES)	1	L. Labeyrie, J.-L. Turon y F. Grousset (Université Bordeaux 1)		Comunidad Europea, DGO, UMR-CNRS 5805, Université Bordeaux 1, PNDEC (CNRS-INSU)	1995-2004
Evaluación de la escorrentía de terrenos agrícolas como factor de contaminación de ecosistemas fluviales	2	M. T. Taboada Castro	71.070	D.G.E.S.I.C., Ministerio de Ciencia y Tecnología (código: REN2003-08143 HID)	2003-2006

CAVECAL

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
Improving the utility of proxies from coccolith chemistry: calibration and analytical advances	1	Heather Stoll	47.000	National Science Foundation (EEUU)	2004-2006
Testing the climate-weathering feedback on the carbon cycle over Quaternary monsoon cycles in the Bay of Bengal	1	Heather Stoll	50.000	American Chemical Society Petroleum Research Fund	2004-2007

Coccolithophorid Ecology and Evolutionary Biodiversity Network (CODENET)	1	Jeremy Young (Natural History Museum, London)	3.000.000	European Community	1997-2001
Geomorfología de la Cueva de Tito Bustillo y su entorno (Ribadesella)	1	Montserrat Jiménez Sánchez	11.693	Consejería de Cultura, Comunicación y Turismo del Principado de Asturias.Ref. CN-03-148	julio-diciembre 2003
Ocean Circulation in the Tropical Pacific: A Geochemical and Modeling Study	2	Daniel P. Schrag	220.000	National Science Foundation (EEUU)	1997-2001
Actividad sismotectónica, estructura litosférica y modelos de deformación Varisca y Alpina en el Noroeste de la Península Ibérica. AMB98-1012-C02-02	3	J. Alvarez Pulgar	90.000	CICYT AMB98-1012-C02-02	1998-2001
Caracterización hidrogeológica de acuíferos carbonatados del sur de España a partir de sus respuestas naturales. Aplicación a la cartografía de vulnerabilidad a la contaminación	2	Francisco Carrasco Cantos	18.030,36	Dirección General de Investigación Científica y Técnica (PB98-1397)	1-1-1999 a 1-1-2002
Atenuación natural y soluciones en la remediación de sitios de deposición final de desechos sólidos	3	Roger Amilcar González Herrera (Universidad Autónoma de Mérida, Yucatán)	104.205,69	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)	01/01/1999 a 01/01/2002
Protección de recursos hídricos en acuíferos de Andalucía y norte de Marruecos mediante cartografía de vulnerabilidad a la contaminación	2	Bartolomé Andreo Navarro (Universidad de Málaga) y Ali Maate (Universidad de Abdemalek Essaâdi)	16.722,22	Junta de Andalucía (A48/02(M))	22/03/2002 a 22/03/2003
Desarrollo de metodologías para la protección de aguas subterráneas en áreas kársticas. Aplicación a acuíferos del sur de España	2	Bartolomé Andreo Navarro (Universidad de Málaga)	41.860,00	(REN 2002-01797/HID) Dirección General de Investigación Científica y Técnica	01/06/2002 a 31/05/2005
Utilización conjunta de $c-13$ y c orgánico disuelto para distinguir tipos de recarga y estimar el tiempo de permanencia del agua en acuíferos kársticos. Aplicación en la protección de recursos hídricos	2	Bartolomé Andreo Navarro (Universidad de Málaga) y Jacques Mudry (Universidad de Franche Comté)	10.200,00	Dirección General de Investigación Científica y Técnica(HF2002-0158)	01/01/2003 a 31/12/2004

Aplicación de métodos de cartografía de vulnerabilidad en acuíferos kársticos de España y Alemania. Validación mediante ensayos de trazadores	2	Francisco Carrasco Cantos (Universidad de Málaga) y Heinz Hötzl (Universidad de Karlsruhe)	10.400,00	Dirección General de Investigación Científica y Técnica (HA2002-0128)	01/01/2003 a 31/12/2004
Cronoestratigrafía, morfogénesis y geoquímica de sedimentos endokársticos de la Cueva de Nerja y su entorno	1	Juan José Durán Valsero (IGME)	10.200,00	Fundación Cueva de Nerja	01/01/2003 a 31/12/2004

MARCAL

Título del proyecto o contrato	Relación con la solicitud que ahora se presenta (1)	Investigador Principal	Subvención concedida o solicitada	Entidad financiadora y referencia del proyecto	Periodo de vigencia o fecha de la solicitud (2)
			EURO		
Indicadores geoquímicos y bióticos de la variabilidad climática en el Mediterráneo occidental durante los últimos 20.000 años.	0	F. Martínez Ruiz	70.224,00	MCYT, REN2000-0798	28-12-00 a 28-12-03
Variabilidad climática y su impacto en la Península Ibérica desde el último máximo glacial: análisis de alta resolución de registros marinos e implicaciones para el entendimiento del clima presente y futuro (CLIBER)	0	F. Martínez Ruiz	138.000,00	MCYT REN2003-09130-C02-01 / CLI	12-2003 a 12-2006
Indicadores geoquímicos de cambios medioambientales. Aplicación al estudio del cambio global	1	M. Ortega Huertas	Pendiente de confirmación	Junta de Andalucía P05-RNM-00432	A confirmar inicio
EL SISTEMA DEL ARCO DE GIBRALTAR: PROCESOS GEODINÁMICOS ACTIVOS EN LOS MARGENES SUDIBÉRICOS: SAGAS-1	2	M. Comas	156.000,00	MEC, CTM2005-08071-C03-01/MAR	31-12-2005 a 31-12-2008
Estudios geológicos y geofísicos integrados en márgenes y cuencas sedimentarias del sur de Iberia: Relación entre Procesos Superficiales y Profundos en el Mar de Alborán y su Conexión con el Atlántico (MARSIBAL)	2	M. Comas	169.004,68	MCYT, REN2001-3868-C03-01-MAR	12-01 a 12-04

Alteración de ciclos geoquímicos en respuesta a eventos geológicos de carácter catastrófico. Nuevos criterios geoquímicos y mineralógicos aplicados al tránsito Cretácico-Terciario.	2	M. Ortega Huertas	41.664,00	MCYT, BTE2000-1493	20-12-00 a 20-12-03
Paleoceanografía de las aguas superficiales del Mediterráneo Occidental y tránsito Atlántico- Mediterráneo durante el Neógeno superior	2	F. Serrano Lozano	22.800	MCYT, REN2002-01059 MAR	12-02 a 12-05
ASSEMBLAGE: Assessment of the Black Sea sedimentary system since the last glacial extreme	2	G Lericolais (Francia, coordinador) y F Martínez Ruiz (responsable española)	42.880,00	UE	02-2003 a 01-2006
Promess 1: PROfiles across MEDiterranean Sedimentary Systems. Part 1	2	S Berné (Francia, coordinador) F Martínez Ruiz (participante)		UE	02-2003 a 01-2006
Mineralogía y geoquímica de los ambientes sedimentario y metamórfico	2	M Ortega Huertas	73.000,00	Junta de Andalucía, RNM179	Desde 1998
Foraminíferos planctónicos	2	J M González Donoso	42.000	Junta de Andalucía, RNM146	Desde 1998

(1) Escribese 0, 1, 2 o 3 según la siguiente clave:

0 = Es el mismo proyecto

1 = está muy relacionado

2 = está algo relacionado

3 = sin relación

(2) Escribese una C o una S según se trate de una concesión o de una solicitud.

7. CAPACIDAD FORMATIVA DEL PROYECTO Y DEL EQUIPO SOLICITANTE (En caso de Proyecto Coordinado deberá rellenarse para cada uno de los equipos participantes)

Este apartado sólo debe rellenarse si se ha respondido afirmativamente a la pregunta correspondiente en el cuestionario de solicitud.

Debe justificarse que el equipo solicitante está en condiciones de recibir becarios (del Programa de Formación de Investigadores) asociados a este proyecto y debe argumentarse la capacidad formativa del equipo. En caso de Proyecto Coordinado, debe rellenarse por cada subproyecto que solicite becarios de FPI.

Subproyecto 1: CLICAL

El hecho de que el CCRG forme parte de una institución de tamaño medio y concentre sus deberes docentes en la Licenciatura de Geografía, con un número medio de 15 alumnos por clase, ha ayudado a sus miembros a involucrarse continuamente en la dirección cercana de trabajos de curso para pre-graduados. El grupo ha probado también su capacidad en la dirección de tesis de licenciatura y doctorado, así como en la organización de actividades formativas de carácter nacional e internacional.

En los últimos años se han dirigido las siguientes tesis de licenciatura (TL) y de doctorado (TD):

TL:

- Enric Aguilar (1995): Aproximación a la caracterización estival del campo térmico. Sector de Johnson's Dock. Isla Livingston, Antártida. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 8 de Octubre de 1995, Calificación: Excelente.
- Javier Sigró (1997): Variaciones en el flujo de carbono entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres en Cataluña (1960-1989). Dirección: Dr. Manola Brunet
- Ma. J. Salmerón (2000): La influencia de la NAO en las precipitaciones invernales de la fachada costera cantábrica. Dirección: Dra. Manola Brunet
- Iban García-Borés Comas (2001): Evolución temporal de la nubosidad en Catalunya (1961-1990). Dirección: Dra. Manola Brunet
- Fernando Arcas (2001): Influencia del SOI en la variabilidad pluviométrica del SW de la Península Ibérica. Dirección: Dra. Manola Brunet
- Rafael Sánchez (2001): Reunions multinacionals dins el conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic. Dirección: Dra. Manola Brunet

TD:

- Aguilar, E. (2000): Análisis de la Variabilidad Climática en la Antártica y Deriva Térmica Reciente. Dirigida por la Dr. Manola Brunet y defendida en la URV el 23 de Febrero de 2000, Calificación: Apto Cum Laude por unanimidad.
- Saladié, O. (2004): Variaciones y Tendencia Secular de las Precipitaciones en el Sector Nororiental de la Península Ibérica (1850-2000). Dirigida por el Dr. Diego López y defendida en la Universidad de Barcelona el 22 de Enero de 2004, Calificación: Apto Cum Laude por unanimidad
- Sigró, J., (2004): Variabilidad Espacio-Temporal de la Temperatura del Aire en Cataluña. Dirigida por la Dr. Manola Brunet y defendida en la URV el 14 de Octubre de 2004, Calificación: Apto Cum Laude por unanimidad

El CCRG también ha desarrollado actividades de formación íntimamente relacionadas con sus líneas de investigación. En el marco de las mismas, ha asesorado y continúa asesorando a los siguientes colegas:

- Jonas Teixeira Nery, Departamento de Física, Universidade Estadual de Maringá (Brazil). científico visitante financiado por AECI en una estancia para realizar control de calidad y homogeneización de series climáticas españolas y brasileñas. Enero-Febrero 2001.
- Begoña Cervera, estudiante de doctorado. Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid. Visita de entrenamiento en control de calidad y homogeneización de bancos de datos, Tarragona, Abril 1999.

- Miquel Grimalt y Mercedes Laita, Universitat de les Illes Balears (Palma de Mallorca). Visita de Òscar Saladié para entrenamiento en control de calidad y homogenización de bancos de datos de temperatura y precipitación, Palma de Mallorca, Noviembre 2000.
- Elie Zihindula Kagallo, Jefe de la Rama de Climatología de Mettelsat, Kinshasa, República Democrática del Congo. Visita de entrenamiento en control de calidad y homogenización de un banco de datos de temperatura y precipitación del Congo Agosto 2001 – Enero 2002, en el marco del proyecto 2001ACCES-04
- Jorge Luis Vazquez (Jefe de la Base de Datos Climatológica de AGROASEMEX, Querataro, Mexico) visitará durante Enero de 2006 el CCRG para el aprendizaje de la metodología de control de calidad y homogenización del CCRG, que se aplicará al banco de datos diarios de AGROASEMEX.

El CCRG ha estado y continúa estando implicado en la organización de reuniones científicas y conferencias, tales como las siguientes:

- Workshop “El clima en los albores del siglo XXI”, Tarragona, Marzo 1997: André Hufty, Manola Brunet y Enric Aguilar.
- Workshop “Homogenización de series climáticas mediante el Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)”, Tarragona, Julio 1998, dirigido a expertos en climatología de la Universidad Autónoma de Madrid, Universidad Jaime I de Castellón, Universidad de Salamanca, Universidad de Santiago, Universidad de Sevilla, Universidad de Zaragoza. Impartida por Enric Aguilar y Oscar Saladié.
- Reunión Científica Internacional “Detection and Modelling of Recent Climate Change and its Effects on a Regional Scale”, Tarragona, Mayo-2000.
- Workshop “EMULATE Meeting 3”, Tarragona, 20-23 Septiembre 2004
- Workshop “Monitoring and analysing climate change and Indices over Central America and north South America”, Ciudad de Guatemala, Guatemala, 8-12 November 2004.
- Conferencia: “Conjuntando Cambio Climático y Sociedad I: Cambio Climático Observado y sus impactos, con especial interés en fuegos forestales e inundaciones”, organizado por CCRG/URV/Diputació de Tarragona, a celebrar en Riudecanyes, 2-3 Mayo 2006

Tal como se ha indicado en el apartado 6 de este formulario, el CCRG ha estado involucrado en actividades formativas dirigidas a miembros de los Servicios Meteorológicos Nacionales (NMS) organizados alrededor del mundo por el Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices de la Commission for Climatology/CLIVAR Project de la WMO (CCI/CLIVAR ETCCDMI):

- MB y EA asistieron al “Workshop on climate indices in Africa”, Casablanca, Morocco, 19-25 February 2001, con 27 participantes de 17 African NMSs.
- EA participó como experto internacional en homogenización en Turquía en el "Workshop on Enhancing South West Asian Climate Change Monitoring and Indices", Alanya, Turquía, 4-9 Octubre 2004. Asistieron 12 participantes de 11 NMSs de la región.
- EA dirigió y MB tomo parte como experta internacional en cambio climático e índices de extremos en el workshop regional titulado “Monitoring and analysing climate change and extreme indices over Central America and north South America”, llevado a cabo en Ciudad de Guatemala, Guatemala, 8-12 Noviembre 2004. Asistieron 29 participantes de 16 NMSs de la región.

El conjunto de las actividades nacionales e internacionales mencionadas avalan la capacidad formativa del CCRG.

Subproyecto 2: LIMNOCAL

LIMNOCAL es un grupo multidisciplinar compuesto por miembros de diferentes centros universitarios y del CSIC, organismo que no tiene un contacto diario con estudiantes. Sin embargo, el grupo participa muy a menudo en **actividades formativas, workshops y cursos**, en colaboración con otras instituciones nacionales e internacionales. Algunos ejemplos recientes son (ver CVs para completar la lista):

- Colaboración con la European Science Foundation (programa HOLIVAR), en el curso: “Quantitative climate reconstruction and data-model comparisons”. Dr. B. L. Valero-Garcés (2003-2005)
- Participación en cursos de doctorado durante el último año: (1) “Registros paleoclimáticos Cuaternarios en el Noreste Peninsular” de la Universidad de Zaragoza (equipo del IPE-CSIC); (2) “Paleoecología y cambio ambiental” de la Universidad de A Coruña (Dra. L. Santos) (3) “Ecología Fundamental y Aplicada” de la Universidad de Barcelona (M. Rieradevall, UB)
- Participación en el master organizado por la Universidad Internacional de Andalucía (Sede Antonio Machado de Baeza): “Diversidad y Conservación de los Ecosistemas Semiáridos y Áridos”. Dra. P. González-Sampériz (2004)

Además, el grupo LIMNOCAL participa en la dirección o co-dirección de varias **Tesis Doctorales y Masters**. En este momento, los estudiantes que están siendo supervisados por algún miembro del grupo de LIMNOCAL son:

- Mario Morellón (Tesis Doctoral dirigida por el Dr. Blas L. Valero-Garcés). “Paleohidrología y cambios climáticos abruptos en la Península Ibérica desde el Último Máximo Glacial: el registro lacustre de Estaña (Huesca)” (en proceso). Universidad de Zaragoza.
- Celia Martín (Tesis Doctoral dirigida por el Dr. Blas L. Valero-Garcés y la Dra. Pilar Mata). “Cambio global desde el último máximo glacial en el sur de España: el registro paleoclimático y paleoambiental de la Laguna de Zoñar (Córdoba)” (en proceso). Universidad de Cádiz.
- Jaume Frigola (Tesis Doctoral dirigida por la Dra. Ana Moreno en co-dirección con el Dr. Miquel Canals de la Universidad de Barcelona). “Control climático sobre los aporte terrigenos a la cuenca Algero-Balear durante los últimos 50,000 años” (en proceso). Universidad de Barcelona.
- Noemí Fuentes (Tesis Doctoral dirigida por la Dra. Penélope González-Sampériz en co-dirección con el Dr. José S. Carrión de la Universidad de Murcia). “Pautas y procesos de cambio vegetal y umbrales de vulnerabilidad del bosque mediterráneo en reservorios naturales de fitodiversidad. Una perspectiva paleoecológica” (en proceso). Universidad de Murcia.
- Osman López-Pastor (Master dirigido por Dr. Blas L. Valero-Garcés). “El registro sedimentario de la presa romana de Muel (Zaragoza)”. Calificación: Excelente (9/10). Universidad de Zaragoza.

El equipo de LIMNOCAL es una **referencia internacional** como grupo de investigación paleolimnológica. Por ello, la capacidad formativa de este grupo en el estudio de sondeos lacustres viene confirmada por el hecho de que varios estudiantes universitarios europeos (Universidad de Gante, Bélgica; Universidad de Trier y Göttingen, Alemania; Universidad de Burdeos, Francia) hayan realizado una estancia en el IPE para conocer las técnicas empleadas en el análisis de registros lacustres, tomar muestras de los sondeos disponibles para diferentes análisis y ser aconsejados por el equipo de LIMNOCAL. Además, el grupo ha asesorado una Tesis Doctoral de la Universidad de Berna (Suiza, Dra. Betinna Jenny).

El grupo está compuesto por jóvenes científicos con un importante número de **contactos internacionales**. De hecho, dos miembros del Limnological Research Centre de la Universidad de Minnesota participan en este grupo: la Dra. Emi Ito y el Dr. Dan Engstron. Además de los licenciados, algunos investigadores post-doctorales están siendo tutelados dentro del grupo LIMNOCAL. Por ejemplo, el Dr. B. Valero-Garcés ha supervisado la actividad de dos investigadoras post-doctorales (las Dras. A. Moreno y P. González-Sampériz) y la Dra. E. Ito está actualmentedirigiendo el trabajo de cuatro investigadores post-doctorales.

Este escenario supone una excelente oportunidad para la formación académica y científica de nuevos estudiantes recién licenciados, ya que pasarían a formar parte de un equipo multidisciplinar con importantes contactos internacionales. Esta situación es ideal para llevar a cabo una Tesis Doctoral co-dirigida, en un tema complejo que necesita de la colaboración de numerosos especialistas. Por ello, el grupo de LIMNOCAL es adecuado para recibir becarios del “Programa de Formación de Investigadores” y para facilitar su participación en todas las fases de los análisis paleoclimáticos multidisciplinares en registros lacustres, desde la toma de sondeos y el variado trabajo de laboratorio, hasta la elaboración e integración de los resultados (tanto de indicadores geológicos como biológicos) para su aplicación e identificación en las fluctuaciones climáticas. La totalidad de estas actividades a escalas internacional, nacional y local prueban la capacidad del grupo LIMNOCAL para tener y preparar becarios en el campo de investigación de este proyecto. La capacidad de la institución receptora (IPE-CSIC) proporciona una tutoría excepcional para estudiantes pre-

doctorales, asegurada por otra parte por las facilidades, investigación y enseñanza de los científicos involucrados en el proyecto.

Por otra parte, un miembro del personal de la UB del grupo de LIMNOCAL (concretamente la Dra. María Rieradevall), ha sido co-directora de una Tesis Doctoral ya terminada, y tiene dos más en curso sobre “Macroinvertebrates and disturbance ecology in Mediterranean rivers”. También ha dirigido 4 proyectos de investigación final de carrera y 2 más están actualmente en curso (ver CV). El más relevante relacionado con este proyecto es uno titulado ‘Comunitats subfòssils de quironòmids de llacs dels Pirineus’, de Rosa Casanovas. La Dra. Rieradevall forma parte del grupo de investigación consolidado FEM (Freshwater Ecology and Management-UB). El grupo ha dirigido 3 Tesis Doctorales en los últimos 5 años y 10 más están actualmente en curso (3 de ellas estarán terminadas a finales de 2006). Además, 10 estudiantes asociados a proyectos de investigación han obtenido el Diploma de Estudios Avanzados (DEA) dentro del programa de doctorado en Ecología y desde 2004 en el de interuniversidad (UB-UdG-CSIC).

La Dra. Rieradevall imparte junto a otros especialistas un curso de post-grado titulado “Reconstrucciones Paleambientales”, y un curso de doctorado llamado “Herramientas biológicas para las reconstrucciones paleoambientales”. En estos cursos, el tema central es el análisis de sedimentos procedentes de sondeos (especialmente paleolimnología), pero también se tratan otros archivos ambientales y paleoambientales como los espeleotemas, y técnicas como la dendrocronología. También ha sido organizadora de dos workshops europeos sobre “Harmonization of the taxonomy of Chironomid (Diptera) larvae, an important tool in palaeolimnology”, participando en ambos. En estos workshops se ha enseñado a jóvenes investigadores principiantes en esta disciplina la tafonomía de restos subfósiles y el análisis de datos de paleoregistros. Además, la Dra. M Rieradevall ha formado técnicos e investigadores de Finlandia, Suecia y Argentina en la metodología de preparación de quironómidos y en tafonomía para estudios paleolimnológicos.

Por todo ello, al igual que el sub-grupo del IPE-CSIC, el sub-grupo de la Dra. Rieradevall también podría incorporar estudiantes predoctorales dentro de un grupo muy activo y en un ambiente universitario de alta calidad.

Subproyecto 4: MARCAL

El grupo investigador de MARCAL se considera plenamente capacitado para recibir becarios y posee la capacidad formativa adecuada para ello. Todos los miembros del equipo han dirigido o se encuentran dirigiendo Tesis Doctorales en la actualidad. Así por ejemplo, los miembros que cuentan con una mayor experiencia como los Drs. González-Donoso, Linares u Ortega-Huertas han dirigido más de diez Tesis Doctorales. La Dra. Martínez-Ruiz, que dirige dos Tesis Doctorales y co-dirige una tercera, ha recibido además a estudiantes extranjeros durante estancias predoctorales en el IACT (p.ej. Giovanna Capretto, Italia, ha realizado dos estancias de 3 meses de duración en relación con su proyecto de Tesis Doctoral, centradas en estudios mineralógicos y geoquímicos de sedimentos). Los miembros extranjeros del equipo investigador (véase CVs) cuentan igualmente con una amplia experiencia en dirección de Tesis Doctorales.

Además de la experiencia en la dirección de Tesis Doctorales y la experiencia científica de los miembros del equipo investigador (véase CVs), existen otras razones por las que el grupo se considera capacitado para recibir y formar becarios:

1. La naturaleza multidisciplinar del grupo permitiría a los dos becarios solicitados formarse en disciplinas diversas y abordar muy diferentes tipos de estudios, lo que conllevaría un grado muy elevado de formación científica.
2. Su adscripción al centro ejecutor del Proyecto, el IACT, les ofrece no sólo la experiencia investigadora de sus miembros, sino además la posibilidad de interacción con todos los Departamentos de Ciencias de la Tierra u otros de la Universidad de Granada. La condición de Centro Mixto del IACT (CSIC-UG) permite, además de compartir espacio físico en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, una estrecha colaboración científica con profesores universitarios (algunos de ellos participantes en el Proyecto), por lo que desde el punto de vista académico esto puede suponer un valor añadido a la formación académica de los becarios solicitados.
3. Los miembros del equipo cuentan, además, con una amplia experiencia docente en tercer ciclo. Los Dres. Ortega Huertas, Palomo, López Galindo y Martínez-Ruiz también participan como docentes en

el Programa de Doctorado de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Granada. Los Dres. González Donoso y Linares tienen más de 30 años de experiencia docente que supondría una aportación importante en las tareas de formación.

4. La participación en el grupo de investigadores extranjeros ofrece la posibilidad de colaboraciones y estancias en sus Centros respectivos que supondrían un gran valor añadido a la formación de los becarios. En este mismo sentido las relaciones con otros grupos internacionales y participación en Programas de investigación internacionales facilitarían la deseable formación en centros extranjeros. La participación de algunos de los miembros del equipo investigador en los Proyectos Europeos, también abre un amplio espectro de colaboraciones igualmente deseables para la formación de personal investigador.
5. La disponibilidad de temas para la realización de Tesis Doctorales. En el apartado de Metodología y Plan de Trabajo se relacionan algunos de estos temas como justificación de la necesidad de que el Proyecto se incluya en el Programa de formación de becarios, por lo que el beneficio será mutuo, tanto desde el punto de vista de formación de becarios como considerando el incremento en la efectividad del Proyecto para alcanzar los objetivos propuestos. Aunque existen dos Tesis Doctorales en marcha en el proyecto vigente, ambas están a punto de finalizar, y de hecho habrán finalizado cuando diera comienzo el proyecto solicitado en caso de ser financiado, por lo que el equipo se considera con capacidad suficiente para la dirección de dos más. A pesar de que son diversos los temas que podrían abordarse, como se ha mencionado, en términos realistas se solicitan dos becas para cuyos proyectos predoctorales se dispone del tiempo suficiente de dedicación por parte del equipo.
6. La infraestructura del IACT en cuanto a laboratorios y equipamiento para poder llevar a cabo todas las tareas requeridas por los dos proyectos predoctorales.

En definitiva, el equipo se considera un grupo dinámico, emprendedor y muy bien relacionado desde el punto de vista científico como para abordar la dirección de dos nuevas Tesis *co-dirigidas* por miembros del equipo, que supondrían un indudable valor añadido al proyecto, al tiempo que éste ofrece óptimas condiciones de formación. En este mismo sentido, y como se justifica en el apartado de Metodología y Plan de Trabajo, el equipo se encuentra igualmente capacitado para la formación de personal técnico.

REFERENCIAS INTRODUCCIÓN

- Alvarez, M.C., Flores, J.A., Sierro F.J., Diz, P., Frances, G., Pelejero, C. & Grimalt, J., 20005. Millennial surface water dynamics in the Ria de Vigo during the last 3000 years as revealed by coccoliths and molecular biomarkers. *Paleogeog, Paleoclim., Paleoecol.*, 218: 1-13
- Alverson, K. & Kull, C. 2002. Understanding climate change using paleorecords. In: *Global Climate*, X. Rodó & F.A. Comín, eds. Springer, Berlin, p. 153-181
- Bala G, Caldeira K, Mirin A, Wickett M, Delire C. 2005. Multicentury changes to the global climate and carbon cycle: Results from a coupled climate and carbon cycle model. *JOURNAL OF CLIMATE* 18 (21): 4531-4544.
- Bárcena, M. A., Cacho, I., Abrantes, F., Sierro, F. J., Grimalt, J. O., and Flores, J. A. (2001). Paleoproductivity variations related to climatic conditions in the Alboran Sea (Western Mediterranean) during the last Glacial-Interglacial transition. Diatom record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 167, 337-357.
- Bojariu R. & L. Gimeno, 2003: Modelling and predictability of the North Atlantic Oscillation. *Earth Science Reviews*, **63**, 145-168.
- Bond, G., B. Kromer, et al. (2001). "Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene." *Science* 294(5549): 2130-2136.
- Bond, G., Showers, W., Elliot, M., Evans, M., Lotti, R. , Hajdas, I., Bonani, G. & Johnson, S., 1999. The North Atlantic's 1-2 kyr climate rhythm: relation to Heinrich events, Dansgaard/Oeschger cycles and the Littel Ice Age. En: *Mechanisms of Global climate change at millennial time scales*, Clark, P., Webb, R., and Keigwin, L (eds). *Geophysical Monograph* 112: 35-58.
- Bond, G., W. Showers, et al. (1997). "A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates." *Science* 278(5341): 1257-1266.
- Botz, R., Stoffers P., Faber E. and Tietze, K., 1988. Isotope geochemistry of carbonate sediments from Lake Kivu (East - Central Africa). *Chemical Geology*, 69:299-
- Brunet, M. and D. López, 2001. *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. Springer-Verlag, Berlin, 651 pp.
- Brunet, M., E. Aguilar, O. Saladié, J. Sigró and D. López, 2001. A Differential Response of Northeastern Spain to Asymmetric Trends in Diurnal Warming Detected on a Global Scale. In *Detecting and Modelling Regional Climate Change*. Brunet and López (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, 95-107.
- Bryden, H. L., Longworth, H. R. & Cunningham, S. A. (2005) Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 258N. *Nature***438**, 655–657.
- Cacho, I., Grimalt, J. O., Canals, M., Sbaiffi, L., Shackleton, N. J., Schönfeld, J., and Zahn, R. (2001). Variability of the western Mediterranean Sea surface temperatures during the last 25,000 years and its connection with the northern hemisphere climatic changes. *Paleoceanography* **16**, 40-52.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Pelejero, C., Canals, M., Sierro, F.J., Flores, J.A. and Shackleton, N. (1999) Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures. *Paleoceanography* **14**, 698-705.
- Cacho, I., Grimalt, J.O., Sierro, F.J., Shackleton, N. and Canals, M. (2000) Evidence for enhanced Mediterranean thermohaline circulation during rapid climatic coolings. *Earth and Planetary Science Letters* **183**, 417-429.
- Castro, M., C. Gallardo y S. Calabria, 2004: "Regional IPCC Projections until 2100 in the Mediterranean area". In *"Environmental Challenges in the Mediterranean"*. Kluwer Ed.
- Castro-Díez Y., Pozo-Vázquez D., Rodrigo F.S. and Esteban-Parra M.J., 2002. NAO and winter temperature variability in southern Europe. *Geophys. Res. Lett.*, 29 (8), doi:10.1029/2001GL014042
- Catalan J., Pla S., Rieradevall M., Felip M., Ventura M., Buchaca T., Camarero L., Brancelj A., Appleby P.G., Lami A., Grytnes J.A., Agustí-Panareda A. and Thompson R. (2002) Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrennees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology*, 28: 129-145.
- Cheddadi, R., Yu, G., Guiot, J., Harrison, S.P. & Colin Prentice, I., 1997. The Climate of Europe 6000 years ago. *Climate Dynamics*, 13:1-19.
- Clubbe C. 1996. Threats to biodiversity In: *Global Environmental Issues* (eds. Blackmore R., Reddish A), Hodder toughton, London.
- Cook, E.R., D'Arrigo R.D., Mann, M.E. 2002. A well verified multiproxy reconstruction of the winter North Atlantic Oscillation since AD 1400. *Journal of Climate* 15: 1754-1764.
- Cubasch U., H.von Storch, J. Waszkezwitz y E. Zorita, 1996: Estimates of climate changes in southern Europe using different downscaling techniques. *Clim. Res.*, 7, 129-149.
- Cullen, H.M., D'Arrigo, R.D., Cook, E.R., Mann, M.E. (2001). Multiproxy reconstructions of the North Atlantic Oscillation. *Paleoceanography*, 16 (1): 27-39.
- Cullen, H.M., deMenocal, P.B., Hemming, S., Brown, F.H., Guilderson, T., Siroco, F. (2000). Climate change and the collapse of the Akkadian Empire; evidence from the Dep. sea, *Geology* 28:379-382.
- Dansgaard, W., Johnsen, S.J., Clausen, H.B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N.S., Hammer, C.U., Hvidberg, C.S., Steffensen, J.P., Sveinbjörnsdottir, A.E., Jouzel, J. & Bond, G. (1993): Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record.- *Nature*, 364: 218-220.
- de Luis M, Raventos J, Gonzalez-Hidalgo JC. 2005. Fire and torrential rainfall: effects on seedling establishment in Mediterranean gorse shrublands. *Int. Jour. Of Wildland Fire* 14 (4): 413-422 2005

- Desprat, S. Sanchez Goñi, M.F., Loutre, M.F. 2003. Revealing climate variability of the last three millennia in northwestern Iberia using pollen influx data. *Earth and Planetary Science Letters* 213: 63-78.
- Dickson, B., I. Yashayaev, et al. (2002). "Rapid freshening of the deep North Atlantic Ocean over the past four decades." *Nature* **416**(6883): 832-837.
- Dirnböck T. Dullinger S., Grabherr G. 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30, 401-417.
- Duplessy, J. C. (2005). "Abrupt and localized climatic changes and their consequences." *Comptes Rendus Geoscience* **337**(10-11): 881-887.
- Duplessy, J. C., E. Cortijo, et al. (2005). "Marine records of Holocene climatic variations." *Comptes Rendus Geoscience* **337**(1-2): 87-95.
- García-Herrera R., J. Díaz, R. Trigo y E Hernández, 2005. Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Annales Geophysicae* (23), 239-251.
- García-Herrera, R., D. Barriopedro, et al. (2005). "The 2001 Mesoscale Convective Systems over Iberia and the Balearic Islands." *Meteorology and Atmospheric Physics* **90**(3-4): 225-243
- Gasse, F. 2000. Hydrological Changes in the African Tropics Since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews* 19, 189-211.
- Gherardi JM, Labeyrie L, McManus JF, Francois R, Skinner LC, Cortijo E. 2005. Evidence from the Northeastern Atlantic basin for variability in the rate of the meridional overturning circulation through the last deglaciation. *Earth and Planetary Science Letters* 240 (3-4): 710-723
- Giralt, S., Burjachs, F., Roca, J.R. and Julia, R., 1999. Late Glacial to Early Holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playa-lake (Alicante, Spain). - *Journal of Paleolimnology*, 21: 449-460.
- Gomendio, M. (ed), 2004. La conservación de la biodiversidad en España. Serie: Los retos ambientales del Siglo XXI. 2004. CSIC-Fundación BBVA. 346 pág.
- González-Donoso et al., 2000; Bárcena et al., 2001, Cacho et al., 1999, 2001, Moreno et al., 2002, Martínez-Ruiz et al., 2003
- González-Rouco J. F., H. Heyen, E. Zorita, y F. Valero, 2000: Agreement between observed rainfall trends and climate change simulations in the Southwest of Europe. *J. Clim.*, **13**, 3057-3065.
- González-Sampériz, P.; Valero-Garcés, B. L.; Moreno, A.; Jalut, G.; García-Ruiz, JM; Martí-Bono, C; Delgado-Huertas, A; Navas, A; Otto, T; Dedoubat J.J. 2006. Climate variability in the Spanish Pyrenees for the last 30,000 yr: El Portalet peatbog sequence. *Quaternary Research* (in press).
- Goodess C. M., y J. P. Palutikof, 1998: Development of daily rainfall scenarios for Southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling. *Int. J. Climatol.*, **10**, 1051-1083.
- Goodess, C. M., and P. D. Jones, 2002: Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *Int. J. Climatol.*, **22**, 1593-1615.
- Harrison, S. P., I. C. Prentice, et al. (1992). "Influence of Insolation and Glaciation on Atmospheric Circulation in the North-Atlantic Sector - Implications of General-Circulation Model Experiments for the Late Quaternary Climatology of Europe." *Quaternary Science Reviews* **11**(3): 283-299.
- Harrison, S.P., Yu, G. and Tarasov, P.E., 1996. The Holocene lake level record from Eurasia. *Quaternary Research* 45: 138-159.
- Hemming, S. R. (2004). Heinrich events: Massive late pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Reviews of Geophysics* **42**, RG1005.
- Houghton, J. (2001). "The science of global warming." *Interdisciplinary Science Reviews* **26**(4): 247-257.
- Hu, H. and Neelin, J.D. 2005. Dynamical mechanisms for African monsoon changes during the mid-Holocene. *Journal of Geophysical Research* 110, doi 10.1025/2005JD005806.
- Hurrell, J. W., 1995: Decadal trends in the north Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, **269**, 676-679.
- IAEA/WMO (2004). Global Network of Isotopes in Precipitation. The GNIP Database. Accessible at: <http://isohis.iaea.org>
- Kutzbach, J. E., W. L. Prell, et al. (1993). "Sensitivity of Eurasian Climate to Surface Uplift of the Tibetan Plateau." *Journal of Geology* **101**(2): 177-190.
- Kutzbach, J.E., Guetter, P.J., Behling, P.J. & Selin, R., 1993. Simulated climatic changes: results of the COHMAP climate-model experiments. In: Wright H.E. Jr., Kutzbach, J.E., Webb T.III, Ruddiman W.F., Street-Perrot, F.A. & Bartlein, P.J. (eds). *Global Climates since the Last Glacial Maximum*: 24-93. University Of Minnesota Press, Minneapolis.
- Lamb, H.F., Gasse, F., Benkaddour, A., El Hamouti, N., van der Kaars, S., Perkins, W.T., Pearce, N.J. and Roberts, C.N., 1995. Relation between century-scale Holocene arid intervals in tropical and temperate zones. *Nature*, 373: 134-137.
- Leuschner D. & Sirocko, F. 2000. The low-latitude monsoon climate during Dansgaard-Oeschger cycles and Heinrich events. *Quaternary Science Reviews*, 19: 243-254.
- Luque J.A. and Julia, R. 2002. Lake sediment response to land-use and climate change during the last 1000 years in the oligotrophic Lake Sanabria (NW Iberian Peninsula). *Sedimentary Geology* 148: 343-355.

- Luque, J.A. 2003. El lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6000 años. Ph D. Tesis, U. Barcelona. 384 p.
- Luterbacher, J., Xoplaki, E., Dietrich, D., Jones, P.D., Davies, T.D., Portis, D., Gonzales-Rouco, J.F., von Storch, H., Gyalistras D., Casty C., Wanner, H. 2001. Extending North Atlantic oscillation reconstructions back to 1500. *Atmospheric Science Letters* 2, 114-124.
- Martínez-Ruiz, F., A. Paytan, M. Kastner, J. M. González-Donoso, D. Linares, S. M. Bernasconi and F. J. Jimenez-Espejo. 2003. A comparative study of the geochemical and mineralogical characteristics of the S1 sapropel in the western and eastern Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190: 23-37
- Martrat, B., Grimalt, J.O., Lopez-Martinez, C., Cacho, I., Sierro, F.J., Flores, J.A., Zahn, R., Canals, M., Curtis, J.H. and Hodell, D.A. (2004) Abrupt temperature changes in the western Mediterranean over the past 250,000 years. *Science* **306**, 1762-1765.
- Meehl, G. A. and C. Tebaldi (2004). "More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century." *Science* **305**(5686): 994-997.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Grimalt, J., Sánchez Goñi, M. F., Shackleton, N. J., and Sierro, F. J. (2005). Links between marine and atmospheric processes oscillating at millennial time-scale. A multi-proxy study of the last 50,000 yr from the Alboran Sea (Western Mediterranean Sea). *Quaternary Science Reviews* **24**, 1623-1636.
- Moreno, A., Cacho, I., Canals, M., Prins, M. A., Sánchez Goñi, M. F., Grimalt, J. O., and Weltje, G. J. (2002). Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quaternary Research* **58**, 318-328.
- Muñoz-Díaz, D., y Rodrigo, F.S., 2003. Effects of the North Atlantic Oscillation on the probability for climatic categories of local monthly rainfall in southern Spain. *International Journal of Climatology*, **23**, 381-397.
- O'Hare G, Johnson A, Pope R. 2005. Current shifts in abrupt climate change: The stability of the North Atlantic conveyor and its influence on future climate. *Geography* **90**: 250-266.
- Paredes D., Trigo, R.M., Garcia-Herrera R., Trigo, I.F. (2005) "Understanding precipitation changes in Iberia in early Spring: weather typing and storm-tracking approaches", *Journal of Hydrometeorology* (en prensa)
- Pérez Obiol R., & Juliá, R., 1994. Climatic Change on the Iberian Peninsula recorded in a 30,000-yr pollen record from Lake Banyoles. *Quaternary Research* 41:91-98
- Perez-Folgado M, Sierro FJ, Flores JA, Grimalt JO, Zahn R. 2004. Paleoclimatic variations in foraminifer assemblages from the Alboran Sea (Western Mediterranean) during the last 150 ka in ODP Site 977. *MARINE Geology* 212 (1-4): 113-131.
- Pla S., Camarero L. & Catalan J. (2003) Chrysophyte cyst relationships to water chemistry in Pyrenean lakes (NE Spain) and their potential for environmental reconstruction. *Journal of Paleolimnology*, 30, 21-34.
- Pons, A. & Reille, M., 1988. The Holocene and Upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 66/13: 243-263.
- Pozo-Vázquez D, Esteban-Parra M. J., Rodrigo F., Castro-Díez Y, 2001. A study of NAO variability and its possible non-linear influences on European surface temperature. *Clim. Dynamics* 17, 701-715.
- Rimbu, N., Lohmann, G., Kim, J-H., Arz, H.W., Schneider R.R., 2003. Artic/Nort Atlantic Oscillation signature in Holocene sea surface temperature trends as obtained from alkenone data. *Geophysical Research Letter* 30, 1280.
- Roberts, N., Lamb, H.F., El Hamouti, N. and Barker, P., 1994. Abrupt Holocene Hydro-Climatic events: Palaeolimnological evidence from North-West Africa. In: A.C. Millington and K. Pye, (Eds.) *Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological perspectives*. John Wiley & Sons: 163-175.
- Rodó X, Baert E, Comin FA. 1997. Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation. *Climate Dynamics*. 13: 275-284.
- Rodó, X., 2001: Inversion of three global atmospheric fields linking reversals in SST anomalies in the Pacific, Atlantic and Indian Oceans: A new step towards tropical atmospheric bridge hypothesis. *Climate Dynamics*, **18**, 203-217.
- Rodríguez-Fonseca B. and E. Serrano, 2002. Winter ten-day coupled patterns between geopotential height and Iberian Peninsula rainfall using the ECMWF precipitation reanalysis. *J. Climate*, 15, 1309-1321.
- Rodríguez-Puebla C, Encinas AH, Nieto S, Garmendia J. 1998. Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*. 18: 299-316.
- Ruiz Zapata, B. (Eds) 2002 Quaternary climatic changes and environmental crises in the Mediterranean region. Congreso PAGES-España., Universidad de Alcalá.
- Rull V. & Vegas Vilarrúbia T., 2006. Unexpected biodiversity loss under global warming in the neotropical Guayana Highlands: a preliminary appraisal. *Global Change Biology* 12,
- Sánchez Goñi, M.F. and Hannon, G.E, 1999. High - altitude vegetational pattern on the Iberian Mountain Chain (north - central Spain) during the Holocene. *The Holocene*, 9: 39-57.
- Sánchez, E., C. Gallardo, M.A. Gaertner, A. Arribas y M. Castro, 2004: Future climate extreme events in the Mediterranean simulated by a regional climate model: first approach. *Global and Planetary Change*, **44**, 163-180.
- Sanchez-Goñi, M.F., Cacho, I., Turon, J.-L., Guiot, J., Sierro, F.J., Peyrouquet, J.-P., Grimalt, J.O. and Shackleton, N.J. (2002) Synchronicity between marine and terrestrial responses to millennial scale climatic variability during the last glacial period in the Mediterranean region. *Climate Dynamics* **19**, 95-105.

- Sanchez-Goñi, M.F., Eynaud, F., Turon, J.L. and Shackleton, N.J. 1999. High-resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex. *Earth and Planetary Science Letters*, 171: 123-137.
- Sardans J, Penuelas J. 2004. Increasing drought decreases phosphorus availability in an evergreen Mediterranean forest. *Plant and Soil* 267 (1-2): 367-377
- Shindell, D.T., Miller, R.L., Schmidt G. & Pandolfo L., 1999. Simultaneous of recent northern winter climate trends by greenhouse –gas forcings. *Nature* 399: 452 – 455
- Shindell, D.T., Schmidt, G.A., Mann, M.E., Rind, D., and Waple, A. (2001) Solar Forcing of Regional Climate Change During the Maunder Minimum. *Science* Vol 294: 2149-2152
- Siegenthaler, U., Stocker, T. F., Monnin, E., Luthi, D., Schwander, J., Stauffer, B., Raynaud, D., Barnola, J.-M., Fischer, H., Masson-Delmotte, V., and Jouzel, J. (2005). Stable Carbon Cycle-Climate Relationship During the Late Pleistocene 10.1126/science.1120130. *Science* **310**, 1313-1317.
- Sierro, F.J., Hodell, D.A., Curtis, J.H., Flores, J.A., Reguera, I., Colmenero-Hidalgo, E., Barcena, M.A., Grimalt, J.O., Cacho, I., Frigola, J., Canals, M. 2005. Impact of iceberg melting on Mediterranean thermohaline circulation during Heinrich events. *Paleoceanography* 20 (2) No. PA2019.
- Stoll, H. M, Auer, T., Hahn, R. S., Theberge, A., , Jiménez-Sánchez, M. (2005): Can cave deposits in Northern Spain reconstruct the North Atlantic Oscillation? *Geological Society of America. Abstracts with Programs*, vol. 37, nº 1, p. 24. Northeastern Section, 40th Annual Meeting (March 14-16, 2005). Session Nº12: new Developments in the Late Quaternary History of the Northeastern United States and Adjacent Canada (Posters).
- Stoll, H., Jiménez-Sánchez, M., Auer, T., Martos de la Torre, E. (2005): Variaciones temporales en la hidroquímica de goteos en la cueva del Pindal (Asturias, NO España). En: Durán, J. J. (ed.): Primer congreso español de Cuevas Turística: “Cuevas Turísticas: aportación al Desarrollo Sostenible”. Resúmenes, 38. ISBN 84-609-8224-6. Asociación de Cuevas Turísticas de España (ACTE).
- Sutton, R. T. and D. L. R. Hodson (2005). "Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate." *Science* **309**(5731): 115-118
- Trigo RM, Pozo-Vázquez D, Osborn TJ, Castro-Díez Y, Gámiz-Fortis S, Esteban-Parra MJ. 2004a. North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*. 24: 925-944
- Valero-Garcés, B.L., Zeroual, E., & Kelts, K. ,1998. Arid phases in the western Mediterranean region during the Last Glacial Cycle reconstructed from lacustrine records. In: *Paleohydrology and Environmental Change* (G. Benito, V.R. Baker and K.J. Gregory, Eds.), p. 67-80, Wiley & Sons. London.
- Valero-Garcés, B.L. Penélope González-Sampériz, Ana Navas, Javier Machín, Pilar Mata, Antonio Delgado-Huertas, Roberto Bao, Ana Moreno Caballud, José S. Carrión, Antje Schwalb, & Antonio González-Barrios. 2006. Human Impact since Medieval times and Recent Ecological Restoration in a Mediterranean Lake: The Laguna Zoñar (Spain). *Journal of Paleolimnology* (in press).
- Wang, SW. 2005. Abrupt climate change and collapse of ancient civilizations at 2200BC-2000BC. *Progress in natural Science* 15, (10) 908-914.
- Wansard, G., 1996. Quantification of paleotemperature changes during Isotopic stage 2 in the La Draga continental Sequence (NE Spain) based on the Mg/Ca ratio of freshwater ostracods. *Quaternary Science reviews*, 15, 237-245.
- Zorita, E. ,V. Kharin and H.von Storch. 1992. The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North-Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation. *Journal of Climate* 5, 1097-1108.