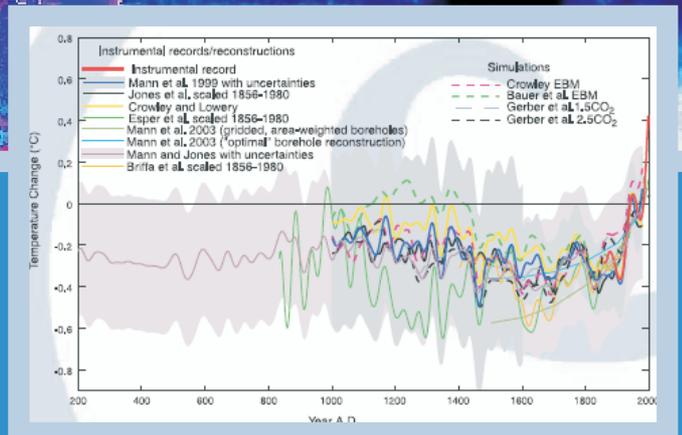
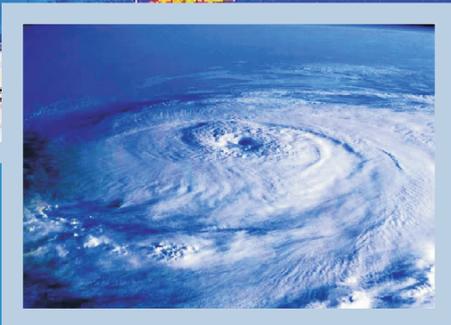
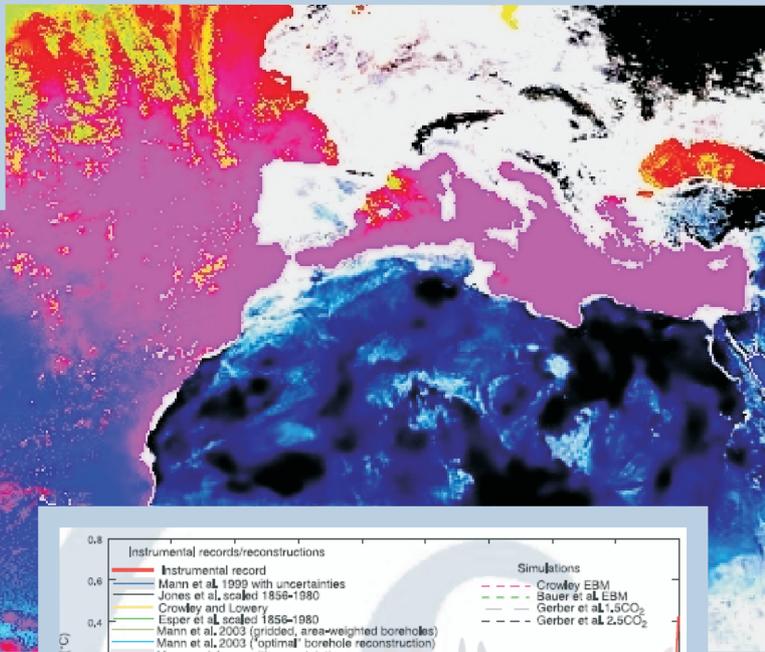
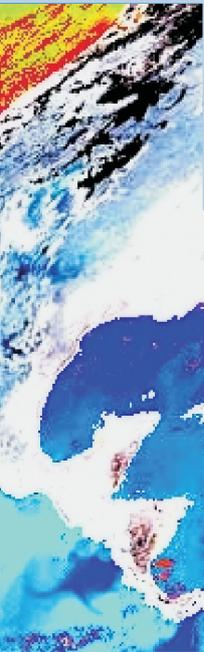


Estado de la Investigación en Clima en España

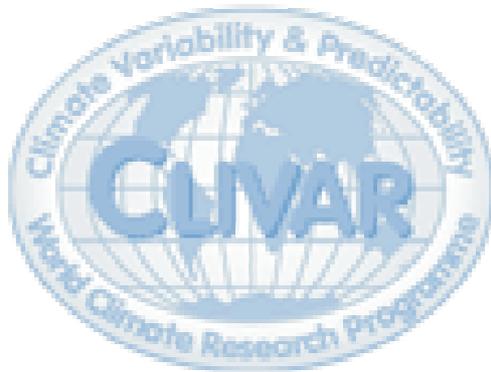


RED TEMÁTICA
CLIVAR - ESPAÑA

CLIVAR ESPAÑA



Estado de la Investigación en Clima en España



Editado por los integrantes del
Comité científico de la RED TEMÁTICA
CLIVAR-ESPAÑA a partir de las contribuciones
de los miembros de la Red

Edición final y maquetación, Laboratori de
Recerca del Clima del Parc Científic de Barcelona (LRC-PCB)

Barcelona, Junio de 2006

Resumen ejecutivo	2
1. Introducción	6
2. Contexto científico y resultados	8
2.1. Variabilidad atmosférica global	8
2.2. Variabilidad climática en la Península Ibérica	13
2.3. Predicción a escala regional	17
2.4. Variabilidad oceánica	24
2.5. Paleoclima	32
2.6. Bases de datos	40
3. Aspectos científicos prioritarios	44
3.1. Observaciones y datos	44
3.2. Modelización y predicción	45
3.3. Variabilidad climática y forzamientos	46
4. Propuestas específicas	47
4.1. Financiación e incentivación de la investigación en clima	47
4.2. Relaciones institucionales	48
4.3. Bases de datos e infraestructura	49
Agradecimientos	50
Bibliografía	50
ANEXO I. Comité científico	64
ANEXO II. Lista de grupos	66
ANEXO III. Página web	71
ANEXO IV. Contexto internacional	72
ANEXO V. Análisis de las publicaciones de los miembros de CLIVAR-ESPAÑA	74

Resumen ejecutivo

El clima y sus variaciones tienen enormes consecuencias en los sistemas naturales y socioeconómicos. Es, hoy día, consenso científico que las sociedades humanas modifican las pautas naturales de variabilidad climática principalmente a través de las emisiones de gases de “efecto invernadero” y aerosoles, cambios en los usos de suelo y la deforestación. La perspectiva inquietante de una sociedad que tendrá que adaptarse a un futuro incierto y las posibles implicaciones ecológicas, sociales, económicas y políticas de tales cambios ambientales han suscitado no solamente el interés de la comunidad científica, sino también la preocupación de los representantes políticos, las administraciones y el ciudadano común. Las cumbres de Cambio Climático de Kyoto (1997) y más recientemente la de Naciones Unidas en Montreal (2005) han sido foros de un interés que trasciende el terreno meramente científico.

La detección del cambio climático, su atribución, la estimación de los impactos y su posible mitigación así como el diseño de estrategias de adaptación son tareas que se fundamentan en un conocimiento profundo de los mecanismos que contribuyen a la variabilidad climática en distintas escalas espacio-temporales. En este sentido las líneas de investigación que promueve y patrocina **CLIVAR** (*CLImate VARiability and Predictability*, www.clivar.org), proyecto del *World Climate Research Programme*, son fundamentales para avanzar en el conocimiento del clima y sus cambios. La misión de **CLIVAR** es observar, simular y predecir los cambios del sistema climático de la Tierra, con especial atención a la interacción océano-atmósfera, para permitir una mejor comprensión de la variabilidad, la predictibilidad y los cambios del clima y, así, beneficiar a la sociedad y proteger el entorno en que vivimos. Los principales objetivos científicos de **CLIVAR** son:

- Describir y comprender los procesos físicos responsables de la variabilidad climática a escala estacional, anual, interanual, decenal y secular, mediante la obtención y análisis de observaciones y el desarrollo y aplicación de modelos del sistema climático.
 - Extender el registro de variabilidad climática a lo largo de las escalas de interés, mediante la recolección de datos instrumentales y paleoclimáticos de calidad verificada.
 - Extender el rango y la fiabilidad de las predicciones climáticas a escala estacional e interanual, mediante la mejora de modelos del clima global y regional.
 - Comprender y prever la respuesta del sistema climático al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles, y comparar estas previsiones con el registro climático observado con el fin de detectar cualquier desviación de origen antropogénico de la señal climática natural.
-

A escala regional el estudio del clima aumenta en complejidad por el alto número de factores que lo determinan y que pueden ser alterados en el contexto de cambio climático global. La Península Ibérica es un buen ejemplo de ello: debido a su situación geográfica de región de transición, está afectada por el paso de las depresiones Atlánticas por un lado, y por la influencia de la ciclogénesis Mediterránea por otro. Asimismo, al estar cerca de la zona Atlántica subtropical, la Península Ibérica está bajo la influencia no sólo de las altas presiones del Anticiclón Siberiano, sino también de los vientos más secos del norte de África. El Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (IPCC) ha indicado recientemente que la zona mediterránea constituye una de las regiones más susceptibles a los posibles impactos del cambio climático. Las proyecciones apuntan a aumentos en la frecuencia de olas de calor, temperaturas máximas y disminución de la precipitación.

Preocupados por los limitados recursos con los que cuenta la investigación española para estudiar el cambio climático y la insuficiente visibilidad pública de esta actividad investigadora - a pesar de los esfuerzos que lleva a cabo el colectivo nacional - un considerable número de investigadores españoles ha puesto de manifiesto la necesidad de fomentar la investigación sobre el clima y llevar el avance del conocimiento a un nivel acorde con la importancia del tema. Se creó por ello la Red **CLIVAR-ESPAÑA** (financiada por el Plan Nacional de I+D), una estructura que agrupa a científicos españoles que trabajan en este ámbito. La Red **CLIVAR-ESPAÑA** existe desde el 2004 con los objetivos de:

- Potenciar la investigación del clima en España, utilizando la red temática como una plataforma para mejorar la investigación en temas **CLIVAR** y la participación de científicos españoles en iniciativas internacionales.
- Divulgar la relevancia de la investigación **CLIVAR** en diferentes ámbitos socio-económicos (calidad de vida de la población, ecosistemas, agrosistemas, energía, recursos hídricos, pesca, acuicultura, etc.)
- Convertir a **CLIVAR-ESPAÑA** en un foro de información útil para los investigadores españoles en los temas **CLIVAR**, facilitando el acceso a publicaciones, datos, e información sobre plazas, ayudas y becas.
- Identificar las líneas estratégicas de investigación en temas **CLIVAR** que presenten carencias y que puedan potenciarse a través de un mejor acceso a la información y comunicación entre científicos.

Esta iniciativa agrupa a más de 50 equipos de investigación de universidades, OPIs (CSIC, IEO, CIEMAT, etc.) y otros organismos (Puertos del Estado, INM). En este foro los científicos de varias disciplinas pueden colaborar, asegurando una estrecha relación entre los dedicados a la modelización del clima, los dedicados a la obtención y análisis de datos y los encargados de estudiar los impactos. **CLIVAR-ESPAÑA** intenta también integrar los resultados de la investigación española en el seguimiento internacional de la evolución del clima, y proporcionar asesoramiento en el terreno de las medidas prácticas de protección frente a eventos meteorológicos/climáticos. En consecuencia, esta iniciativa se propone incorporar las contribuciones nacionales a programas relacionados con **CLIVAR**, tales como el IPCC.

Después de un seminario celebrado en Madrid en Febrero del año 2005, la iniciativa **CLIVAR-ESPAÑA** constató la necesidad de conocer exhaustivamente el estado de la investigación en clima que se realiza en España, a fin de diagnosticar los factores más relevantes para su futura potenciación. Por esta razón se ha realizado el informe que aquí se presenta. Del informe se desprende que la investigación realizada en España sobre variabilidad y cambio climático ha evolucionado considerablemente a lo largo de la última década. Esta evolución puede constatarse en el aumento del número de investigadores, publicaciones científicas y comunicaciones en foros relevantes y en la participación en proyectos de investigación internacionales. A pesar de las recientes mejoras, este proceso no ha recibido el apoyo adecuado a nivel nacional en cuanto a estructuras y financiación, lo cual ha dificultado en sumo grado la presencia de científicos españoles en la esfera internacional. El avance de los últimos años indica que se ha producido una gran mejoría en conocimiento, nivel científico y calidad de la investigación en clima y que el potencial para seguir progresando es considerable. Sin embargo, la comunidad científica española es claramente deficitaria en una multiplicidad de factores asociados a la falta de recursos (económicos y humanos), infraestructuras, articulación y coordinación entre grupos, acceso a bases de datos, etc. Son éstas deficiencias graves y debilitantes que necesitan de una acción firme, decidida y sólida por parte de la Administración Pública, so pena de que se pierda este potencial. A continuación y en tanto que diagnosis de la situación actual, se detallan los principales resultados del informe:

A. ANÁLISIS:

1. La investigación del clima (en particular de su variabilidad y cambio) en España tiene una dimensión bastante inferior a los países líderes no sólo a nivel mundial, sino también dentro de la esfera/ámbito europeo.
2. El nivel y repercusión de la investigación en clima está muy lejos del que se consigue en países de nuestro entorno y status económico similar. En la actualidad, la falta de recursos y de una estrategia científica nacional hacen que la comunidad científica española tenga escasa presencia en los foros internacionales de clima, a pesar de la existencia de un notable potencial de base, según se desprende de la información contenida en las tablas
3. El retorno en número y cuantía económica de los proyectos competitivos a nivel europeo es, en consecuencia, también muy reducido.

B. DIAGNOSIS (causas de la situación actual):

1. El apoyo a la investigación es muy limitado por parte del sector público, e inexistente por parte del privado. El Plan Nacional del Clima, no posibilita aún un desarrollo de las disciplinas científicas en cambio climático por su escasa dotación. Este apoyo es insuficiente en los apartados de:
 - a) proyectos de investigación
 - b) capacidad de contratación de investigadores reconocidos
 - c) personal investigador en formación y de apoyo (becarios, personal técnico especializado).
-

2. Carencia de una articulación científica coherente que favorezca el acceso de España al foro internacional. No existen centros de investigación en clima con entidad jurídica propia, a diferencia de lo que sucede en los países de nuestro entorno y en los más avanzados (Reino Unido, EEUU, Alemania).

3. Oferta escasa de cursos avanzados de formación en las disciplinas relacionadas con el estudio del clima. No existen en España programas específicos de postgrado y doctorado en Clima acordes al nivel existente en los países más avanzados, que formen investigadores capaces de nutrir a los grupos de investigación. Este hecho, unido al punto anterior, incide muy negativamente sobre la capacidad formativa y de desarrollo en este ámbito científico.

4. Escasa visibilidad tanto a nivel político como de gestión pública. La comunidad científica española parece jugar un escaso papel en la detección y atribución de los cambios climáticos y en el debate nacional de adaptación, mitigación y reducción de sus efectos .

Finalmente, se detallan a continuación las peticiones y propuestas que la comunidad **CLIVAR-ESPAÑA** dirige a las administraciones públicas y organismos responsables.

1. Creación de una Acción Estratégica o similar que estimule e incentive la investigación sobre el Clima y Cambio Climático en el ámbito nacional.

2. Aumento de la dotación presupuestaria para investigación en Clima y Cambio Climático dentro del Plan Nacional de I+D+I y redefinición de sus objetivos para que contemple los objetivos de los grandes programas internacionales de investigación en Clima.

3. Contratación y estabilización de investigadores reconocidos.

4. Incremento en la dotación asignada para personal investigador en formación y para el personal técnico de apoyo.

5. Creación de centros de investigación en clima y creación de nuevas infraestructuras científicas de apoyo a la investigación.

6. Creación de canales de comunicación directa de los resultados de los investigadores de **CLIVAR-ESPAÑA** a los foros políticos y de gestión.



1. Introducción

La Red **CLIVAR-ESPAÑA** (Climate Variability), financiada por acciones especiales del MEC, tiene como objetivo primordial contribuir a vertebrar, dinamizar y coordinar la investigación sobre variabilidad climática que se lleva a cabo en España. Para ello, la red organizó, durante el 14 y 15 de febrero de 2005, un seminario abierto con la intención de reunir a toda la comunidad científica interesada en temas **CLIVAR** y valorar el estado actual de la investigación realizada en España.

El seminario registró un alto nivel de participación, siendo muy bien recibido por la comunidad científica. La variada orientación de temas **CLIVAR** favoreció el encuentro inicial y la discusión entre grupos de investigación con diferentes inquietudes científicas que, hasta la fecha, no disponían de un foro común. Los grupos participantes presentaron sus líneas principales de investigación en 50 ponencias sustentadas por publicaciones en el Science Citation Index (SCI), configurando así un cuadro que evidenciaba el buen nivel de la investigación en el ámbito **CLIVAR-ESPAÑA**. A pesar de su breve duración, el evento permitió también iniciar un proceso de discusión con el objetivo de identificar y cuantificar las fortalezas y debilidades de la red. Aspectos como la descoordinación entre grupos, el reducido apoyo institucional y otros factores fueron discutidos con una voluntad constructiva de mejora.

Este texto nace, a partir del seminario, con vocación de desarrollar un documento que recoja los contenidos científicos más relevantes en las líneas de investigación **CLIVAR-ESPAÑA**. En este sentido, el texto muestra el gran potencial científico de la red, no limitado necesariamente a la investigación que se hace en España, sino recogiendo una perspectiva del contexto internacional en el que ésta se sitúa y también los resultados de aquellos trabajos internacionales cuya orientación es relevante para la investigación desarrollada en nuestro país. Este objetivo se concreta en la Sección 2 de este documento, estructurada en seis apartados correspondientes a las diferentes sesiones del citado seminario y planificadas, en su momento, de acuerdo a líneas de investigación **CLIVAR**. Esta sección no pretende ser exhaustiva en su desarrollo, sino constituir una primera aproximación descriptiva de la investigación que se desarrolla actualmente en el contexto **CLIVAR-ESPAÑA**. Más que presentar aportaciones individuales habituales de resúmenes de congresos y reuniones científicas, el texto integra, equilibradamente, las contribuciones de los distintos grupos de investigación en un contexto científico. En este sentido esta sección constituye una semilla para futuros informes técnicos de orientación temática más específica y de tratamiento más exhaustivo.

Este documento responde también al objetivo de identificar los aspectos científicos y de apoyo institucional que los integrantes de la red consideran fundamentales para el avance del conocimiento en el ámbito **CLIVAR-ESPAÑA**. En este sentido, en la Sección 3 se recogen líneas estratégicas de carácter científico identificadas por los distintos grupos en base a su importancia para el desarrollo del conocimiento.

Por otra parte, en las secciones 4 y 5 se reúne un conjunto de sugerencias aportadas por los miembros de la red en las que se pueden

identificar las carencias y necesidades actuales de los diferentes grupos de investigación y con las que, a su vez, se pretende identificar posibles líneas institucionales de actuación futura, con el objetivo de mejorar el entorno y la calidad de la investigación en el ámbito **CLIVAR**.

Por último, conviene añadir que este informe es tan sólo un primer paso, una primera aproximación para conocer en que estado se encuentra el arte de la investigación del Clima en España, y como tal debe ser considerado. Creemos que el texto permite realizar un análisis sobre las fortalezas y debilidades en los distintos campos de actuación científica dentro del ámbito **CLIVAR-ESPAÑA**, al mismo tiempo que posibilita la definición de los impedimentos que existen o de los cambios que sería oportuno aplicar a la situación actual en vías de una mejora en los resultados. En resumen, este documento pone en evidencia el gran potencial de nuestra comunidad científica en materia de investigación climática y el esfuerzo que está realizando, a la vez que incide en la necesidad de coordinar y apoyar institucionalmente dicho potencial, lo que permitiría aprovechar al máximo todos sus beneficios.



2. Contexto científico y resultados relevantes de CLIVAR-ESPAÑA

En este apartado se contextualizan y describen los resultados más relevantes de la investigación en las distintas líneas de investigación de la red **CLIVAR-ESPAÑA**



2.1. Variabilidad atmosférica global

Coordinadora de la sección:

Ileana Bladé (Univ. de Barcelona, UB)

Contribuyentes:

Ileana Bladé (UB), Natalia Calvo y Belén Rodríguez de Fonseca (Univ. Complutense de Madrid, UCM), F. Doblas-Reyes (ECMWF), David Gallego y Cristina Peña (Univ. Pablo Olavide, UPO), Luis Gimeno (Univ. de Vigo, UV), Xavier Rodó (Parc Científic de Barcelona, PCB), Joaquín Tintoré, Alejandro Orfila y Alberto Alvarez (IMEDEA, CSIC-UIB)

Bajo el título "variabilidad atmosférica global" agrupamos aquí todos los estudios referentes a variabilidad atmosférica no relacionada con o limitada a la Península Ibérica. Es importante destacar que se trata de una área de investigación de reciente emergencia en España, y por lo tanto, los grupos de trabajo dedicados a estudiar esta cuestión son todavía pocos. Con todo, abordan temáticas muy diversas, que van desde el estudio de la variabilidad en la estratosfera hasta la modelización de variabilidad acoplada océano/atmósfera. Uno de estos grupos incluso ha trascendido el ámbito puramente meteorológico para investigar la posible relación entre el clima y la dinámica de enfermedades infecciosas. De todos los temas de estudio, el más recurrente es quizás el relacionado con variabilidad en la región del Atlántico Subtropical, de la cual se están estudiando distintos aspectos. Varios de estos trabajos están encaminados hacia la búsqueda de teleconexiones (influencias o conexiones remotas) entre la variabilidad atmosférica y/o oceánica en distintas partes del planeta. Hasta ahora la mayoría de estas investigaciones se han basado en análisis de datos

observacionales, pero varios de estos grupos (UCM-I, UCM-II, PCB, UPO-II) han iniciado, o tienen previsto iniciar, un "giro" hacia la modelización numérica con modelos de circulación general (MCG). Debido al número relativamente reducido de contribuciones, a la gran variedad de temáticas y al escaso solapamiento entre los distintos grupos de investigación, esta sección se estructura más como un abanico de los temas abordados por dichos grupos y de sus hallazgos principales, que como una comparativa de resultados.

2.1.1. Variabilidad en la región del Atlántico subtropical.

La variabilidad atmosférica en la región del Atlántico Subtropical está siendo examinada desde dos puntos de vista, uno centrado en los forzamientos que afectan a esta variabilidad y otro que trata de estudiar la influencia que dicha variabilidad tiene sobre otras regiones. Dentro de la primera línea de investigación, los esfuerzos se centran en averiguar los efectos de la NAO (North Atlantic Oscillation) y ENSO (*El Niño* - Southern Oscillation) sobre la variabilidad en esta región. En concreto, hay un grupo (UPO-I) dedicado a estudiar el impacto de estos fenómenos sobre la variabilidad atmosférica en la zona de las Islas Canarias.

Gallego et al. (2001) y García et al. (2003) encuentran, a través del análisis de datos observacionales, que la NAO tiene una marcada influencia no sólo sobre la precipitación en las Canarias, sino también sobre la estructura tridimensional de los sistemas sinópticos en el Atlántico subtropical. También se ha constatado que ENSO modula la precipitación y circulación en esta región, ya que tanto la frecuencia como la intensidad de las invasiones de aire frío aumentan durante episodios intensos de La Niña. Por otro lado, el océano en esta región influye sobre la variabilidad atmosférica en regiones situadas más al norte. Por ejemplo, Rodríguez-Fonseca y Castro (2002), del grupo UCM-II, llegan a la conclusión de que existe una relación directa entre la temperatura superficial del mar (SST) en verano en el Atlántico Norte subtropical y las anomalías de precipitación en Europa y norte de África durante el invierno al igual que los estudios anteriores. La existencia de esta correlación implica cierta capacidad potencial de predecir la precipitación en esta región (Rodríguez-Fonseca et al. 2004). El trabajo más reciente del grupo se centra en determinar la causa física de esta conexión, y en particular el papel de un posible puente estratosférico (ver apartado 2.1.2) Este mismo grupo trabaja en la caracterización subsuperficial del Atlántico tropical; los resultados resaltan la importancia del afloramiento anómalo de Mauritania para la generación de anomalías de SST (Polo et al. 2004).

2.1.2. Variabilidad en la estratosfera.

Es de destacar el que, recientemente, varios grupos hayan iniciado líneas de investigación relacionadas con variabilidad en la estratosfera, motivadas por el descubrimiento de teleconexiones que involucran procesos estratosféricos. Por ejemplo, el grupo UCM-II, estudia posibles conexiones entre el océano Atlántico subtropical, la estratosfera y la troposfera extratropical. Sus resultados sugieren la existencia de un puente estratosférico, de tal forma que anomalías de geopotencial en la baja estratosfera extratropical (correlacionadas con anomalías de SST en el Atlántico subtropical tres meses antes) se propagan posteriormente

hacia abajo, tardando unos dos meses en alcanzar la superficie (Rodríguez-Fonseca et al. 2003).

También se ha prestado atención a la cuestión de la propagación vertical de la señal térmica de ENSO en la estratosfera. En un estudio realizado con datos MSU medidos por satélite, Calvo (2004), del grupo UCM-I, encontró que, al contrario de lo que sucede en la troposfera, no existe una respuesta zonal media relacionada con ENSO en la baja estratosfera tropical. En los extratropicos, en cambio, la señal ENSO sí que se propaga hasta la estratosfera, en donde se manifiesta como una onda de Rossby planetaria con número de onda 1. Además, se ha estudiado la propagación de la señal ENSO en dos modelos de circulación general (WACCM y MAECHAM) y se han comparado los resultados con los datos del reanálisis ERA-40. Los resultados indican que durante un episodio ENSO intenso se produce una intensificación de la propagación de ondas de Rossby y una intensificación de la circulación Brewer-Dobson que se manifiesta en anomalías de temperatura en el vórtice polar (García-Herrera et al. 2005). Otro aspecto de la interacción entre la estratosfera y la troposfera podría estar relacionado con la denominada Oscilación Cuasibienal (QBO), una oscilación de período aproximado de 28 meses que constituye el modo principal de variabilidad en la estratosfera. Los trabajos de Ribera et al. (2003, 2004), empleando métodos multivariantes, intentan reconstruir la estructura espacio-temporal de la QBO y detectar su interacción con otras estructuras climáticas.

2.1.3. Variabilidad de la NAO/NAM

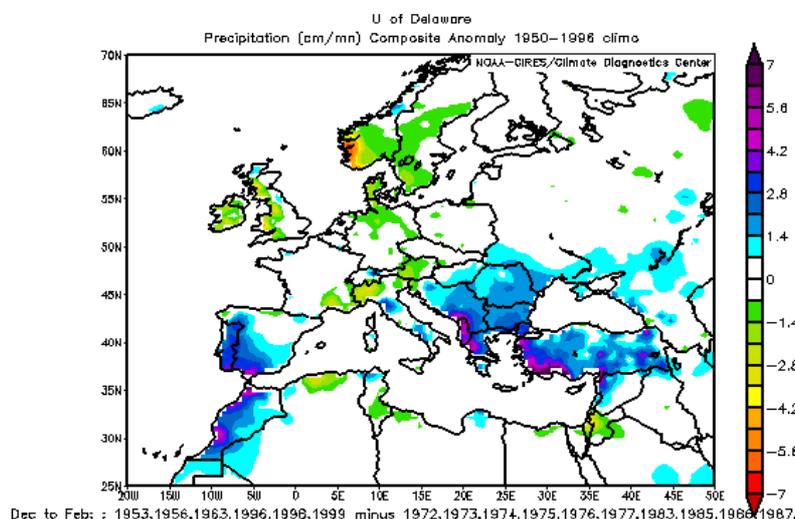
El NAM (Modo Angular del Norte) es la manifestación global de la NAO y el modo principal de variabilidad en los extratropicos del hemisferio norte. En la UV se han abordado distintos aspectos de este fenómeno, en particular su caracterización mediante parámetros atmosféricos no usuales, tales como el momento angular o la advección de temperatura (De la Torre et al. 2002, Gimeno et al. 2002). Otros análisis indican que la relación entre el NAM y la temperatura global del hemisferio norte es sensible a la fase de la actividad solar (Gimeno et al. 2003) y que la persistencia del NAM está muy ligada a la cubierta de nieve sobre el continente europeo (Bojariu and Gimeno 2003). También han llevado a cabo un trabajo de revisión sobre predictibilidad y modelización numérica del NAM (Bojariu and Gimeno 2004). Un segundo grupo interesado en aspectos hemisféricos de la NAO/NAM es el de la UB, que analiza la dependencia de su estructura espacial respecto a la polaridad de ENSO. En sus simulaciones multi-ensemble de episodios *El Niño* y *La Niña* se detectan importantes diferencias en el Atlántico subtropical (ver apartado 2.1.1).

2.1.4. Variabilidad acoplada océano-atmósfera.

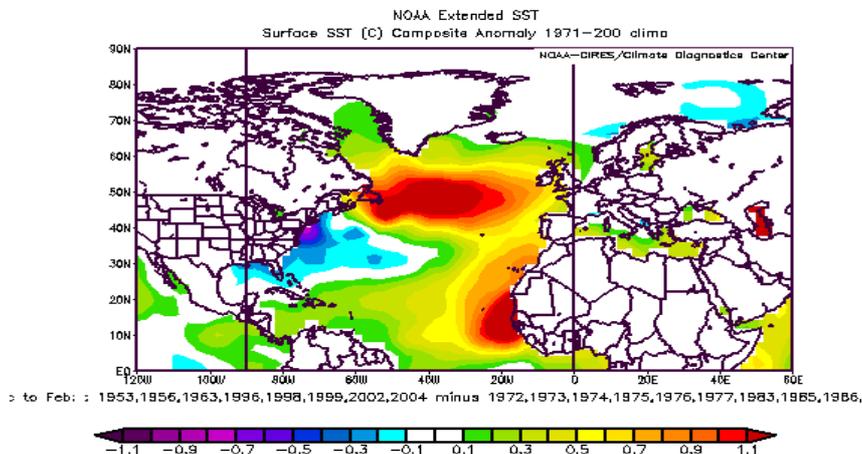
El grupo de la UB ha analizado la influencia del acoplamiento océano-atmósfera en latitudes medias sobre la variabilidad atmosférica de baja frecuencia. Estas investigaciones se han llevado a cabo mediante simulaciones con un modelo de circulación general y sugieren que el impacto del océano extratropical se manifiesta como un aumento en la persistencia de ciertas estructuras atmosféricas pre-existentes, pero no como un forzamiento de anomalías atmosféricas (Bladé 1997, 1999, Kushnir et al. 2002). Actualmente su investigación se centra en el impacto de la interacción global océano/atmósfera sobre la variabilidad y

predictibilidad asociada a ENSO. Esto se consigue comparando la teleconexión ENSO en simulaciones con y sin acoplamiento océano-atmósfera en varias cuencas oceánicas. Los resultados indican que el feedback más importante proviene de los océanos tropicales Pacífico oriental e Índico, cuyo efecto es el de intensificar la señal ENSO en el Pacífico Norte, a principios y finales de invierno, y aumentar su predictibilidad (Bladé 2005). En cambio, el efecto del feedback local debido al Pacífico del Norte es más débil y negativo, en concordancia con resultados anteriores del grupo (Bladé 1999, Alexander et al. 2002).

El grupo de oceanografía del IMEDEA ha analizado, empleando un modelo de cajas, la importancia de mecanismos tipo resonancia estocástica en los forzamientos atmosféricos sobre las transiciones entre estados posibles de la circulación termohalina oceánica, mostrando la existencia de este tipo de transiciones y su relevancia en la variabilidad climática (Vélez et al., 1999).



Mapa compuesto de la precipitación en Europa durante los años de bajo índice de la NAO menos los años de alto índice de la NAO. Estación: Diciembre a Febrero.



Mapa compuesto de la SST en el Atlántico Norte durante los años de bajo índice de la NAO menos los años de alto índice de la NAO.

2.1.5. Variabilidad asociada a los monzones.

La definición de “monzón” abarca hoy en día todos los fenómenos tropicales y subtropicales caracterizados por cambios estacionales en la dirección del viento. Dentro del estudio de la variabilidad atmosférica relacionada con los monzones, encontramos dos grupos con intereses bien diferenciados. El grupo UCM-II participa en el proyecto europeo AMMA (African Monsoon Multidisciplinary Analysis); su contribución consiste en analizar simulaciones con el modelo de circulación general de UCLA, con el fin de estudiar las teleconexiones entre el monzón africano y la variabilidad climática en el Mediterráneo. Se prevé emplear este mismo modelo para profundizar en los mecanismos físicos involucrados en la conexión entre las anomalías de SST subtropicales y el clima invernal del sector Euro-Atlántico (sección 2.1.1).

El grupo PCB, en cambio, está interesado en la interacción entre el monzón indio, ENSO y las enfermedades infecciosas, y, de forma más general, en la conexión entre el clima y dichas enfermedades. Así, Rodó et al. (2002) han demostrado que existe una relación no-estacionaria entre ENSO y la incidencia de cólera en Bangladesh (Koelle et al. 2005, Rodó et al. 2002, Pascual et al. 2000). Su esfuerzo se centra ahora en desarrollar funciones de transferencia entre el clima y la dinámica de enfermedades infecciosas. Este grupo está también realizando simulaciones con un MCG acoplado que permitirá estudiar los cambios en la circulación monzónica inducidos por ENSO.

2.1.6. Variabilidad interanual ligada a ENSO.

El grupo PCB estudia la incidencia de la variabilidad interanual ligada a ENSO sobre el sur de Europa y el posible papel de otros modos de gran escala en la generación de memoria oceánica. Los resultados sugieren la existencia de una transferencia no-lineal de energía desde el océano a la atmósfera que se manifiesta en forma de persistencia (Rodríguez-Arias and Rodó 2004, Rodó and Rodríguez-Arias 2005), lo cual podría ser relevante para la memoria estacional e interanual del sistema climático. En el caso concreto del impacto de ENSO sobre el sur de Europa, y en contraposición con otros estudios que detectan una influencia entre débil y moderada, estos investigadores hallan que la interacción es intensa pero no-lineal y localizada en el tiempo, manifestándose unos 3-6 meses después de un episodio ENSO fuerte (Rodó 2001). Este aspecto no-lineal de la interacción complicaría su correcta identificación mediante técnicas estadísticas tradicionales. Anteriormente Rodó et al. (1997) investigaron la señal lineal ENSO en la precipitación peninsular, constatando una disminución de precipitación en la región levantina durante la primavera que sigue a un episodio ENSO. Ello confirma estudios anteriores que señalan el área mediterránea como la más sensible a ENSO en el sector europeo. Alvarez et al. (2002) aplicaron un método novedoso para extraer la componente determinista de la señal JJA característica del ENSO. A partir de esta señal y aplicando un algoritmo genético fueron capaces de obtener predicciones con 24 meses de antelación.

2.1.7. Predicción Climática Global.

El grupo de predicción estacional del ECMWF cuenta con dos investigadores españoles y ha llevado a cabo una intensa actividad de predicción dinámica mensual y estacional con modelos acoplados

océano-atmósfera (Stockdale et al. 1998, Alves et al. 2004, Vitart 2004, Doblas-Reyes et al. 2005). La predicción dinámica a largo plazo requiere el desarrollo de múltiples etapas: asimilación de datos oceánicos, inicialización de los conjuntos de predicciones, acoplamiento de los modelos de circulación general del océano y la atmósfera, generación y verificación de las predicciones, *downscaling* en el marco de los requisitos de los usuarios, etc. El objetivo es siempre la mejora del sistema de predicción operativo. Los resultados de los proyectos DEMETER (Palmer et al. 2004) y ENSEMBLES (<http://www.ensembles-eu.org/>) han demostrado la importancia de una buena coordinación en la monitorización de datos, la estrategia de archivado y la diseminación de información. Estos proyectos han permitido, además, ilustrar varios resultados de gran relevancia: i) la superioridad de la aproximación multi-modelo frente al uso de un único modelo (Hagedorn et al. 2004), ii) la viabilidad de distintas aproximaciones para la estimación del error del modelo en la predicción (Palmer et al. 2005), iii) la mejora de las predicciones a través de métodos de calibración y combinación (Stephenson et al. 2005, Doblas-Reyes et al. 2005a) y iv) las claras ventajas del uso de predicciones dinámicas en sistemas de predicción para usuarios, tales como gestores de rendimiento de cultivos (Doblas-Reyes et al. 2005b) o de la incidencia de enfermedades tropicales (Thomson et al. 2005).

2.2. Variabilidad climática en la Península Ibérica.

Coordinador de la sección:

R. García (Univ. Complutense de Madrid, UCM)

Contribuyentes:

R. García (UCM), F. S. Rodrigo (Univ. Almería, UAL), C. Rodríguez-Puebla (Univ. Salamanca, USAL), J. Martín-Vide, M.C. Llasat e I. Bladé (Univ. Barcelona, UB), J. Sáenz (Univ. País Vasco, UPV), J. Calbó (Univ. Girona, UG), J. A. Guijarro (Instituto Nacional de Meteorología, INM), J. Estrela (Fundación CEAM), M. C. Gallego (Univ. Extremadura, UEX)

La investigación sobre la variabilidad del clima de la Península Ibérica se realiza desde diferentes enfoques que abarcan el uso de modelos climáticos, la reconstrucción del clima en periodo paleoclimático e histórico y el análisis de datos observacionales en periodo instrumental. Esta sección resume las principales resultados de los análisis empíricos realizados a partir de observaciones. La información sobre el resto de enfoques se puede encontrar en los apartados 2.3, 2.5 y 2.6 respectivamente.

La Península Ibérica se encuentra en la frontera entre el clima de latitudes medias y el subtropical. En particular, se halla en el límite sur de la ruta de las borrascas atlánticas, lo que condiciona en gran medida el régimen de precipitación de gran parte de su territorio. La compleja orografía peninsular junto con su localización entre dos mares tan

diferentes como el Atlántico y el Mediterráneo explican la variedad climática de la Península y los elevados gradientes de temperatura y, especialmente, de precipitación que se registran en ella. Así, el centro y el oeste de la Península se caracterizan por máximos de precipitación entre noviembre y febrero, mientras que la parte oriental de la Península presenta un máximo absoluto en otoño, con otro secundario en invierno (Rodríguez-Puebla et al. 1998). Si se considera el conjunto de la Península, la mayor precipitación se registra entre octubre y marzo. En este período, la precipitación se debe mayoritariamente a perturbaciones baroclina a escala sinóptica procedentes del Atlántico, aunque los sistemas convectivos mesoescalares originan grandes precipitaciones en la costa mediterránea (García-Herrera et al. 2005a). En contraste, la escasa precipitación estival se debe a factores locales y a tormentas convectivas (Serrano et al. 1999).

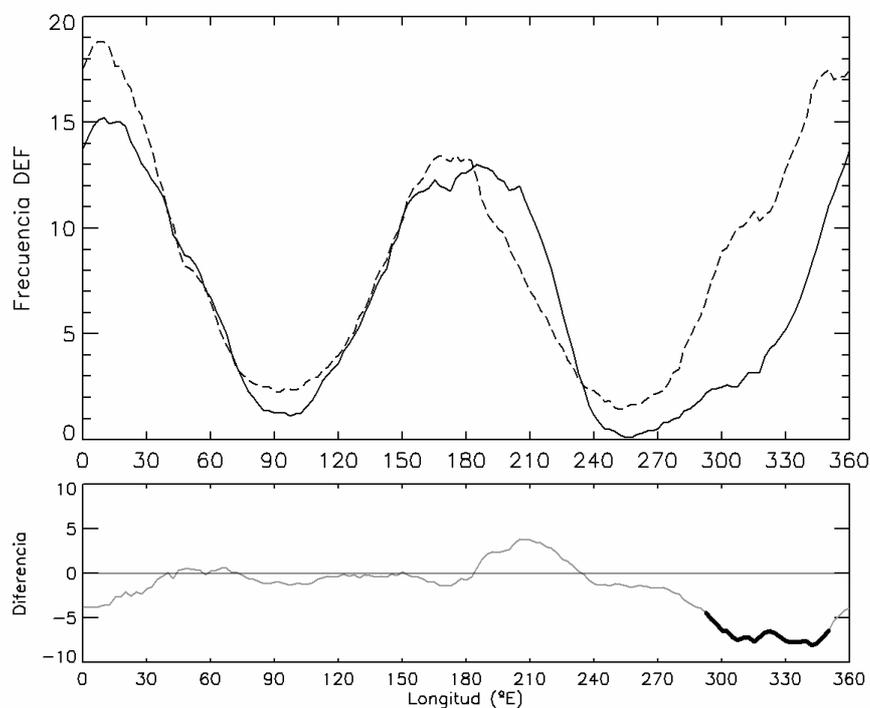
Una de las vías en el estudio de la variabilidad climática en la Península Ibérica es mediante el análisis empírico de observaciones. En los últimos años se han realizado un gran número de estudios de este tipo (<http://www.lrclima.net/clivar/publicaciones.htm>). En ellos se pueden identificar dos grandes objetivos: analizar el comportamiento espacio-temporal de las principales variables climáticas e investigar la asociación de dichas variables con diferentes teleconexiones.

2.2.1. Comportamiento espacio-temporal de las principales variables climáticas.

Para el estudio del comportamiento de las variables climáticas más relevantes se han aplicado una variedad de técnicas espectrales, de análisis de tendencias y de análisis espacio-temporal, tanto univariantes como multivariantes (Abaurrea et al. 2002, Morala et al. 2003, Muñoz and Rodrigo 2004, Sáenz et al. 2001^a, 2001 b, Rodríguez-Puebla et al. 2001, Serrano et al. 1999, Martín-Vide 2004, Peñarrocha et al. 2002, Rodríguez et al. 1994, 1996, Llasat and Quintas 2004). Mediante la aplicación de técnicas de clasificación objetiva del tiempo se ha tratado de identificar el papel de los sistemas sinópticos en el clima peninsular (Nieto et al. 2005, Soriano et al. 2005, Paredes et al. 2005). Los resultados encontrados por los diferentes autores no son siempre coincidentes, ello podría deberse a factores como el uso de ventanas temporales y técnicas de análisis diferentes o el empleo de bases de datos observacionales de distinto origen. En el análisis de tendencias, una de las señales más robustas que ha sido analizada por diferentes grupos de investigación es el descenso de la precipitación durante el mes de marzo en el conjunto del territorio peninsular. Diferentes estudios han detectado un descenso sostenido de hasta el 70% entre finales de los años 50 y finales de los 90 (Serrano et al. 1999b, García et al. 2001, Estrela et al. 2004, Paredes et al. 2005).

La tendencia es significativa en la mitad occidental de la Península, zona que coincide con el territorio que presenta la mayor señal de la NAO. Entre sus causas se ha podido identificar un descenso significativo de la densidad de ciclones en las proximidades de la Península, que se acompaña de un incremento de la misma y de la precipitación en el norte de Europa. En las dos últimas décadas el centro septentrional del dipolo de la NAO se ha desplazado hacia Escandinavia, lo que tiene especiales implicaciones para la precipitación peninsular (Rodó et al. 1997, Goodess and Jones 2002). Este desplazamiento en la ruta de las borrascas coincide con una tendencia positiva en la actividad del

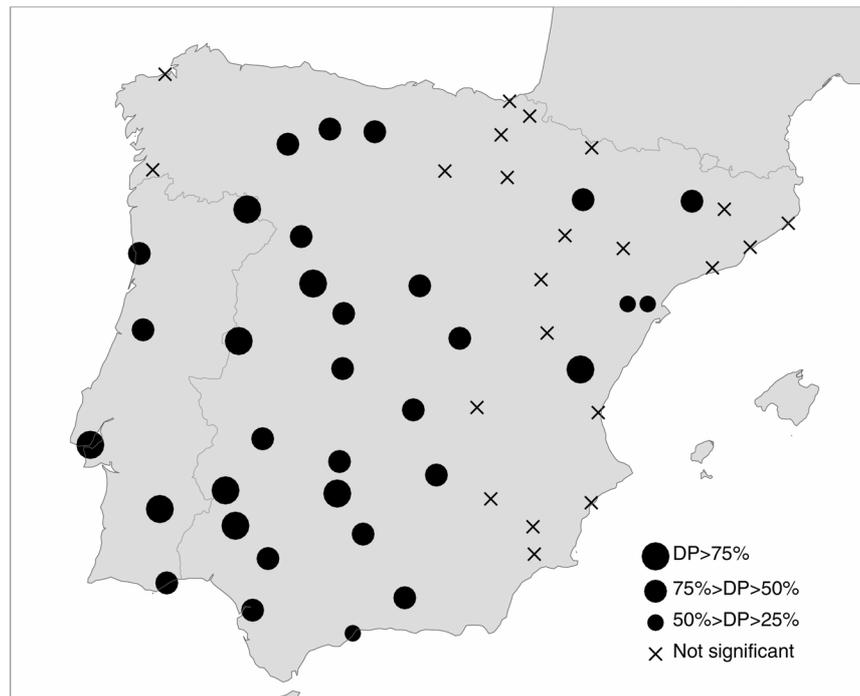
bloqueo en el sector atlántico (Barriopedro et al. 2005). Si se trabaja con la precipitación representativa de las diferentes cuencas de España, se obtiene a escala anual, para el periodo 1897-1998, un ligero aumento en la precipitación en las cuencas Noroeste, Noreste y Norte, y un ligero descenso en las cuencas Centro Sur y Centro Norte (Barrera and Llasat 2004). El ejemplo anterior ilustra bien el status de la investigación en este campo. Se describe el comportamiento temporal y se caracteriza el papel de los factores que pueden explicarlo a escala hemisférica o global, pero, en general, no se ha evaluado suficientemente la influencia de factores a escala regional o local, como puede ser el cambio de usos del suelo o de la cubierta vegetal. Estos factores pueden ser especialmente relevantes en España, dada la desertificación que viene experimentando nuestro país y la intensa urbanización que se está produciendo, sobre todo en el litoral mediterráneo (Millán et al. 2005a, 2005b).



Distribución de la frecuencia media invernal de longitudes bloqueadas para las fases positivas (línea continua) y negativas (línea discontinua) de la NAO durante el periodo 1950-2002. El gráfico inferior muestra la diferencia de composites y (en oscuro) las longitudes en las que la diferencia es significativa al 99% tras aplicar un test t-student. (Barriopedro et al. 2006).

Otro de los aspectos analizados ha sido la evolución a largo plazo de episodios climáticos extremos, sequías meteorológicas a lo largo del siglo XX (Abaurrea and Cebrián 2002, Cebrián and Abaurrea 2005) u olas de calor en el periodo 1951-2004 (Abaurrea et al. 2005, García-Herrera et al. 2005b), utilizando modelos estadísticos basados en procesos puntuales y en análisis de series temporales. Asimismo se han estudiado las tendencias observadas en las propiedades de los episodios extremos de precipitación analizando índices basados en señales puntuales y areales (Abaurrea et al. 2005). La mayoría de los trabajos se centran en el análisis de variables típicas como presión, temperatura o precipitación, sin embargo, el reto está en encontrar

nuevas variables que incrementen el conocimiento sobre la variabilidad climática. Dentro de este punto se encuentran los trabajos de Calbó et al. (2001) y de Llach y Calbó (2004), cuya finalidad es la construcción de una climatología de nubes bajo la hipótesis de la existencia de tendencias significativas en la cantidad y/o tipología de nubes presentes en la Península Ibérica en los últimos decenios. La importancia del conocimiento de los procesos radiativos en que intervienen las nubes radica en que éstas son un factor clave entre los procesos que regulan el clima, dada su influencia en el balance energético y en el ciclo hidrológico, además de ser uno de los procesos que aportan más incertidumbre en la simulación del clima.



Tendencia de la precipitación en marzo para el periodo 1941-1997. Las cruces señalan tendencias positivas o no significativas, mientras que los puntos representan estaciones con precipitación decreciente al nivel del 10% (test de Mann-Kendall). El tamaño de los puntos indica el cambio relativo en precipitación para el periodo completo después de filtrar las series mediante un modelo lineal. (Paredes et al. 2006).

2.2.2. Análisis de la influencia de las teleconexiones.

El segundo gran objetivo en el estudio de la variabilidad climática peninsular se centra en el análisis de la influencia de las teleconexiones. Desde los primeros trabajos realizados a principios de los noventa que permitieron detectar el impacto de la NAO en la precipitación mensual e invernal en la Península (Hurrell 1995, Zorita et al. 1992), el papel de este modo de circulación sobre el clima peninsular se ha investigado de forma exhaustiva, incluso a escala diaria (Gallego et al. 2005). Se puede afirmar que la principal señal de la NAO se detecta en la precipitación y está relacionada, tal y como se acaba de mencionar en el párrafo anterior, con un desplazamiento en la trayectoria de los sistemas de baja presión sobre el Atlántico (Muñoz-Díaz and Rodrigo 2003, Trigo et al. 2004, Rodríguez-Fonseca and Serrano 2002, Goodess and Jones 2002). Un estudio a más largo plazo, relativo al periodo 1760-1800, conocido como la oscilación Maldà y caracterizado por la sucesión de sequías e

inundaciones, muestra su conexión con un cambio en la configuración usual de la NAO (Barriendos and Llasat 2004). El papel de la NAO en la variabilidad de la temperatura es mucho más limitado (Pozo-Vázquez et al. 2001^a, Castro-Díez et al. 2002, Sáenz et al 2001b), aunque se ha podido detectar una influencia no-lineal sobre el campo de temperaturas mínimas de invierno (Prieto et al 2004). La interpretación física de la falta de relación entre la temperatura sobre gran parte de la Península Ibérica y la NAO se debe a que la variabilidad de temperatura está controlada en gran parte por los transportes de calor sensible por las ondas planetarias medias, mientras que, sobre la Península Ibérica, la NAO controla básicamente el modo en que actúan las perturbaciones baroclinas. Los flujos de calor por las perturbaciones baroclinas no juegan un papel determinante en las anomalías mensuales de temperatura (Sáenz et al. 2001b). La fase positiva de la NAO aumenta la frecuencia de las situaciones de estancamiento sobre la Península, asociadas a la ocurrencia de extremos de temperatura mínima (Prieto et al. 2002). También se ha detectado una cierta señal de la ENSO (Rodó et al. 1997, Pozo-Vázquez et al. 2001b, Pozo-Vázquez 2005a, 2005b), aunque se desconocen todavía los mecanismos que explicarían esta teleconexión.

El patrón Atlántico Este (EA) contribuye también a la precipitación en el norte de la Península mediante la modulación de la advección de aire húmedo y cálido al mismo tiempo que influye sobre el comportamiento de la temperatura media invernal (Sáenz et al. 2001^a, Fernández et al. 2003). Por otra parte, el forzamiento de las SST de los mares circundantes ha sido escasamente estudiado (Rodríguez-Fonseca and de Castro 2002, Xoplaki et al. 2003), pero los primeros resultados indican que las SST del Atlántico Subtropical están asociadas estadísticamente con la precipitación invernal en la Península y que la temperatura estival presenta una cierta señal de las SST del Mediterráneo, sin que se hayan podido identificar todavía los mecanismos físicos responsables de dichas señales, ver apartado 2.1 para más detalles.

2.3. Predicción a escala regional.

Coordinador de la sección:

J. F. González-Rouco (Univ. Complutense de Madrid, UCM)

Contribuyentes:

J. F. González-Rouco y F. Valero (UCM), J. Abaurrea (Univ. Zaragoza, UNIZAR), M. Castro (Univ. Castilla-La Mancha, UCLM), Y. Castro (Univ. Granada, UGra), J. M. Gutiérrez (Univ. Cantabria, UC), M. J. Ortiz (Univ. Alcalá, UA), D. Pozo-Vázquez (Univ. Jaén, UJAEN), J. Sáenz (Univ. País Vasco, UPV), E. Zorita (GKSS Research Center)

La modelización y predicción a escala regional surgen de la motivación de entender mejor los procesos que contribuyen a la variabilidad climática regional y evaluar los cambios que se pueden producir en estas escalas espaciales en el contexto de la predicción estacional y a medio y

largo plazo. Por otra parte, también encuentra una fuente en la necesidad de disponer de información de alta resolución espacial para su uso en estudios de impacto sobre ecosistemas y diseño de políticas de mitigación y adaptación a previsiones de la evolución climática regional. El clima de una determinada región se determina a partir de la interacción de factores de forzamiento que operan a escalas espaciales planetarias (10^7 km²), regionales (10^4 a 10^7 km²) y locales (10^4 km²) en un amplio rango de escalas temporales. La variabilidad interna de la atmósfera, la interacción atmósfera-océano, los cambios en el forzamiento externo (irradiancia solar, concentraciones de gases de efecto invernadero, etc.), entre otros, regulan el comportamiento de la circulación atmosférica a gran escala y la secuencia de tipos de tiempo que afectan al clima de una determinada región. El clima regional se ve perfilado no sólo por el contexto espacial circundante, sino que puede responder también a la variabilidad climática en regiones distantes a través de patrones de teleconexión (NAO, ENSO). A su vez, factores de forzamiento regional y local (topografía, usos de suelo, albedo, etc), así como la circulación atmosférica a mesoescala, modulan el comportamiento espacio-temporal del clima a escala regional.

La modelización y predicción regional se apoyan en el uso de Modelos de Circulación General Atmósfera-Océano (MCGAO). Si bien estos modelos simulan razonablemente bien la variabilidad climática a gran escala, hay factores (resolución espacial, parametrizaciones, etc.) que limitan su fiabilidad en la simulación a escala regional. La necesidad de proporcionar información de alta resolución espacial se satisface con el uso de técnicas de regionalización (*downscaling*). Dichas técnicas pueden estar basadas en el uso de métodos numéricos, métodos estadísticos o métodos híbridos. La aproximación numérica se basa en el uso de MCGAOs de resolución variable o mediante Modelos Climáticos Regionales (MCR), que son alimentados con las simulaciones de MCGAOs. La aproximación estadística se fundamenta en la construcción de modelos estadísticos que establecen relaciones entre variables a escala regional o local en función de variables a gran escala. Una descripción más amplia de este contexto y del estado del conocimiento actual se puede encontrar en Houghton et al. (2001).

La contribución de la investigación **CLIVAR-ESPAÑA** al contexto anterior se centra en el desarrollo y aplicación de metodologías numéricas y estadísticas para el análisis y predicción del clima regional. La investigación desarrollada aborda el uso de simulaciones con MCGAOs en combinación con metodologías de regionalización numéricas y estadísticas o haciendo uso exclusivamente de bases de datos instrumentales. Se han desarrollado también trabajos que contribuyen al conocimiento y predicción de la variabilidad climática a gran escala bajo la perspectiva de su influencia en la variabilidad climática regional. Los estudios se centran en diversas zonas de interés en el globo y se orientan al análisis y predicción en distintas escalas temporales.

2.3.1. Variabilidad climática regional.

La aplicación de técnicas de regionalización estadística al estudio del clima de la Península Ibérica se remonta a principios de los 90. Los trabajos de Zorita et al. (1992), von Storch et al. (1993) y Noguer (1994) pueden considerarse como un punto de partida en el conocimiento de la variabilidad de la precipitación peninsular en relación a patrones de

circulación atmósfera-océano (presión a nivel del mar, SSTs) en el Atlántico Norte, basados en el uso de modelos estadísticos de regionalización (fig. 1). Se constata la influencia de la variabilidad climática asociada a la NAO en la precipitación peninsular invernal, y la simulación de esta asociación entre la gran escala y la escala regional en los MCGAO ECHAM y HadCM. En estudios posteriores se lleva a cabo una comparación de diversas metodologías estadísticas para la predicción de la precipitación peninsular (Biau et al. 1999; Zorita et al. 1999), así como la identificación de otros modos de circulación Atlántica que tienen una influencia en la misma (González-Rouco et al. 2000). Fernández y Sáenz (2003) aportan una nueva metodología estadística basada en la combinación de técnicas de análogos con análisis de correlación canónica (ACC) que mejora las técnicas habituales y respetan mejor las propiedades no gaussianas de la distribución de probabilidad de la precipitación en la cornisa Cantábrica. Estos autores desarrollan un software de uso libre con aplicaciones al clima y, en particular, a estudios de regionalización (Sáenz et al. 2002).

En los estudios anteriores se pone de manifiesto la heterogeneidad existente en cuanto a la predictibilidad de la precipitación en distintas zonas peninsulares, constatándose un descenso de la capacidad de predicción en el litoral Mediterráneo. Valero et al. (2004) y Martín et al. (2004), mediante una aproximación basada en descomposición en valores singulares (SVD), presentan estudios de la influencia de la circulación atmosférica en altura en las estaciones en las que se registran los mayores aportes de precipitación en el litoral Mediterráneo (primavera y otoño).

Dunkeloh y Jacobeit (2003) y Xoplaki et al. (2004) presentan una perspectiva más amplia para toda la cuenca Mediterránea basada en un método de regionalización diseñado mediante análisis de correlación canónica (ACC). El modo de circulación de la NAO determina fundamentalmente las variaciones decadales de precipitación en la Península Ibérica a lo largo del último siglo y medio de esta oscilación, si bien, otros modos de circulación (EA, EAJet, etc.) juegan un papel relevante en regiones específicas tal como se pone de manifiesto en trabajos anteriormente citados.

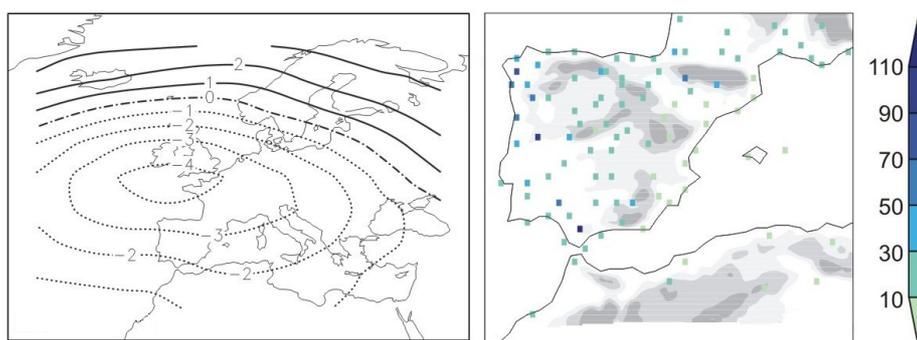
Las técnicas de regionalización se han aplicado con menor énfasis al estudio de la temperatura peninsular. Xoplaki et al. (2003) presentan un estudio de la influencia de la circulación atmosférica en la zona Atlántica y Europea sobre la temperatura en superficie en verano para toda la zona Mediterránea. Los resultados son indicativos de los modos de circulación que afectan a la variabilidad interanual y decadal de la temperatura peninsular en verano.

Desde el punto de vista de la aplicación de MCRs, los trabajos con el modelo PROMES, desarrollado por el grupo de la Universidad de Castilla La Mancha (Castro et al. 1993, Fernández et al. 1995, 1997), han abordado la simulación y el análisis de sistemas meteorológicos que dan lugar a fenómenos extremos de precipitación en la Península Ibérica. En esta misma línea de simulación para la predicción de fenómenos de precipitaciones intensas en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica destacamos los trabajos del Grupo de meteorología-climatología de la Fundación CEAM-Valencia (Pastor et al. 2001) con el modelo RAMS (Regional Atmospheric Modelling System). Asimismo, el grupo de la Universidad de Castilla la Mancha ha contribuido a la realización de simulaciones climáticas de alta resolución del clima actual (Gallardo et al. 2001) y al avance del conocimiento de la influencia de la vegetación sobre el clima del Mediterráneo occidental (Gaertner et al.

2001, Arribas et al. 2003). En el contexto de la modelización numérica, Fernández (2004) ha estudiado la sensibilidad del modelo regional MM5 (NCAR) realizando “ensembles” con multiparametrización para un período de 5 años y concluyendo que, a escalas interanuales, la parametrización óptima depende de la estación del año, escala temporal (mensual, diaria, etc.), localización geográfica y variable considerada. Los parámetros para la modelización deben ser, por lo tanto, elegidos de acuerdo a las necesidades concretas de cada estudio. Fernández (2004) presenta también un estudio comparativo de la capacidad de predicción de métodos de regionalización estadísticos y dinámicos.

A lo largo de los últimos años se ha realizado un considerable esfuerzo en entender la variabilidad a gran escala que afecta a la precipitación y temperatura peninsular abordando el estudio del comportamiento de índices de circulación (NAO, ENSO). Estos trabajos ya mencionados en otros apartados del presente texto (apartados 2.1 y 2.2) constituyen una aportación importante en la modelización del clima regional en tanto en cuanto ilustran la influencia de teleconexiones y patrones de circulación a gran escala en el clima a escala regional en la Península Ibérica. Pozo-Vázquez et al. (2000) discuten las implicaciones de distintas definiciones del índice NAO y el carácter asimétrico (en fases positivas y negativas del índice) de su influencia no lineal en la temperatura y precipitación en Europa y, en particular, en la Península Ibérica (Pozo-Vázquez et al. 2001a, Castro-Díez et al. 2002). Por otra parte, la influencia de la ENSO en el clima se detecta en la variabilidad pluviométrica del Levante peninsular (Rodó et al. 1997) y en anomalías de temperatura y precipitación en el centro y suroeste de la Península Ibérica (Pozo-Vázquez et al. 2001b, 2005a y 2005b).

Fuera del contexto de la Península Ibérica, otros estudios de regionalización estadística han centrado su atención en la interpretación de la variabilidad climática de la precipitación en otras zonas del globo y en otras variables de interés que están sujetas a cambios en la circulación a gran escala (Cui et al. 1995, Heyen et al. 1996, Zorita y Lane 2000, Zorita and Tilya 2002).



Patrones de anomalías de presión a nivel del mar (izquierda) en el Atlántico Norte (hPa) y precipitación (derecha) invernal (DEF) en la Península Ibérica (mm) resultante de un análisis de correlación canónica entre ambas variables. La correlación entre los coeficientes temporales es de 0.86. La varianza explicada del patrón de precipitación es del 50%. Figura modificada de Zorita y von Storch (1999).

2.3.2. Predicción estacional y a medio plazo.

En el contexto de la predicción estacional, una aproximación ha sido la predicción numérica estacional con MCGAOs y su regionalización a

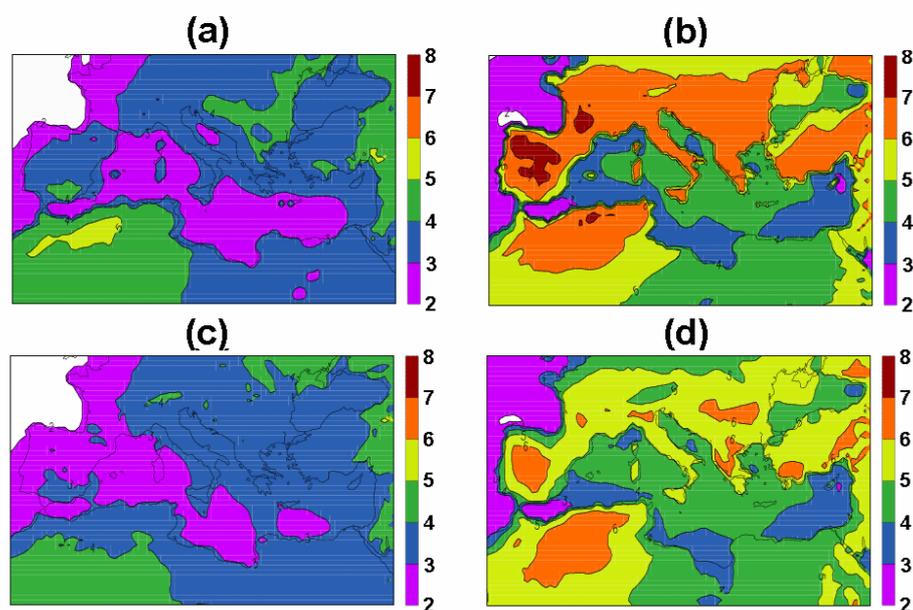
través de técnicas estadísticas específicas. El proyecto europeo DEMETER permitió analizar las predicciones estacionales proporcionadas por seis modelos diferentes en distintas regiones geográficas durante un período de 40 años, mostrando así las posibilidades actuales de la predicción estacional (Palmer et al., 2004). Gutiérrez et al. (2005) han generado algoritmos de regionalización con los que ilustran que los modelos estacionales podrían predecir conjunta y consistentemente con cierta pericia las anomalías de precipitación en latitudes tropicales en períodos de *El Niño* fuerte, con hasta seis meses de antelación. Dichos algoritmos han mostrado éxito también en su aplicación a la predicción a corto plazo (Gutiérrez et al. 2004a). En cuanto a la predicción estacional en latitudes medias no se ha encontrado ningún patrón repetitivo de pericia, sino casos aislados de acierto (Díez et al. 2005). Gutiérrez et al. (2004b) presentan información detallada de los trabajos desarrollados.

Frías et al. (2005) han realizado experimentos de regionalización estadística a los “ensembles” multimodelo de predicción estacional provenientes del proyecto DEMETER. Se concluye que la predictibilidad a escala mensual de la temperatura máxima sobre la Península Ibérica se reduce al mes de febrero y se identifican como causas de este hecho la mayor reproducibilidad del agente en el que se basa dicha predicción o predictor (presión al nivel del mar) en este mes y la mayor relación empírica que une la circulación y la temperatura durante la estación invernal.

Los estudios con metodologías estadísticas se han centrado en analizar las relaciones con retardo entre la precipitación y la temperatura peninsulares y los modos de circulación en el Atlántico Norte. Tales relaciones indican cierta capacidad de predicción a escalas estacionales entre la precipitación peninsular y las SSTs en el Atlántico Subtropical (Rodríguez-Fonseca and Castro 2002). Gámiz-Fortis et al. (2004) encuentran relaciones con retardo entre las SSTs en el Atlántico Norte y la temperatura y precipitación en la Península Ibérica, resultados que anuncian la posibilidad de predicción a escalas estacionales y a medio plazo. Anteriormente, Gámiz-Fortis et al. (2002) mostraron la posibilidad de predicción a escalas interanuales con modelos ARMA del índice de la NAO, que tiene implicaciones sobre la predicción de la temperatura y precipitación peninsular a estas escalas. En una línea comparable, los trabajos de Ruiz de Elvira y Ortiz-Beviá (1995), Ruiz de Elvira et al. (2000) y Sánchez Gómez y Ortiz-Beviá (2003) presentan experimentos con modelos estadísticos bayesianos basados en la persistencia de las oscilaciones (BOP) con los que se predicen algunos rasgos de la variabilidad interanual de los océanos tropicales (Pacífico y Atlántico). La habilidad de predecir de las BOP a largo plazo es algo mejor que la de otros modelos empíricos lineales, como el LIM y comparable a la de otros modelos empíricos no lineales basados en redes neuronales, que han sido propuestos con posterioridad a las BOP. Además, estos experimentos ponen de manifiesto importantes teleconexiones que subrayan las relaciones dinámicas subyacentes. Por ejemplo, Ruiz de Elvira et al. (2000) demuestran que con predictores del Pacífico y del Índico tropical es posible predecir la variabilidad del Golfo de Guinea y con casi la misma habilidad de predicción que si se usan los predictores del Atlántico Tropical. O también que la variabilidad de la temperatura del mar en el Atlántico Tropical Norte, que tan difícil resulta de simular con modelos de circulación general (Cabos Narvaez et al. 1998), se puede predecir con el modelo BOP con bastante éxito. En otro conjunto de experimentos realizados por el mismo grupo (Sánchez Gómez et al.

2001, 2002, Sánchez Gómez and Ortiz-Beviá 2003) se exploran las relaciones de retardo entre la variabilidad climática de la temperatura en la superficie del mar y otras variables atmosféricas en el Atlántico Norte. Utilizando la descomposición en valores singulares (SVD) de la matriz de covarianza, se formulan pronósticos reales tanto para las anomalías de la temperatura del aire a 850 hPa como para la NAO. También realizan una bajada de escala a partir de este índice, formulando pronósticos reales de las lluvias en la España 'seca'.

Con estos modelos, los pronósticos a seis meses o más presentan una capacidad de predicción superior a la obtenida con el supuesto de persistencia y es por ello que se proponen como 'benchmark' de las predicciones estacionales realizadas con modelos GCM acoplados.



Proyecciones de cambio de promedios estacionales de temperaturas máximas y mínimas diarias para el periodo 2070-2100 respecto al clima actual correspondiente al escenario de emisiones SRES-A2, simuladas por el modelo PROMES en el marco del proyecto europeo PRUDENCE. (a) Mínimas de verano. (b) Máximas de verano. (c) Mínimas de invierno. (d) Mínimas de invierno. Modificada de Sánchez et al. (2004).

2.3.3. Predicción a largo plazo.

La predicción a largo plazo se ha nutrido, al igual que los campos anteriores, de aportaciones de MCRs y métodos estadísticos, en ambos casos forzados por condiciones de contorno proporcionadas por simulaciones de escenarios de cambio climático con MCGAOs. Las variables más estudiadas han sido la precipitación y la temperatura. En ambos casos, sobre todo en el de la precipitación, el comportamiento del parámetro a escala regional depende de la respuesta de la circulación a gran escala simulada por el MCGAO en escenarios de cambio de las concentraciones de gases de efecto invernadero (Nakicenovic y Swart 2001). Dicha respuesta varía de unos MCGAOs a otros, e incluso en función de las condiciones iniciales (Zorita y González-Rouco 2000, Osborn 2004), aspecto que se añade a las incertidumbres asociadas a las propias limitaciones de los modelos climáticos, de los métodos de regionalización, estimaciones de aumento de gases de efecto invernadero, etc. Por tanto, los resultados de estos experimentos han de

ser interpretados en el contexto de estas incertidumbres. No obstante, este tipo de ejercicios son enormemente valiosos porque han permitido validar la capacidad de los MCGAOs de reproducir el clima regional y permiten obtener un aumento de la resolución espacial en las integraciones de MCGAOs. Asimismo, dichos experimentos representan la estimación más elaborada y fiable que se puede hacer en la actualidad del posible cambio climático a escala regional asociado al aumento de gases de efecto invernadero.

Cubasch et al. (1996) han hecho estimaciones de la evolución de la precipitación mensual a escala peninsular en escenarios de duplicación del CO₂ simulados con el modelo ECHAM y aplicando métodos estadísticos de regionalización basados en ACC. Los resultados apuntan hacia un aumento de las rachas secas. González-Rouco et al. (2000) utilizaron una aproximación similar para aumentar la resolución a escala peninsular de simulaciones transitorias con el modelo HadCM2 en el escenario IS92a y validar hipótesis habituales en las estrategias de regionalización como la constancia de las relaciones estadísticas entre la escala regional y la gran escala. Los resultados de estos autores señalan aumentos en la precipitación invernal para el SO de la Península Ibérica.

Utilizando datos con resolución diaria, algunos estudios se han centrado en escalas espaciales de mayor resolución de la Península Ibérica. Goodess y Palutikof (1998) clasificaron los tipos de circulación atmosférica (tipos de tiempo) para estudiar las frecuencias relativas de precipitación asociadas a los mismos en el Valle del Guadalentín. El método permite validar la capacidad del modelo UKTR de simular dichos regímenes de circulación atmosférica y estimar cambios en los mismos y en las precipitaciones asociadas en escenarios de cambio climático. Los resultados sugieren disminuciones del número de días de precipitación en primavera y aumentos en verano, aspectos críticos para la época de crecimiento agrícola (primavera) y la de mayor vulnerabilidad a la erosión (verano). Aburrea y Asín (2005) obtienen una proyección para la lluvia diaria en el período 2090-2100, en el centro del Valle del Ebro y en un escenario IS92a, introduciendo la salida de un MCGAO, el CGCM1 del Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, en un modelo estadístico de precipitación diaria cuyos parámetros dependen de un conjunto de variables meteorológicas bien representadas por CGCM1. Las variables útiles son de tipo anomalía (diferencias al valor medio diario) e incluyen información sobre temperatura, humedad y altura neopotencial en superficie y en los niveles 850, 700 y 500 hPa. Las variables de viento, sin embargo, no pueden usarse. En estas condiciones es posible obtener un modelo que reproduce bien el proceso diario de ocurrencia y las cantidades agregadas a escala mensual, pero no su distribución diaria. Los resultados obtenidos indican que el cambio más importante sería la alteración del ciclo estacional, con una reducción de la frecuencia y de la cantidad de lluvia observada en primavera. De manera análoga, basándose en un proceso de Poisson no homogéneo compuesto, Aburrea et al. (2005) obtienen una evolución verosímil de las olas de calor en la misma región hasta el año 2050 en el escenario SRES-A2, usando una salida del modelo HadCM3. Sánchez-Gómez et al. (2005) trabajan con simulaciones del modelo ARPEGE para la variabilidad presente y futura calibrada con los reanálisis de ERA que combinan con el uso de una estadística de extremos. A partir de sus resultados, los autores identifican cuatro tipos de tiempo en la región Noratlántica, detectando un incremento significativo de dos de ellos (bloqueo y zonal) en el clima futuro. Las

implicaciones que esto tiene en la variabilidad de la Meseta Sur de la Península Ibérica es finalidad del estudio que desarrollan otros autores.

En cuanto a los trabajos realizados en base a simulaciones con modelos climáticos regionales, su importancia radica en que estos modelos permiten obtener proyecciones de cambio climático con mayor resolución espacial que los MCGAOs, siendo, por tanto, más apropiados en el estudio del impacto del cambio climático sobre recursos hídricos, agrícolas o forestales así como para reproducir eventos climáticos extremos. Sus resultados permiten el uso de modelos de impacto del cambio climático futuro.

El primero en aplicar estos modelos fue Giorgi (1990). Christensen et al. (1997) realizaron la primera comparación de resultados entre los diversos MCRs europeos simulando condiciones de clima actual, lo que permitió evidenciar su capacidad y aplicabilidad para simulaciones de clima futuro en Europa. Dequé et al. (2005) hicieron una comparación entre resultados de cambio climático en Europa simulados por modelos globales y regionales, cuantificando el nivel de confianza que ofrecen ambos tipos de modelos. Desde el año 1992 se han llevado a cabo diversos proyectos europeos relacionados con el modelado regional del clima (Regionalization, RACCS, MERCURE, PRUDENCE, etc.) que han permitido que Europa haya tomado el liderazgo en la aplicación de este tipo de modelos climáticos. En tales proyectos europeos la participación española ha consistido en aplicar el modelo PROMES, al que se le han ido incorporando mejores parametrizaciones a lo largo de estos años y que se ha utilizado y se está usando para simular el clima presente y futuro en Europa y la cuenca mediterránea, en Sudamérica y en la zona del monzón africano (Gallardo 2004, Castro et al. 2004, Sánchez et al. 2004 –ver figura 2). Actualmente, este modelo es uno de los diez MCRs originales existentes en Europa que se están aplicando en el proyecto europeo ENSEMBLES para obtener escenarios de cambio climático a lo largo del siglo XXI.

2.4. Variabilidad oceánica.

Coordinador de la sección:

X. Rodó (*Parc Científic de Barcelona, PCB*)

Contribuyentes:

X. Rodó (*PCB*), M. J. García (*Instituto Español de Oceanografía, IEO*), D. Gomis, Joaquín Tintoré, Alejandro Orfila, Alberto Alvarez y Gotzon Basterretxea (*Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzado, IMEDEA*), E. Álvarez (*Puertos del Estado, PE*), J. García-Lafuente (*Univ. Málaga, UMA*), F. F. Pérez (*Instituto Investigaciones Marinas, IIM-CSIC*).

El estudio de la variabilidad climática ligada a la memoria oceánica es crucial para tratar de entender los factores que regulan los cambios naturales o aquellos inducidos por efecto antropogénico a escalas temporales desde subestacionales a interdecadales y más largas. La variabilidad oceánica depende de las restricciones propias de la

circulación marina y de la interacción atmósfera-océano que se produce a través de los intercambios en superficie. Además de la influencia del clima sobre la formación de masas de agua y su desplazamiento, desde el punto de vista de los estudios climáticos, el aspecto quizás más importante es el papel de los océanos como fuente de predictibilidad. El océano actúa como fuente de memoria en el sistema climático al integrar, en zonas determinadas y durante ciertos períodos de tiempo, las influencias atmosféricas que no son aleatorias y que, por tanto, no tienden a cancelarse entre ellas. El océano actúa, pues, como un filtro de ruido y un amplificador de las señales climáticas, y por ello, del conocimiento de la variabilidad oceánica y de cómo interactúa con el clima regional, se puede obtener, aunque no para todas las regiones terrestres por igual, una cierta capacidad de predicción. Los grupos de investigación en variabilidad oceánica de **CLIVAR-ESPAÑA** desarrollan investigaciones específicas en muchos de los ámbitos típicos de los estudios oceanográficos, incluyendo algunos aspectos de aquellos que están directamente relacionados con la variabilidad climática. A pesar de todo se percibe un notable vacío en el desarrollo y el uso de modelos oceánicos, sobre todo en lo que respecta a intentar responder al papel que juega el océano en la modulación del clima mediterráneo. Hay grupos que realizan observaciones, obteniendo por tanto mediciones de campo de la variabilidad oceánica y desarrollan investigaciones con el fin de caracterizarla, grupos que estudian y modelan la dinámica oceánica desde una perspectiva oceanográfica clásica, y grupos que estudian la memoria oceánica y los acoplamientos entre la atmósfera y el océano de cara a establecer los mecanismos de teleconexión entre cubetas alejadas y obtener un cierto grado de capacidad de predicción climática. De relevancia para **CLIVAR-ESPAÑA**, aunque en un contexto alejado al del Mediterráneo, hay que señalar la participación de grupos españoles en el estudio de la oceanografía física en el océano austral y subtropical.

2.4.1. Medición de la variabilidad oceánica.

Los grupos integrados en **CLIVAR-ESPAÑA** han participado activamente en la monitorización del océano y en la generación de series de datos oceanográficos que son de gran utilidad para los objetivos científicos, no sólo de esta red sino también en un contexto internacional más amplio. De hecho, los grupos españoles aparecen integrados en diversas iniciativas internacionales con el objetivo de monitorizar datos, o implementar y consolidar redes, proyectos internacionales, etc.

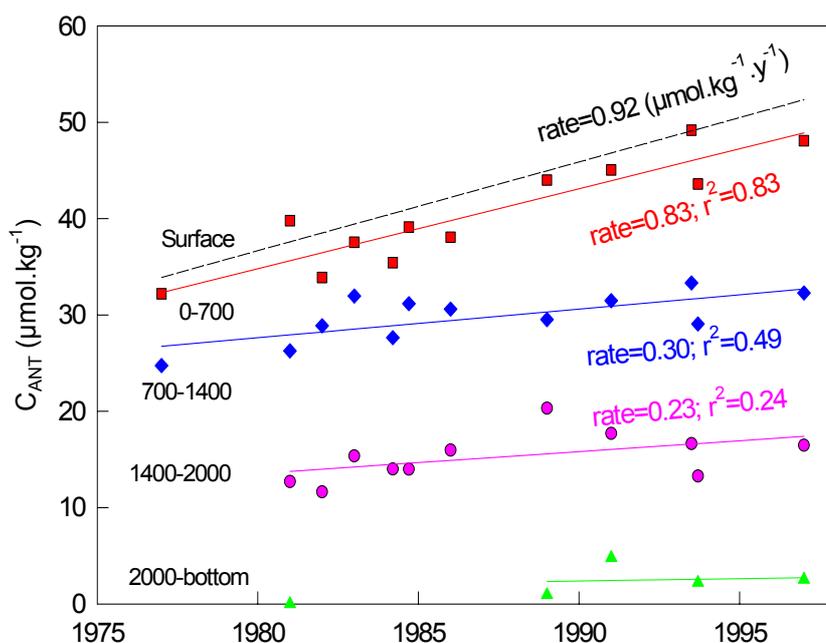
Por una parte, en lo que se refiere a la monitorización en el campo, cabe destacar la colaboración entre el Instituto Español de Oceanografía (IEO), el Instituto Geográfico Nacional y Puertos del Estado (PE), a través de la cual se ha conseguido llevar a cabo una inspección detallada de historiales y el control de calidad de las series, produciendo una mejora considerable en la puesta a punto de la información. Gracias al esfuerzo de estas instituciones se dispone de un sistema de monitorización (con mareógrafos y estaciones oceanográficas fijas) en las aguas de la plataforma continental y del talud de todo el perímetro peninsular incluyendo, además, los archipiélagos balear y canario. En el campo de la teledetección se ha participado también en la calibración del altímetro del satélite ENVISAT por encargo de la Agencia Espacial Europea (IMEDEA e ICM de Barcelona) y se han llevado a cabo también actividades de calibración del altímetro del JASON (coordinadas por la Univ. Politècnica de Catalunya)

En cuanto al análisis o estudio de las series de datos observacionales hay que hablar, en primer lugar, de análisis de la variabilidad del nivel del mar y de series de SSTs. El estudio de la variabilidad decadal e interdecadal del nivel del mar alrededor de la Península Ibérica ha sido abordado como parte de un marco geográfico mucho más general en diferentes estudios. Los estudios de la variabilidad del nivel del mar a escala interdecadal, aunque incipientes, se han llevado a cabo particularmente en la costa norte española. Las investigaciones centradas en las costas de la Península Ibérica están dedicadas a aspectos muy específicos de la variabilidad del nivel del mar. Acinas (1993) llevó a cabo una estimación de las tendencias de todas las series disponibles durante la última década. Bruno et al. (1996) y Gómez-Enri et al. (2004), a partir de análisis de datos de mareógrafos y altimétricos, han realizado estudios centrados sobre todo en la respuesta del nivel del mar al forzamiento atmosférico. Trabajos realizados en colaboración con el centro oceanográfico de Southampton y el Laboratorio Oceanográfico Proudman (ambos del Reino Unido) han permitido el estudio de la contribución de las diferentes componentes del ciclo estacional del nivel del mar en las costas españolas (García-Lafuente et al. 2004), así como el desarrollo de técnicas de análisis para verificar la consistencia de los registros de mareógrafos de cara a la determinación de tendencias interdecadales (Marcos et al. 2005, Tel 2005). Tel y García (2005) han estudiado la conexión de fenómenos atmosféricos de gran magnitud con las variaciones del nivel del mar, particularmente de la NAO, aunque Rodó (2001) ha concluido también que existen relaciones a escala interanual con la ENSO, tanto en la cuenca mediterránea occidental como en el Atlántico Tropical Norte. Por otro lado, de los estudios llevados a cabo de algunas series temporales del nivel del mar se han observado tendencias de aumento tanto en la costa cantábrica como en el Mediterráneo, siendo éstas superiores en el Atlántico y del orden de unos 2 mm/año (Fenoglio et al. 2004). Por último, a partir de datos de nivel del mar se ha estimado el flujo barotrópico a través del estrecho de Gibraltar para el período 1958-2001 (Gomis et al. 2006).

En cuanto a los trabajos sobre variabilidad de la salinidad y temperatura de las aguas de plataforma continental, Vargas-Yañez et al. (2002) han mostrado, al menos en la parte más occidental del Mediterráneo, donde las aguas más superficiales no están influenciadas por las aguas intermedias, que se ha producido un calentamiento a lo largo del siglo XX, con un incremento de la tendencia que pasó de alrededor de 0.005 °C/año desde comienzos de siglo hasta la década de los 90, a 0.02 °C/año en la última década. Estas variaciones constituyen una importante prueba de que, al menos en parte, el calentamiento del Mediterráneo tiene su origen en variaciones atmosféricas, aunque éste sigue siendo un tema sujeto a cierta controversia debido a la existencia de diversas hipótesis. Vargas-Yañez et al. (2005) han mostrado que este proceso de aceleración en el calentamiento de la plataforma y de la capa superior de la columna de agua, afecta a una amplia zona, desde el Mar Lígur al de Alborán, e incluso puede detectarse su huella en la vena de agua Mediterránea en el Golfo de Vizcaya (González-Pola et al. 2005). Estos autores especulan con la posibilidad de una influencia de la fase positiva extrema de la NAO en la aceleración del calentamiento en los años 90. En el mismo sentido, en la cuenca ibérica del Atlántico Norte también se ha investigado el acoplamiento entre las propiedades termohalinas de las aguas modales del Atlántico Norte con la variabilidad de la NAO (Pérez et al. 1995).

Otro de los campos de gran interés desde el punto de vista de la influencia de los océanos en la variabilidad climática es el estudio de la circulación termohalina. Investigadores del IEO han realizado estudios de campo en este sentido desde 1992, y mantienen una colaboración activa con investigadores del NOCs para estimar posibles variaciones del flujo de calor hacia latitudes altas (Lavín et al. 1999), así como cambios en la temperatura y salinidad de las aguas de las termoclinas principal e intermedia, posibles indicadores del calentamiento progresivo de los océanos (Parrilla et al. 1994, Vargas-Yañez et al. 2004).

El grupo del IMEDEA ha realizado estudios relacionados con la variabilidad oceánica a distintas escalas en los que intervienen tanto aspectos observacionales como numéricos por lo que se han incluido en la sección 2.4.2. En lo que se refiere a actuaciones relacionadas con la obtención de series temporales de interés climático, conviene citar la reciente instalación de una boya oceanográfico-meteorológica en la bahía de Palma y la próxima instalación de otra en la zona del Parque Nacional de Cabrera. Estas boyas son complementarias al sistema de aguas profundas de Puertos del Estado.



Acumulación de carbono antropogénico (C_{ANT}) en la cuenca Ibérica del Atlántico Norte ($36^{\circ}\text{-}44^{\circ}\text{N}$, $9^{\circ}\text{-}20^{\circ}\text{W}$). Las capas superiores del océano mantienen un crecimiento de C_{ANT} en equilibrio con el incremento atmosférico, mientras que las capas más profundas el incremento se atenúa. La tasa integrada verticalmente indica que existe una acumulación neta por advección horizontal (Ríos et al 2002).

2.4.2. Estudios de modelización de la dinámica oceánica.

Entre los estudios centrados en la interacción atmósfera-océano se ha investigado el forzado mecánico de la atmósfera (efecto de la presión atmosférica y del viento). Puertos del Estado ha generado un reanálisis de 44 años de nivel del mar con el modelo numérico HAMSOM. Este reanálisis de alta resolución ha sido forzado por datos atmosféricos de

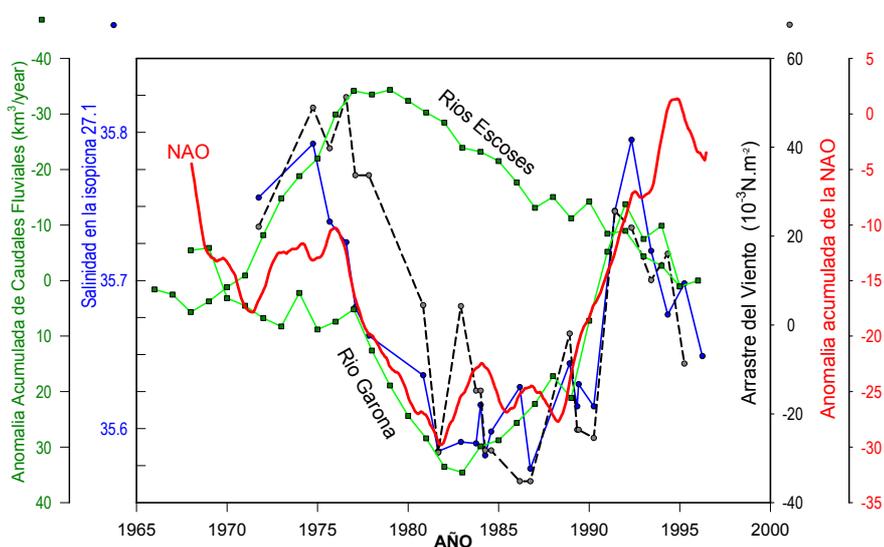
un re-análisis regional producido también por Puertos del Estado dentro del marco del proyecto europeo HIPOCAS. También existen ciertos estudios en curso sobre forzado oceánico de la atmósfera en los trópicos y latitudes medias. En particular, los trabajos de Cabos Narváez et al. (1998) se centran en los calentamientos en el Golfo de Guinea y para ello se han realizado simulaciones de la variabilidad Atlántica con un modelo regional.

En dinámica costera, gracias al muestreo “simultáneo” de varias secciones significativas en las zonas de plataforma y talud continental del Océano Antártico se ha podido llevar a cabo el estudio de la dinámica marina del océano austral, con especial interés en la explicación del afloramiento de aguas intermedias y su posterior hundimiento y en la formación de aguas profundas debido a la acción de vientos catabáticos.

Otros estudios en este campo se han centrado en la circulación termohalina y el transporte a gran escala. El trabajo de Álvarez et al. (2004) surge de una colaboración con el SOC (Southampton Oceanographic Center, Reino Unido) y el Laboratoire de Physique Oceanographique del IFREMER en Brest (Francia) y en él se ha estudiado la circulación baroclina, la circulación horizontal, el transporte de masas de agua y los flujos de CO₂ antropogénico en el Atlántico Norte, donde se inicia la circulación termohalina. En esta zona, las masas de aguas cálidas superficiales procedentes del sur se enfrían transformándose en masas de agua profundas y frías y arrastrando, en dicho proceso, CO₂ antropogénico hacia el océano profundo, lo que representa un mecanismo de atenuación del incremento del efecto invernadero.

En lo que se refiere al Mediterráneo, el grupo del IMEDEA ha continuado con la línea iniciada hace ya tiempo de estudio de procesos físicos que determinan la circulación oceánica, en particular analizando procesos e interacciones entre distintas escalas espaciales y temporales (Tintoré et al. 2005). Así, Fernández et al. (2005) se centraron en la gran escala (cuenca) y han mostrado, a través de la simulación de 44 años de la circulación tridimensional, la importancia de la variabilidad interna oceánica, cuantificando su relevancia en la modificación inter-anual de los transportes entre sub-cuencas así como en los intercambios norte/sur, una de las claves para entender la variabilidad climática en toda la cuenca. A escala regional o de sub-cuenca, Velez et al (2005) en línea con los estudios previos del IMEDEA sobre la dinámica y variabilidad natural en el Mar de Alborán y su relación con la dinámica del Mediterráneo occidental, analizaron los mecanismos que dan lugar a la migración del giro occidental de Alborán que condiciona al menos parcialmente la propagación hacia el Este o Nordeste de las aguas atlánticas en la capa superficial (300 m) del Mediterráneo. En el nordeste peninsular, Jordi et al. (2005), en línea con estudios experimentales y numéricos previos en el IMEDEA sobre intercambios plataforma/talud, emplearon un modelo del océano costero tridimensional cuantificando los intercambios costa-mar abierto favorecidos a través de cañones submarinos asociados a distintos mecanismos físicos, así como los tiempos de residencia de las aguas sobre la plataforma continental. A escala local, Basterretxea et al (2005) mostraron la relevancia de los blooms de algas tóxicas o HABS en la zona costera de las Islas Baleares y su relación con la circulación de las corrientes inducidas por el viento. Los episodios de proliferaciones anómalas de fitoplancton parecen estar extendiendo en el Mediterráneo en los últimos años y son objeto

de interés por su relación con los procesos de eutrofización y con el aumento natural o de origen antropogénico de la estratificación en zonas someras. En este mismo sentido, Orfila et al. (2005) han estudiado y cuantificado, mediante un modelo costero tridimensional de alta resolución, el tiempo de residencia superficial y profundo de una bahía semi-cerrada. Estos trabajos han mostrado la relevancia de entender las variables directamente relacionadas con la estratificación y la eutrofización en la zona costera, mostrando la relación entre la cobertura de Posidonia oceanica y los forzamientos atmosféricos. A escala de playas, Orfila et al. (2002) analizaron los efectos de los temporales extremos de noviembre de 2001 en el Mediterráneo sobre dos zonas en el norte y Sur de Mallorca, cuantificando los cambios morfo-dinámicos ocurridos. Basterretxea et al. (2004) analizaron la variabilidad estacional natural de estas mismas playas mediante datos in situ y simulaciones numéricas de los procesos físicos responsables de esta variabilidad.



Observación del acoplamiento climático océano-atmósfera en el margen Atlántico europeo. Evolución temporal de la salinidad al nivel isopícnico de 27.1 (200-350 dbar) en la cuenca ibérica, tensión superficial del viento (componente norte), anomalías acumuladas de la NAO y los aportes de agua de los ríos Garona-Dordoña y del conjunto de los ríos escoceses. (Pérez et al. 2000).

2.4.3. Memoria oceánica, teleconexiones y capacidad de predicción

Los estudios en este campo, en su mayor parte, han incidido sobre la variabilidad interanual, en particular ligada a la ENSO en el sur de Europa (Rodó et al. 1997, Rodó 2001). El trabajo de Rodríguez-Arias and Rodó (2004) constata la no-linealidad en la transferencia de energía desde el océano a la atmósfera y cómo se manifiesta en forma de persistencia, hecho que resulta relevante para la memoria climática estacional a interanual. Uno de los mayores intereses es el de simular, mediante modelos dinámicos o mixtos la transferencia de energía entre diferentes compartimentos y desde el océano a la atmósfera.

Estudios empíricos regionales, primero en el área mediterránea y luego también en otras partes de Europa, han permitido detectar variabilidad significativa en el rango ENSO, tanto en determinadas regiones

oceánicas como en series atmosféricas, en particular peninsulares y del Norte de África. La magnitud de las respuestas varía entre una respuesta débil o moderada en algunas series atmosféricas (SLP, temperatura, precipitación) y oceánicas (SSTs en la cubeta occidental del Mediterráneo, la costa Sahariana africana y el Atlántico Tropical Norte), a una respuesta intensa, de dinámica no-lineal y únicamente para intervalos discretos de duración limitada, que suelen darse después de un intervalo variable de meses (entre 3 y 6) tras una fase madura de un episodio ENSO fuerte (eventos cálidos o fríos). Los estudios pioneros sobre este tema son los de Ropelewski y Halpert (1987) que trabajaron con variables atmosféricas concluyendo que las áreas sensibles al forzamiento ENSO se podían identificar en dos áreas del Mediterráneo, que llamaron Northern Africa Southern Europe (NAS) localizada sobre Marruecos y España y la Mediterranean Middle East (MME) en Israel y el Mediterráneo occidental. Kiladis y Díaz (1989) constataron una respuesta dual a episodios ENSO cálidos (*El Niño*), en particular una tendencia para incrementos de precipitación en JJA(0)-DJF(+1) (junio, julio y agosto del mismo año y diciembre, enero y febrero del año siguiente) en el área NAS de Ropelewski y Harpert (1987) y disminuciones de precipitación en esta misma región en MAM(+1) (marzo, abril y mayo del año siguiente).

Otros estudios observacionales también se dedicaron a intentar desentrañar el papel y el mecanismo por el cual la ENSO influía en el sector NAS y, en particular, en el área Mediterránea, que se muestra como la zona más sensible de cuantas se han investigado en Europa (Rodó et al. 1997, 2001, Mariotti et al. 2002, van Oldenborgh et al. 2000). Santoleri et al. (1995), analizando los cambios en las SSTs en el Mediterráneo occidental, constataron anomalías en las medias invernales de SST después de los episodios de 1982-3 y 1986-7 de *El Niño*. Posteriormente, Rodó et al. (1997) investigaron la señal ENSO en la precipitación peninsular, indicando sus resultados la existencia de una disminución coherente en MAM(+1) siguiente a eventos cálidos (episodios de *El Niño*). En estudios recientes por van Oldenborgh et al. (2000) y Mariotti et al. (2002) también se han observado patrones de respuesta a episodios ENSO en precipitación y temperatura similares a los ya descritos, tanto durante el otoño previo como en la primavera siguiente. La búsqueda de los mecanismos físicos responsables de dicha conexión entre el Pacífico tropical y la NAS se inició mediante la exploración de señales ENSO en regiones del Atlántico tropical. Lanzante (1996) y Enfield y Mayer (1997) exploraron el forzamiento remoto en esta zona y encontraron correlaciones significativas con la ENSO, sugiriendo que una fracción de esa variabilidad interhemisférica se fuerza mediante puentes atmosféricos tropicales (Lau y Nath 1996, Klein et al. 1999). Otros estudios han sugerido conexiones en zonas alrededor de 10-20N (Curtis and Hastenrath 1995, Nobre and Shukla 1996, Mestas-Nuñez and Enfield 2001) o a través de perturbaciones de la circulación Walter en el Atlántico. Otros, Mestas-Nuñez and Enfield (2001) y Rodó (2001), sugirieron, como ya se ha mencionado en el presente documento (apartado 2.1.6), la influencia de una celda de Hadley Atlántica debilitada en respuesta al calentamiento anómalo en el Pacífico tropical y su incidencia en la modificación de los flujos netos de calor en latitudes medias.

Ha habido posteriormente iniciativas diversas con el uso de modelos acoplados para intentar resolver dichas señales (Cabos Narváez et al. 2002). Las respuestas encontradas, aunque en la misma línea que los resultados empíricos, muestran señales más débiles y se apunta hacia

una deficiente parametrización de los flujos en el Atlántico tropical como una de las posibles causas de dichos resultados. En este sentido Ruiz-Barradas et al. (2003) consigue simular para el período 1958-93 y con los reanálisis de NCEP-NCAR, cómo el flujo diabático anómalo relacionado con ENSO influye los vientos a nivel de superficie en el Atlántico tropical, hecho que induce cambios en la intensidad de las circulaciones Walter y Hadley Atlánticas. Otras aproximaciones al problema son los estudios de Álvarez-García et al. (2005) y Cabos Narváez et al. (2006), que se centran en las propias interacciones oceánicas subyacentes a la variabilidad de la ENSO con modelos acoplados atmósfera-océano (SINTEX, ECHAM4-OPYC3), considerando los modelos conceptuales que explican la ENSO y los posibles cambios en la señal estacional de la ENSO en el futuro, que probablemente tengan alguna implicación para el clima de la península Ibérica. Se constata pues el interés que tiene seguir en esta línea de investigación, desentrañando la influencia que éste u otros modos de variabilidad climática de gran escala pueden tener en nuestro clima, de cara a intentar ganar en capacidad potencial de predicción para el área mediterránea. Orfila et al. (2004) mediante imágenes de satélite (SST y SSH), estudiaron las teleconexiones existentes entre una zona del Mediterráneo occidental (Mar de Liguria), el ENSO y la NAO. Estos autores concluyen que existe una alta correlación entre la SST y la señal de ENSO con un retraso temporal de 4 meses. Por otra parte, los efectos de la NAO se extienden a toda la sub-cuenca de forma instantánea siendo notables tanto en las imágenes de SST como en las de SSH.

2.4.4. Efectos de la variabilidad oceánica en la costa.

Otra aportación dentro de los trabajos con modelizaciones ha sido el desarrollo de una metodología para la calibración espacial de modelos de reanálisis con datos instrumentales de diversos parámetros de clima marítimo (Tomas et al. 2004, Tomás et al. 2006). A esto hay que añadir el desarrollo de diversos modelos de análisis de tendencias de variación de los regímenes medio y extremo de clima marítimo (Méndez et al. 2005^a, Méndez et al. 2005b, Luceño et al. 2006, Méndez et al. 2006). Con base en dichos modelos y en las bases de datos de reanálisis proporcionadas por Puertos del Estado, se ha obtenido se ha obtenido las tendencias de largo plazo en el período 1958-2001 a lo largo del litoral español tanto de régimen medio - distribución estadística del total de los datos - (Liste et al. 2004) como del régimen extremal -distribución estadística de los eventos extremos- de clima marítimo (Menéndez et al. 2004, Menéndez et al. 2005). A partir de estas tendencias y de las variaciones del nivel medio del mar de largo plazo, se ha obtenido para cada uno de los elementos del litoral (playas, estuarios, deltas, estructuras marítimas), las tendencias de variación (p.e. retroceso de la línea de costa, giro de las playas, peligrosidad y operatividad de las estructuras) a lo largo del litoral español (Medina et al. 2005).

Todo este trabajo se enmarca dentro del “Convenio de Colaboración destinado al desarrollo de estudios y herramientas específicas que doten de soporte científico-técnico al establecimiento de políticas y estrategias de actuación en las costas españolas ante el cambio climático, Nov-2002” que ha realizado el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria para la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Medio ambiente.

2.5. Paleoclima.

Coordinador de la sección:

A. Rosell (Univ. Autònoma de Barcelona, ICTA-UAB).

Contribuyentes:

A. Rosell, R. Zahn y Graham Mortyn (ICTA-UAB), E. Calvo y C. Pelejero (Institut de Ciències del Mar, CMIMA-CSIC), I. Cacho (Univ. Barcelona, UB), R. Julià y S. Giralt (Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, IJA-CSIC), J. F. González-Rouco (Univ. Complutense de Madrid, UCM), J. Grimalt (Institut de Química Ambiental, IQAB-CID-CSIC), F. Martínez-Ruiz (Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-UGR), B. Valero-Garcés (Instituto Pirenaico de Ecología, IPE-CSIC)

Los estudios paleoclimáticos tienen como objetivo reconstruir el clima en episodios del pasado para los cuales no hay medidas instrumentales. El cambio climático es un fenómeno natural. Las condiciones climáticas actuales sólo se pueden entender si se entiende la historia climática de La Tierra. Cualquier cambio habido y por haber obedece a la interacción compleja de toda una serie de factores naturales que se viene produciendo desde hace décadas a millones de años, y sólo muy recientemente han empezado a tener un papel significativo los factores antropogénicos en cualquier proceso de cambio.

Las reconstrucciones paleoclimáticas se obtienen del estudio detallado de registros temporales de algún parámetro natural (proxy o próximo climático), la variabilidad del cual se puede relacionar con una variable climática. Los grupos involucrados en la red **CLIVAR-ESPAÑA** investigan registros climáticos que se encuentran especialmente en sedimentos lacustres o marinos. Otra área fundamental de las investigaciones que se llevan a cabo es el desarrollo de nuevos métodos para reconstruir los paleoclimas. La simulación de los climas del pasado es también un área muy activa de trabajo. La comparación de las reconstrucciones basadas en el análisis de registros naturales y de simulaciones matemáticas permite una corroboración mutua de los resultados y una mayor comprensión de cuales son los factores naturales del cambio climático, así como un gradual refinamiento de los modelos predictivos de clima.

2.5.1. Reconstrucción paleolimnológicas.

El estudio de sedimentos lacustres e indicadores geomorfológicos, geológicos (sedimentología, mineralogía, geoquímica elemental e isotópica) y biológicos (polen, diatomeas, ostrácodos) es probablemente el campo dentro del estudio del paleoclima que cuenta con más tradición en España. Con estos registros se ha demostrado que a escalas de miles, decenas de miles o más años, la variabilidad climática de la península sigue los patrones marcados por el cambio climático global. Los períodos glaciares han dejado numerosas huellas en el paisaje o registros paleoclimáticos en tierra y en el mar. Estos cambios han tenido, no obstante, una expresión local que es resultado de la modulación del cambio global por las variables fisiográficas de las distintas zonas peninsulares. Numerosos registros de cambio en la vegetación

obtenidos del polen depositados en lagos son prueba de ello, como en Padul en el sur (Pons and Reille 1988), Banyoles en el noreste (Pérez-Obiol and Juliá 1994) y Sanabria en el noroeste (Sobrino et al. 2004). Los períodos glaciares son mucho más largos que los interglaciares y en ellos se producen oscilaciones climáticas muy abruptas, como serían los ciclos Dansgaard-Oeschger. Aunque el origen de éstos está en el océano, concretamente en la variabilidad de las corrientes oceánicas, dieron lugar también a cambios climáticos abruptos en la península que han quedado reflejados en cambios profundos en la vegetación (Burjachs and Julia 1994). La relevancia de estos eventos radica en que demuestran la existencia de cambios abruptos en el clima, y en que, aunque estos tengan un origen en una zona determinada del planeta, se pueden propagar globalmente. De hecho, las condiciones ambientales de la península y de la zona mediterránea son muy sensibles a la variabilidad climática de la región del Atlántico Norte.

La variabilidad climática peninsular está estrechamente acoplada a cambios en la circulación marina, aunque diferentes zonas mostrarán una respuesta más o menos atenuada en función de su localización (Sánchez-Gofi et al. 2002). Las transiciones de los períodos glaciares a los interglaciares son muy rápidas y están marcadas por abruptos retrocesos a condiciones quasi-glaciares, como ocurrió durante el episodio del *Younger Dryas* en la mayor parte de Europa, aunque este episodio pudo no haber afectado a toda la península (Pérez-Obiol and Julia 1994, Allen et al. 1996, Carrion 2002). Los períodos interglaciares, como en el que nos encontramos desde hace 10000 años (el Holoceno), son, en comparación, climáticamente más estables, aunque ha habido episodios de inestabilidad. Estas pueden parecer pequeñas perturbaciones en comparación a la magnitud de algunos cambios climáticos anteriores, sin embargo su impacto sobre las sociedades humanas y ecosistemas puede ser profundo. Las condiciones climáticas medias durante el Holoceno tampoco han permanecido absolutamente constantes y diversos estudios muestran que en líneas generales el clima peninsular se ha vuelto más árido y las temperaturas se han incrementado gradualmente (Araus et al. 1997, Jalut et al. 1997, Jalut et al. 2000, Davis et al. 2003, Rimbu et al. 2003). Algunos de los autores de estos estudios apuntan a que este hecho se ha dado en contraposición a las tendencias reconstruidas para otras zonas de Europa y el Atlántico Norte, que durante el mismo período probablemente siguieron tendencias opuestas. De hecho, aunque se conocen las pautas principales del cambio climático natural, está aún por determinar la verdadera diversidad espacial y variabilidad en el tiempo de las tendencias naturales de cambio climático (por ejemplo de las temperaturas) y se ignoran a menudo las causas reales del cambio.

Otros estudios de grupos de **CLIVAR-ESPAÑA** también han puesto en evidencia la importancia de los registros sedimentarios de los ecosistemas salinos e hipersalinos como archivos detallados de la evolución ambiental de la Península Ibérica en los últimos 15,000 años (Giralt et al. 1999, Rodó et al. 2002). También se ha demostrado que la máxima extensión de los glaciares en el Pirineo fue anterior al máximo glaciar global (hace unos 20000 años) (García-Ruiz et al. 2003). Además se ha observado la presencia de numerosas fluctuaciones húmedas y áridas durante el Tardiglacial y el Holoceno en los Pirineos, Noreste español y Depresión del Ebro (Valero-Garcés et al. 2004). Dentro del proyecto LIMNOCLIBER en la primavera del 2004 se han obtenido más de 200 m de sondeos continuos en ocho lagos españoles lo que

permitirá una comparación detallada con los registros marinos en colaboración con el equipo liderado por el CSIC-UGR.

Estudios en sedimentos lacustres también se desarrollan por grupos en **CLIVAR-ESPAÑA** en diversas zonas del planeta, como por ejemplo en el estudio de los registros sedimentarios de los grandes sistemas lacustres de Asia Central (Lago Baikal, Mar Caspio, Mar de Aral, Lago Balkhash y Lago Issyk-Kul) y de sus registros instrumentales de las variaciones de nivel, ha permitido poner en evidencia cuales han sido los principales 'forcings' tanto climáticos (actividad solar, oscilación del Atlántico norte, .etc.) como antropogénicos (agricultura, ganadería, industria) que han controlado su evolución ambiental (Giralt et al. 2002, 2003, 2004, Brennwald et al. 2004). Por otra parte, el estudio a muy alta resolución de registros lacustres situados en el altiplano chileno (Lago Chungará) ha permitido caracterizar tanto la evolución paleoambiental de esta región como la evolución del fenómeno del ENSO durante las últimas fases del Tardiglacial y comienzos del Holoceno. Futuros estudios liderados por grupos del IJA-CSIC permitirán caracterizar la evolución espacial y temporal del fenómeno del ENSO en Sudamérica y en el Pacífico, a partir del estudio de los registros sedimentarios lacustres del Salar de Surire y de los presentes en la Isla de Pascua. A una escala más amplia, se ha puesto de relieve la evolución temporal del sistema de transporte de humedad en el sector central de los Andes a partir del estudio del registro lacustre del Salar de Atacama o de las formaciones neógenas de la cuenca Quillagua-Llamara (Sáez et al. 1999, Carmona et al. 2000). Otras investigaciones se han desarrollado en el altiplano Andino (Grosjean et al. 2001) y en las regiones templadas de Chile (Jenny et al. 2002) y Argentina. El marco temporal va desde la escala glacial/interglacial (proyectos GLAD 800: Great Salt Lake (Balch et al. 2005) y Lago Titicaca (<http://www.dosecc.org/html/glad800.html>) escala de milenios desde el Último Máximo Glacial (García-Ruiz et al. 2003) y de siglos y décadas (fenómeno ENSO, Valero-Garcés et al. 2003, Jenny et al. 2003). En América del Sur se ha constatado la existencia de una gran variabilidad en la humedad efectiva a escala de milenios (periodo seco del Holoceno Medio) (Grosjean et al. 2001, Jenny et al. 2002) y de décadas (fase húmeda asociada con la Pequeña Edad de Hielo) y se ha reconstruido la variabilidad del fenómeno ENSO en el Holoceno (Jenny et al. 2002, García-Ruiz et al. 2003). Estos resultados han permitido corroborar la directa relación entre precipitaciones e insolación en ambos hemisferios (Jenny et al. 2002, 2003).

2.5.2. Reconstrucciones paleoceanográficas.

Una prioridad de los grupos en **CLIVAR-ESPAÑA** es determinar el papel del océano en los cambios climáticos abruptos a escala interhemisférica, con especial incidencia en la región ibérica. Las investigaciones pretenden obtener registros paleoceanográficos de alta resolución (milenaria, secular y decenal). La mayoría de la investigación paleoceanográfica se centra en registros del Cuaternario, y a menudo en el estudio de cambios climáticos rápidos que se dieron en el pasado a consecuencia de la dinámica natural de planeta. Como cambios rápidos se entienden aquellos que ocurrieron a una escala temporal de centenares de años o incluso inferior.

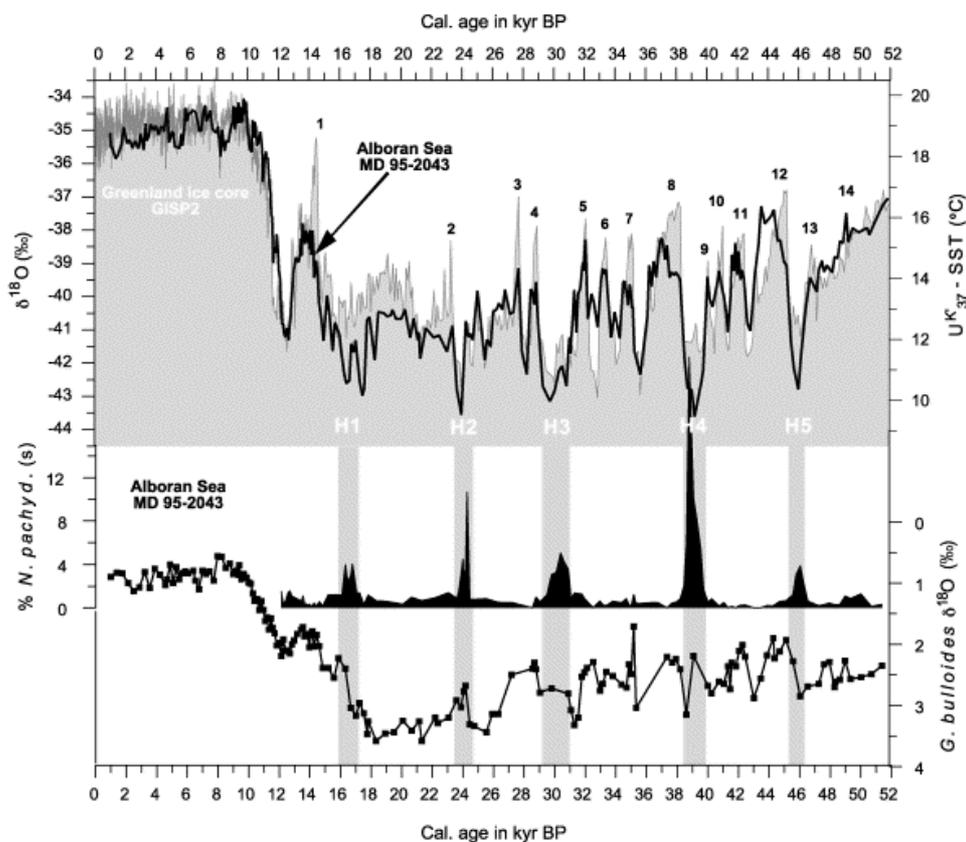
El Mediterráneo Occidental es una de las regiones que se investiga más intensamente. Esta región es excepcional para estudios de muy alta resolución debido a la continuidad sedimentaria y a las altas tasas de sedimentación. Adicionalmente, el Mediterráneo se considera uno de los

mejores laboratorios naturales dado que su carácter de cuenca semicerrada lo hace altamente sensible a las variaciones climáticas tanto a escala regional como global. Los principales objetivos perseguidos son la reconstrucción de la variabilidad climática durante un intervalo de tiempo que permita establecer eventos cíclicos a distintas escalas, desde el milenio a la decena de años, así como la reconstrucción de la respuesta de los distintos subsistemas -océano, atmósfera, litosfera y biosfera- al cambio climático. Dichas reconstrucciones se basan en el uso de indicadores geoquímicos y biológicos para establecer la respuesta de la atmósfera y la litosfera (a partir del registro del aporte eólico, humedad/aridez y régimen sedimentario), así como la del medio marino (salinidad, temperatura, circulación oceánica - e.g., Emeis et al. 2000 - y productividad - e.g., Martínez-Ruiz et al. 2000, 2003). Parte de la investigación que se lleva a cabo se fundamenta en la comparación de los registros paleoclimáticos marinos con los equivalentes lacustres obtenidos por el equipo de "Limnogeología y Cambio Global" en el IPE-CSIC. Estos también se integrarán con los obtenidos en otras regiones en el marco de proyectos europeos en los que miembros del grupo participan (PROMESS, ASSEMBLAGE). Otros estudios han identificado cambios abruptos en la zona del Atlántico Norte (Eglinton et al. 1992) así como sus consecuencias en el Mediterráneo Occidental, pudiendo establecer correlaciones directas entre fenómenos oceanográficos y atmosféricos generados a diferentes latitudes (Cacho et al. 1999). En registros sedimentarios del Mar de Alborán se ha determinado que las temperaturas superficiales marinas cambiaron simultánea y abruptamente con las variaciones registradas en Groenlandia. Dicho descubrimiento implica que todo el clima de por lo menos Europa occidental cambió de la misma manera, lo cual muestra que en el intervalo entre 13000 y 60000 años antes que el presente hubo varios episodios de cambios climáticos que supusieron variaciones de temperatura de hasta unos 8 grados (como media) en el intervalo de 100 años (Cacho et al. 1999, Martrat et al. 2004).

La región del Atlántico Norte es por razones obvias el foco de diversos estudios, especialmente durante el último periodo glacial. Los episodios de Heinrich han sido objeto de diversos estudios, como por ejemplo para determinar los cambios en las temperaturas superficiales del mar durante los mismos (Rosell-Melé et al. 1997). En otro estudio también se estableció la dependencia de la productividad marina del Atlántico Norte con los ciclos de precesión de la insolación. Por primera vez se puso de manifiesto que había señales climáticas gobernadas por el ciclo de precesión a latitudes de 43°N y que éstos afectaban de manera específica los parámetros indicadores de la productividad, no otros indicadores climáticos (Villanueva et al. 1998). En otro estudio se estableció el origen terrígeno de la materia orgánica acumulada en la última época glacial en el Atlántico Norte. En estos estudios se ha propuesto un método basado en los biomarcadores para distinguir entre materia orgánica de origen marino y terrestre (Villanueva et al. 1997), o asociada a aportes por derrubios glaciares (Rosell-Melé et al. 1997, Rosell-Melé and Koç 1997).

Un considerable número de estudios se llevan a cabo en zonas del planeta distantes de la península pero que climáticamente son particularmente relevantes en el sistema climático-oceanográfico global, como es el caso de Pacífico Ecuatorial. En esta zona el grupo de la UB intenta caracterizar la dinámica pasada del fenómeno de El Niño y su posible relación con modelos climáticos descritos en latitudes más altas.

En relación a esta zona del planeta el equipo del ICTA-UAB ha demostrado como cambios en el gradiente de temperatura superficiales entre el este y oeste del Pacífico ecuatorial hace más de un millón de años jugaron un papel clave en la transición del Pleistoceno Medio cuando la frecuencia de los ciclos glaciares pasó de 40,000 a 100,000 años (McClymont and Rosell-Melé 2005). El IQAB-CSIC participa en el estudio de los cambios de la temperatura del agua superficial, productividad primaria y aportes terrígenos en el Pacífico (sudeste subtropical) y Mar de la China Meridional donde se han descubierto los distintos regímenes de circulación y temperatura durante los episodios glaciares e interglaciares del Mar de la China Meridional (Pelejero et al. 1999).



Panel superior: reconstrucción de la temperatura superficial en el Mar de Alborán durante los últimos 50000 años utilizando el índice UK'37 en el testimonio MD 95-2043 (línea gruesa) respecto al registro de la temperatura atmosférica reconstruida en el testimonio de hielo de Groenlandia GISP2. Los números corresponden a los interestadales Dansgaard–Oeschger. Las etiquetas bajo la curva indican los eventos Heinrich del 1 al 5 descritos en el Atlántico Norte (también indicados en el panel inferior con barras verticales). Panel medio: Porcentaje del foraminífero plantónico polar *N. pachyderma* (s). Panel inferior: Concentración isotópica de oxígeno del foraminífero plantónico *G. bulloides* (eje de ordenadas invertido). Fuente: Cacho et al. (1999).

En el ICTA-UAB a partir de una selección de testigos de sedimentos de la región del Pacífico Sur y la Corriente de Agujas y en el Atlántico Tropical y Norte (Hüls and Zahn 2000, Zahn and Stüber 2002) se ha puesto en evidencia que los transportes de calor y salinidad a cargo de la Corriente de Agujas, y sus “escapes” hacia el Atlántico Sur, están directamente implicados en las alteraciones de la circulación termohalina

en todo el Atlántico y, consecuentemente, en la variabilidad climática global. Un componente especial en estas investigaciones es la determinación del “timing” y el “phasing” de las inestabilidades océano-clima en el pasado en los dos hemisferios y su relación con los eventos de “escapes” de Agujas. Estos estudios permitirán validar los modelos existentes acerca del papel del océano en el cambio climático interhemisférico. Otra línea de investigación en el ICTA-UAB se centra en la reconstrucción de la estructura térmica de las capas superficiales del océano (Mortyn et al. 2002) y las temperaturas superficiales a escalas de tiempo de varios millones de años para poder entender procesos de cambio global que han dado lugar aun enfriamiento del planeta desde hace varios millones años (Marlow et al. 2000) y a la glaciación intensiva del hemisferio norte hace 2.7 millones de años (Haug et al. 2005).

2.5.3 Simulaciones numéricas.

Como resultado de una colaboración con miembros del GKSS en Alemania se ha abierto una línea de investigación en la UCM orientada a la simulación numérica de períodos de interés en el Cuaternario tardío tales como el último máximo interglacial, hace 125000 años, mediante modelos climáticos de distinta complejidad (Montoya et al. 1998; Kubatzki et al. 2000, Montoya et al. 2000), así como en una simulación del evento frío de hace 8200 años (Bauer et al. 2004) y la comparación de los resultados con reconstrucciones paleoclimáticas. Para ello se cuentan con tres modelos climáticos de distintas características: el modelo acoplado de circulación general ECHO-g, el modelo acoplado de complejidad intermedia CLIMBER-3D y el modelo climático regional MM5. ECHO-g se ha empleado fundamentalmente en la simulación del clima del último milenio. Las variaciones previas a la era industrial se pueden entender como respuesta a cambios en la irradiancia solar impuesta. En cambio, el calentamiento global producido en los siglos XIX y XX se obtiene de los cambios en el forzamiento solar y los gases de efecto invernadero (González-Rouco et al. 2003, Zorita et al. 2004, Zorita et al. 2005). Estas simulaciones proporcionan por un lado una representación tridimensional del estado climático a partir de la cual se puede explorar los mecanismos involucrados en extremos climáticos (Fisher-Bruns et al. 2000, Casty et al. 2005) y por otro una pseudo-realidad para validar métodos de reconstrucción al uso en paleoclimatología (Zorita and González-Rouco 2002, González-Rouco et al. 2003, Rosell-Melé et al. 2004, von Storch et al. 2004). Un resultado a destacar es que las variaciones climáticas a lo largo del último milenio podrían haber sido mayores de lo comúnmente aceptado hasta la fecha (von Storch et al. 2004). El uso del modelo regional MM5 ha permitido realizar simulaciones de alta resolución espacial (50 Km) para la zona de la Península Ibérica para el intervalo 1500 a 1990 AD. CLIMBER-3D (Montoya et al. 2005, Petoukhov et al. 2005) también se ha empleado en la simulación del clima del último milenio. Los primeros resultados muestran una sensibilidad considerablemente inferior a la de ECHO-G. Uno de nuestros objetivos es el de elucidar las causas de dicha discrepancia. El menor tiempo de integración de CLIMBER-3D permitirá diseñar experimentos de sensibilidad con tal objeto. En la actualidad el grupo en la UCM está llevando a cabo una simulación del último máximo glacial (LGM, hace 21,000 años) que se pretende sirva como punto de partida para el estudio de la variabilidad climática natural del último periodo glacial (cambio climático abrupto) mediante el modelo CLIMBER-3D (Montoya et al. 2005). Dicho modelo se ha empleado

hasta ahora fundamentalmente en estudios de comparación de la respuesta de la circulación de gran escala del océano y su papel en el clima de gran escala (Gregory et al. 2005, Levermann et al. 2005, Petoukhov et al. 2005, Stouffer et al. 2005). La versión anterior de este modelo ya se mostró capaz de simular las temperaturas superficiales marinas globales durante el último máximo glacial con un realismo superior a la media de otros modelos tridimensionales (Rosell-Melé et al. 2004).

2.5.4 Estudio de proxies.

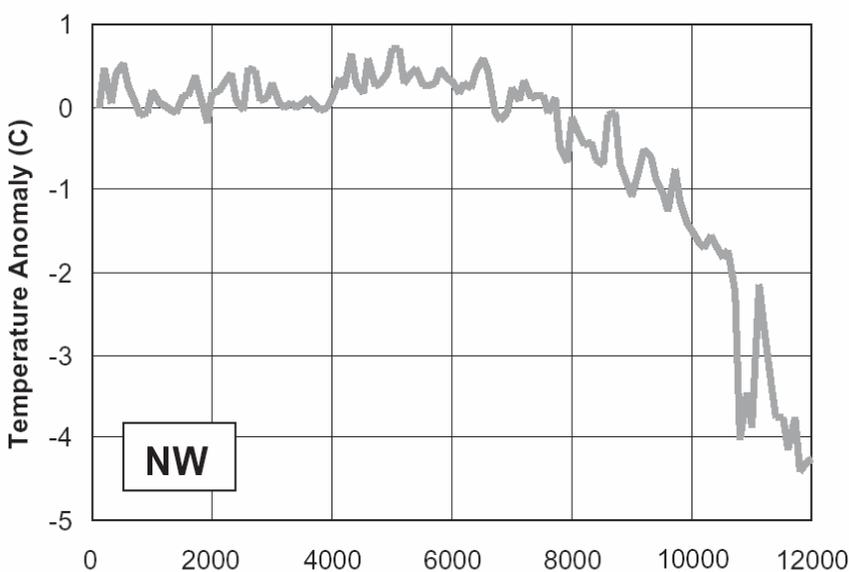
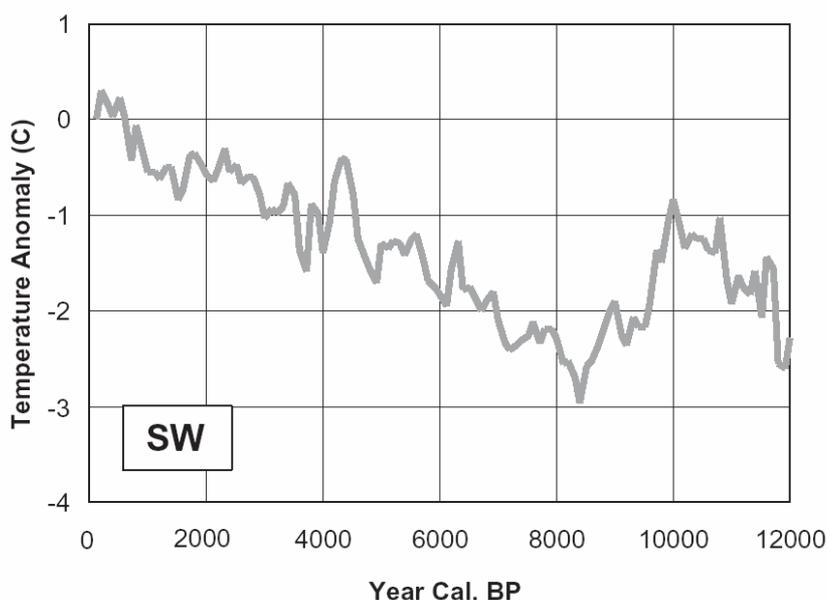
Varios grupos trabajan activamente en el desarrollo y aplicación de nuevas proxies, particularmente basadas en parámetros geoquímicos. Entre ellas cabe mencionar los indicadores orgánicos como trazadores de aportes algales y terrestres en las que grupos del IQAB-CSIC y del ICTA-UAB trabajan desde hace años. Por ejemplo, para el estudio de las temperaturas se utilizan los cambios en la composición de las alquenonas di- y triinsaturadas de 37 átomos de carbono. Parte de la tarea realizada en este campo ha consistido en la calibración del método, el desarrollo de métodos analíticos fiables para el estudio de estos compuestos en muestras sedimentarias y estudiar su margen de aplicabilidad y el establecimiento de las condiciones analíticas para el uso correcto de las alquenonas para medir la temperatura superficial de las aguas en el pasado (p.e. McClymont et al. 2005, Müller et al. 1998, Rosell-Melé et al. 1994, 1995, 2001). Se ha mostrado que hay un límite de concentración inferior por debajo del cual el análisis de las alquenonas no proporciona resultados fiables en la medida de temperaturas (Rosell-Melé 1994, Villanueva and Grimalt 1997). También se trabaja activamente para reconstruir variaciones de productividad habiéndose propuesto diversos planteamientos para ello (p.e. Harris et al. 1997).

A parte de las alquenonas, otro de los planteamientos aplicados más recientemente por grupos **CLIVAR-ESPAÑA** para reconstruir las temperaturas superficiales marinas se basa en la medida de relaciones Mg/Ca and Sr/Ca en foraminíferos. En los grupos de la UB y del ICTA-UAB se trabaja para refinar su aplicación desde un punto de vista analítico y elucidado los controles ambientales que determina la concentración de los elementos traza en los foraminíferos (Mortyn and Charles 2003).

El trabajo del equipo de paleoclima del CMIMA-CSIC significa una expansión desde las reconstrucciones paleoceanográficas mediante proxies más clásicos como son las relaciones isotópicas de carbono y oxígeno de foraminíferos o determinadas relaciones de biomarcadores moleculares (Cacho et al. 1999, Calvo et al. 2001, Calvo et al. 2003, 2004, Pelejero and Calvo 2003, Pelejero et al. 2003) hacia nuevos territorios mediante el análisis de proxies novedosos más recientes. El desarrollo de estos nuevos proxies ha sido posible gracias a la aparición de nuevas técnicas analíticas, sobretudo las que se basan en técnicas de espectrometría de masas con ionización térmica (TIMS) y con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS) con multicolectores (MC) y la ablación por láser (LA), algunas de ellas todavía inexistentes en España.

Ello permite investigar, por ejemplo, la relación de isótopos de boro en carbonatos fósiles que se puede usar como paleo-pH-metro (Pelejero et al. 2005), la relación de isótopos de silicio que permite obtener información sobre la disponibilidad de ácido silícico y determinadas

relaciones elementales específicas que pueden ser analizadas mediante LA (Pena et al. 2005). Desde CMIMA-CSIC, se quiere expandir los estudios paleoclimáticos mediante el análisis de nuevos archivos, menos estudiados hasta el momento en España, incluyendo corales someros y profundos, esponjas calcáreas y silíceas, espeleotemas, etc. Asimismo, se pretende iniciar líneas de investigación sobre la futura acidificación de los océanos, incluyendo reconstrucciones de pH en el pasado pero también la manipulación del pH en los acuarios de CMIMA-CSIC para evaluar los efectos de la acidificación en determinados organismos marinos. Hasta que no se implementen en España algunas de las técnicas analíticas mencionadas anteriormente, parte de la investigación propuesta deberá realizarse en colaboración con otros países.



Reconstrucción de la variación en las temperaturas medias anuales del aire durante el Holoceno en el sudoeste (SW) de Europa (i.e. Península Ibérica) i el noroeste (NW) a partir de una síntesis de registros polínicos. Fuente: Davis et al. (2003)

2.6 Bases de datos.

Coordinador de la sección:

Y. Luna (*Instituto Nacional de Meteorología, INM*)

Contribuyentes:

Y. Luna y C. Almarza (*INM*), M. García-Sotillo (*Puertos del Estado, PE*), F. J. Méndez (*Univ. Cantabria, UC*), A. Turiel (*Institut de Ciències del Mar, CMIMA-CSIC*), y J. M. Vaquero (*Univ. Extremadura, UEX*)

La generación y mantenimiento de bases de datos de observaciones atmosféricas y oceánicas es de vital importancia para los objetivos científicos **CLIVAR** en general y **CLIVAR-ESPAÑA** en particular, así como para el cumplimiento de otros objetivos científicos y operativos. Existen fundamentalmente cuatro fuentes principales de información de tipo meteorológico y oceanográfico de interés para **CLIVAR-ESPAÑA**: las observaciones instrumentales superficiales (garitas meteorológicas, boyas, etc.), las observaciones procedentes de instrumentos de teledetección (principalmente desde satélites), los datos *proxy* procedentes de varias fuentes que proporcionan información acerca del clima pasado anterior al período instrumental y, por último, los datos procedentes de modelizaciones tales como las obtenidas tras la aplicación de modelos climáticos, que dan información acerca de posibles condiciones climáticas futuras, o los conocidos como “hindcasts” y “reanálisis” procedentes del uso conjunto de modelos de predicción y observaciones instrumentales.

2.6.1. Reconstrucción del clima a partir de fuentes documentales.

En los últimos años los estudios climáticos que han usado documentos conservados en archivos españoles han aumentado notablemente, alcanzando un nivel de productividad que poseen pocos países europeos. Hay que señalar que gran parte de estos trabajos han sido realizados en el marco de colaboración con grupos extranjeros, principalmente bajo la forma de proyectos europeos. Asimismo, un 67% del total se han publicado en revistas incluidas en el *Science Citation Index*, especialmente, *Climatic Change*, *International Journal of Climatology* y *Bulletin of the American Meteorological Society*, lo que avala un elevado nivel de calidad y de impacto en el conjunto de la comunidad científica internacional. La reconstrucción de series de variables meteorológicas (precipitación, temperatura, presión, etc.), la construcción de bases de datos, la obtención de índices de circulación general (NAO,...) y la descripción de fenómenos extremos en la Península (sequías, inundaciones, etc), son los temas más abordados en estos trabajos. La relación completa de dichos trabajos se puede encontrar en (www.ucm.es/info/reclido). La mayoría se ha realizado en base a diferentes tipos de archivos, tanto administrativos como religiosos, habiendo sido necesaria una ardua labor inicial de digitalización de los datos.

Ahora bien, el potencial de los archivos españoles no se limita al territorio peninsular, así el Archivo General de Indias y el Archivo del Museo Naval contienen fondos relativos a la colonización española en América y a viajes y expediciones científicas que permiten explorar el clima a escala más global. El uso conjunto de fuentes conservadas en archivos españoles y americanos tiene un enorme potencial, tal y como demuestran los trabajos pioneros realizados por Prieto y colaboradores para el clima de Sudamérica. Fenómenos extremos de gran relevancia, tales como huracanes o icebergs, han podido ser así investigados. Recientemente, el empleo de datos procedentes de observaciones marítimas ha abierto nuevas posibilidades para estudios a escala global.

Una iniciativa de gran relevancia es la creación de la Red RECLIDO (Reconstrucción del clima a partir de fuentes documentales, www.ucm.es/info/reclido). Ésta es una Red temática financiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (acción especial REN2002-10819-E/CLI) que pretende que la existencia de la misma incremente el trabajo de sus grupos integrantes y, al mismo tiempo, estimule a otros grupos de investigación a participar en su continuidad. Es una iniciativa novedosa en España, no sólo por el tema que se aborda, sino por su enfoque multidisciplinar, que engloba climatología, meteorología, historia, geografía, archivística, etc. Los principales contenidos de la red son: bases de datos comunes (bibliográficas o resultantes de los trabajos realizados por los miembros de la red), foro de intercambio de noticias y de discusión a través de una página web, celebración de reuniones periódicas de los miembros de la red y búsqueda activa de fuentes de financiación de proyectos.

A pesar de este rico panorama, es importante señalar que quedan todavía muchas cosas por hacer. No todos los archivos han sido explorados convenientemente, ya que, en muchos casos, su catalogación es incompleta, o bien el volumen de sus fondos es tal que su estudio completo llevará años (por ejemplo, en el Archivo General de Indias se conservan más de 43000 legajos que ocupan 8 km lineales de estanterías), por tanto, sólo el trabajo conjunto de archiveros y climatólogos permitirá explotar adecuadamente este vasto potencial.

2.6.2. Conclusiones o aportaciones científicas principales.

El Servicio de Desarrollos Climatológicos está encargado de forma operativa del mantenimiento y actualización de la base de datos climatológica instrumental del INM (Almarza 1996). Además, está tratando de solventar la creciente necesidad de una base de datos reticular diaria, tanto para la validación de la modelización de variabilidad climática como para su aplicación como datos de entrada de modelos medioambientales (Luna and Almarza 2004). Esta base de datos es utilizada también para la realización de trabajos de investigación en el marco de la acción COST719 “La utilización de GIS en climatología y meteorología” de la UE (Luna et al. 2005, Morata et al. 2005) y en estudios de variabilidad climática (Martín et al. 2004, Valero et al. 2004) a través de diferentes proyectos nacionales en los que colaboran distintas instituciones españolas (UCM y el Observatorio del Ebro).

A partir de la reconstrucción de la información instrumental registrada por la red meteorológica de la superficie terrestre se ha podido analizar la variabilidad climática regional desde la escala sub-diaria a la

multidecadal (Brunet and López 2001, Brunet et al. 2001, Aguilar et al. 2003).

Existen diversos trabajos centrados en técnicas operacionales APRA, el uso de imágenes y datos obtenidos por satélite (Isern-Fontanet et al. 2003). La utilización de técnicas multifractales/multiescala (Turiel et al. 1998) en el ámbito del tratamiento de datos de teledetección (Grazzini et al. 2003) abre nuevas posibilidades para detectar la variabilidad climática a partir de medidas muy continuadas a escala global y sinóptica. Un objetivo relevante en este área es el de integrar toda la información de satélite, incorporando nuevas variables y mediciones, hasta conseguir un cuadro global de las interacciones tierra-atmósfera-océano (Grazzini et al. 2002, Font et al. 2004, Turiel et al. 2005^a, Turiel et al. 2005^b).

Otra de las líneas de investigación es la basada en la reconstrucción del clima y de sus forzadores. Uno de los trabajos se centra en la actividad solar como forzador, para lo cual se ha realizado la reconstrucción de la serie del “número de manchas solares” gracias a la localización de antiguas observaciones (Vaquero et al. 2002, Vaquero 2003, Vaquero 2004^b, Vaquero et al. 2005) y de la serie de “área de las manchas solares”, de gran interés en los modelos de irradiancia solar (Vaquero et al. 2004). A estas reconstrucciones se añade la recopilación de observaciones desde la Península Ibérica de auroras boreales (Vaquero et al. 2003). Vaquero (2004^a) ha puesto de manifiesto la conexión entre la actividad solar y la NAO.

Otra línea de investigación contempla la elaboración y tratamiento de series de inundaciones históricas desde el siglo XIV hasta el siglo XXI, tanto a partir de fuentes documentales como de información instrumental. A partir de ellas se ha desarrollado el análisis de la evolución climática considerando el impacto de factores a gran escala así como en el diagnóstico de episodios concretos, distinguiéndose diferentes periodos de análisis en función de la información disponible (Barriendos et al. 2003, Llasat et al. 2003). Un primer análisis muestra que no existe tendencia significativa en la frecuencia de inundaciones catastróficas registradas en diferentes cuencas catalanas, aunque si se observa en algunos puntos una tendencia al aumento de inundaciones extraordinarias, vinculadas principalmente al cambio de usos del suelo y urbanización (Barrera et al. 2005, Llasat et al. 2005).

La recuperación de datos de período pre-instrumental (observaciones de viento sobre los Océanos entre 1750-1850), de información sobre sucesos extremos (ciclones tropicales en el Atlántico y el Pacífico, icebergs) o bien la elaboración de diferentes proxies (García et al. 2001, García et al. 2003, García-Herrera et al. 2003), han podido ser llevadas a cabo gracias a la existencia de la Red RECLIDO.

Por otra parte, se han elaborado hindcasts climáticos que han sido empleados en la creación de bases de datos regionales de alta resolución, adecuadas, a su vez, para su uso en estudios de tendencias y variabilidad climática (Gunther et al. 1998, Sotillo et al. 2005), todo ello en el marco de diferentes proyectos nacionales y consorcios con diferentes instituciones españolas que han permitido, además, la elaboración de determinados estudios de variabilidad climática (García-Lafuente et al. 2004).

Otra aportación dentro de los trabajos con modelizaciones ha sido el desarrollo de una metodología para la calibración espacial de modelos de reanálisis con datos instrumentales de diversos parámetros de clima marítimo y del nivel del mar. A esto hay que añadir la creación de diversos modelos de análisis de tendencias de variación de los

regímenes medio y extremo (Liste et al. 2004, Menéndez et al. 2004, Tomás et al. 2004, Méndez et al. 2005^a, Méndez et al. 2005b, Menéndez et al. 2005, Tomás et al. 2005). Por último, es relevante tener en cuenta las aportaciones del programa Coast Watch (CW) de la NOAA (<http://cwcaribbean.aoml.noaa.gov/>), que se encarga de la distribución de datos oceanográficos de satélite in-situ y en tiempo real (Goni et al. 2001, Goni et al. 2002, Olsen et al. 2004).



3. Aspectos científicos prioritarios CLIVAR-ESPAÑA

En este apartado se describen cuáles son los aspectos prioritarios, dentro de un contexto científico, para asegurar el buen desarrollo del conocimiento de las líneas de investigación incluidas en la red **CLIVAR**. Estos aspectos científicos son, de alguna manera, los que facilitarán la labor de los investigadores que la integran.

Este apartado también establece una relación entre estos aspectos prioritarios con cada una de las líneas de investigación **CLIVAR**, descritas en el documento (apartados 1 a 6 de la sección 2).

Claves:

- S1 Variabilidad atmosférica global.**
- S2 Variabilidad climática en la Península Ibérica.**
- S3 Predicción a escala regional.**
- S4 Variabilidad oceánica.**
- S5 Paleoclima.**
- S6 Bases de datos.**

3.1. Observaciones y datos.

[S1, S2 y S3] Desarrollo de sistemas de **evaluación y cuantificación de la transferencia de momento y calor** por los diferentes tipos de ondas atmosféricas entre las diferentes capas de la atmósfera y de su interacción con el flujo básico.

[S1, S3 y S6] Investigación y mejora de los esquemas de **asimilación de datos observacionales** en las aplicaciones numéricas.

[S1, S5 y S6] Resolver las **discrepancias en la representación de las temperaturas a escala global y hemisférica obtenidas mediante distinto tipos de metodologías y fuentes proxy**. Desarrollo de archivos paleoclimáticos alternativos y complementarios. **Optimización de las técnicas analíticas y de las calibraciones** de algunos de los indicadores que aplicamos en las reconstrucciones paleoambientales.

[S1, S4 y S5] Conocer la composición química de los océanos del presente y del pasado, para **entender el papel de los océanos en regular el incremento antropogénico de CO₂ atmosférico**.

[S4] Caracterización del efecto del forzamiento atmosférico mecánico sobre el nivel del mar, como por ejemplo la

modelización de la componente estérica en el área mediterránea a partir de los flujos de calor atmósfera-océano

- [S4 y S6] Mantenimiento de los muestreos sistemáticos de oceanografía operacional que actualmente se realizan (IEO), incorporación de trazadores para determinar la edad de las masas de agua (CSIC) y mejora en la eficiencia para gestionar los recursos (buques y bases de datos) (CSIC).
- [S1, S5 y S6] Búsqueda de nuevos proxies climáticos en latitudes subtropicales.
- [S2, S3 y S5] Integración y relaciones de la historia climática con la **historia antrópica** de la región de estudio.
- [S2, S5 y S6] Mejora de las **bases de datos** paleoclimáticas disponibles, tanto a escala global como regional en la Península Ibérica.

3.2. Modelización y predicción.

- [S1, S2 y S3] Desarrollo de nuevos **métodos de diagnóstico objetivo** (computerizado) **de perturbaciones atmosféricas**, especialmente en niveles altos de la troposfera.
- [S2 y S3] Mejor conocimiento de la **predictabilidad del clima regional** en las distintas aproximaciones (*hindcast*, predicción estacional, proyecciones de cambio climático futuro) mediante aproximaciones estadísticas y dinámicas.
- [S1, S2 y S3] En **predicción estacional**, mejora de los **modelos numéricos globales acoplados atmósfera-océano**.
- [S1, S2 y S6] Mejoras en la calidad y resolución espacio temporal de los **reanálisis**.
- [S1, S3 y S6] Mejora de los **modelos numéricos** empleados para la consecución de los **hindcasts**.
- [S1, S3 y S6] Aumento de la **resolución de hindcasts**, con el consiguiente incremento en la capacidad computacional y de almacenamiento.
- [S1 y S3] Mejora de los **modelos teóricos de turbulencia**, de generación de cascadas turbulentas y de técnicas de detección.
- [S2 y S3] **Comparación/mejora de técnicas de downscaling estadístico** en sus aplicaciones a distintas escalas temporales.
- [S1, S3 y S4] Utilización de modelos **AGCM de alta resolución** acoplados a un océano dinámico (o a un campo dinámico de SST) en aquellas regiones del Mediterráneo Occidental que parecen estar asociadas a variaciones climáticas.
- [S1, S3 y S4] Explorar **escenarios de cambio climático** más plausibles para nuestra área geográfica **mediante**

- modelos regionales** que incluyan la influencia del océano.
- [S4] En el modelado de la dinámica oceánica se deberá mejorar la computación de los métodos inversos de circulación oceánica.
- [S1, S3 y S5] **Avances en el conocimiento de la sensibilidad climática.** Distintos modelos climáticos ofrecen una perspectiva diferente en cuanto al rango de evolución de la variabilidad climática a lo largo del último milenio.
- [S1, S5 y S6] Más interacción/coordinación entre grupos de **simulación paleoclimática e investigadores orientados a la obtención de datos proxy.** Desarrollo de modelos de mesoescala y de microescala que permitan analizar las respuestas hidrológica y limnológica de los sistemas lacustres a las fluctuaciones climáticas.

3.3. Variabilidad climática y forzamientos.

- [S1, S3 y S5] **Reducción de incertidumbres en el forzamiento radiativo debido a la irradiancia solar y a la nubosidad.** Reconstrucciones de variabilidad solar.
- [S2, S3 y S5] Relación de la **variabilidad climática regional** con mecanismos de **forzamiento externo** (natural y antropogénico).
- [S2, S3 y S5] Mejor conocimiento de **variabilidad climática a escala regional** en escalas temporales decadales y centenales a partir de **reconstrucciones climáticas y simulaciones paleoclimáticas.**
- [S2, S3 y S5] Conseguir **establecer correlaciones sólidas entre registros** procedentes de diferentes archivos climáticos a escala tanto regional como inter-regional para así poder identificar los diferentes mecanismos responsables de propagar las señales climáticas.
- [S1, S3 y S4] Investigar el **papel del océano Atlántico del Norte** en la generación de **memoria oceánica tras los episodios ENSO.**
- [S2, S3 y S4] Investigar la relación entre clima y tiempo atmosférico en el **área Mediterránea.**
- [S1 y S5] Caracterización de la **evolución climática** de los últimos 15,000 años y especialmente en el Holoceno a **muy alta resolución temporal.** Conocimiento de la **variabilidad regional climática** en el pasado a través de una red más densa de archivos paleoclimáticos. **Establecer un marco menos incierto en el que validar los modelos climáticos** estableciendo el rango de variabilidad de la temperatura en el último milenio a partir de las reconstrucciones climáticas.
- [S1 y S5] Conocimiento de las **variaciones climáticas abruptas** en los últimos ciclos climáticos.

4. Propuestas específicas de CLIVAR-ESPAÑA

Las propuestas que aparecen en este apartado recogen los aspectos prioritarios y aquellos puntos estratégicos en los que la comunidad **CLIVAR-ESPAÑA** considera que es necesario incidir de un modo efectivo, si se quiere conducir la investigación en clima en España hacia estándares internacionales. Los apartados que aparecen a continuación hacen referencia a la relación con las instituciones, las fuentes de financiación, el uso y calidad de las bases de datos e infraestructuras, y la orientación de las líneas de investigación. Deben de considerarse como solicitudes específicas de la red **CLIVAR-ESPAÑA** a las instituciones.

4.1. Financiación e incentivación de la investigación en clima

Como resultado principal, se constata que la comunidad climática en España carece del apoyo económico necesario para sustentar una investigación en cantidad y calidad comparables, en términos relativos, a la de los países europeos líderes en este ámbito (y mucho menos a la de Estados Unidos y Japón). En la actualidad este apoyo es todavía muy escaso, tanto por parte del Ministerio como de los organismos Autonómicos. Se solicita pues una acción enérgica de las instituciones en los siguientes puntos:

- A)** Creación de una **Acción Estratégica en Clima y Cambio Climático** (CC) para dar un impulso adecuado a la investigación del clima que se hace en la España. Esta AE en Clima y CC debería dotarse de un presupuesto que permita:
 - A.1)** Incrementar el **número y dotación de proyectos** y financiarlos de acuerdo a sus necesidades reales.
 - A.2)** Aumentar los recursos destinados a la **financiación de becas y contratos de investigación en el ámbito de las ciencias del clima** (becas predoctorales y postdoctorales, contratos RyC, JdIC, y I3, etc.)
 - A.3)** **Creación de una línea de financiación específica de personal técnico de apoyo a la investigación en clima.**
 - A.4)** **Ayudas paralelas a la contratación de personal investigador** que permitan la creación y establecimiento de nuevos grupos de investigación, alrededor del nuevo investigador contratado.
 - A.5)** Financiación adicional destinada a subvencionar y promocionar la **colaboración científica a nivel internacional**, para asegurar la

participación de investigadores españoles en instancias internacionales y en el diseño y organización de nuevos programas/proyectos de investigación.

B) Creación de **Centros o Institutos de investigación básica en clima y cambio climático**, y en particular de diagnóstico y simulación climática.

C) Diseño de una **carrera formativa en ciencias del clima** en las universidades españolas, capaz de nutrir de futuros científicos a los grupos de investigación y que pueda redundar además en la profesionalización de los climatólogos.

4.2. Relaciones institucionales

Se indica que el apoyo institucional a la investigación puede ser muy mejorable. Sería deseable una mayor coordinación y comunicación de la comunidad científica con las diversas instituciones (MEC, MMA, INM, Comunidades Autónomas, etc). La comunidad **CLIVAR-ESPAÑA** ofrece su total disponibilidad a servir de soporte científico y técnico en

todos aquellos temas relacionados con clima y el cambio climático. Es necesario también que las instituciones se interesen por los resultados de dicha investigación y que éstos se tengan en cuenta para la toma de decisiones o para su transferencia a organismos nacionales e internacionales. Deberían en consecuencia establecerse canales que permitan este tipo de comunicación de un modo fluido. Las sugerencias se agrupan en torno a las siguientes propuestas:

- Mejora en la **comunicación con las instituciones** (MEC, OECC, MMA). Implementación de vías reales de comunicación entre la administración (Ministerio, Plan Nacional) y los administrados (científicos). Elaboración de un tríptico con información sobre la red para su difusión general
- Sería altamente **deseable que las instituciones** con capacidad de financiación y con responsabilidad de recoger la información de carácter científico de comunidades como **CLIVAR-ESPAÑA**, estuvieran **sensibilizadas con el potencial de la red** y se coordinaran con ella, con el fin de transmitir a la sociedad, al gobierno y a otras instituciones de carácter internacional (IPCC, IGBP, etc), los resultados de consenso de la comunidad española.
- Los informes de la comunidad **CLIVAR-ESPAÑA** deberían ayudar y ser tomados en cuenta en la redefinición de líneas y objetivos de las convocatorias de proyectos de investigación.
- Mejora significativa en la **colaboración** con instituciones públicas vinculadas al **mundo oceanográfico y meteorológico** (Instituto Español de Oceanografía, Puertos del Estado, Instituto Nacional de Meteorología). **Libre flujo** de datos para la investigación entre estas instituciones y la red **CLIVAR-ESPAÑA**, mediante el establecimiento de contratos o convenios específicos de colaboración.

- Dinamización de la red de investigación mediante el soporte institucional para la realización de seminarios y estudios de prospectiva.
- Apoyo a la **articulación de actividades de investigación conjuntas** para permitir la participación de grupos particulares de la red en iniciativas multidisciplinares. Esto facilitaría también la realización de estudios más complejos y ambiciosos como, por ejemplo, muestreos oceanográficos en las regiones polares, los cuales, debido a su dificultad, no entran actualmente en los objetivos de la mayoría de grupos particulares.
- Redefinición de los **objetivos del Plan Nacional** de acuerdo a las nuevas necesidades de investigación en clima y cambio climático, recogidas en los diferentes programas de investigación internacionales.

4.3. Bases de datos e infraestructura

En la siguiente lista, se señalan mejoras potenciales en el acceso y calidad de las bases de datos, así como en la disponibilidad y uso de infraestructura:

- Extensión de las redes y equipos para observaciones meteorológicas, oceanográficas y remotas.
- Mejora de la **accesibilidad a y actualización de las bases de datos** necesarias para realizar la investigación en clima y cambio climático. Se propone que los investigadores de la red **CLIVAR-ESPAÑA** tengan acceso **libre, rápido y gratuito** a los datos mediante la firma de un convenio de colaboración entre la red y los organismos públicos afectados. En particular, se hace énfasis en la necesidad de mejorar las relaciones con el INM para tramitar la obtención de datos así como la **calidad** de los mismos.
- Posibilitar la libre obtención, para investigación, de **datos diarios** de diferentes variables. Actualmente, su coste es elevadísimo y su obtención gratuita a través de internet poco práctica, debido al mucho tiempo de trabajo que esto último supone.
- Mejora en la diseminación de datos de ECMWF: información sobre los trámites necesarios para la obtención de predicciones operativas pasadas y acceso a las cuentas de ECMWF.
- Creación de una red efectiva de computación para investigación. Colaboración con expertos en optimización de códigos informáticos y supercomputación. Potenciar la modelización climática en grupos con personal de soporte que disponga de varios modelos de circulación general (GCMs), adquiridos de otros centros, y activos en técnicas de regionalización (downscaling).
- Facilitar y fomentar el mejor uso de las infraestructuras y recursos de las administraciones públicas o europeas de investigación.

Agradecimientos

A la acción especial, RED TEMATICA **CLIVAR** (REN2002-12207-E/CLI) y a la acción complementaria RED TEMATICA **CLIVAR-ESPAÑA** 2005. De manera especial a los Coordinadores de Sección por su tarea de integración de las distintas contribuciones de los integrantes de la RED. A Paula Conde, Maria Jesús Garabito y Fiz Fernández Pérez por la integración general del informe tanto en contenidos como en formatos, confección de las tablas bibliográficas y tablas complementarias.



Bibliografía

- Abaurrea, J. and J. Asín (2005). Forecasting local daily precipitation patterns in a climate change scenario. *Climate Research*, 28, 183-197.
- Abaurrea, J., J. Asín, A.C. Cebrián, and A. Centelles (2005). An analysis of rainfall extremes in the Ebro River Basin (1951-2000), using local indices and an areal index. *Geophysical Research Abstracts*, 7, EGU05-A-09985.
- Abaurrea, J., J. Asín and A. Centelles (2002) Caracterización espacio-temporal de la evolución de la precipitación anual en la cuenca del Ebro. En Guijarro, Grimalt, Laita, Alonso (eds), *El Agua y el Clima. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC)*, Serie A, nº 3, 113-124.
- Abaurrea, J. and A.C. Cebrián (2002) Drought analysis based on a cluster Poisson model: Distribution of the most severe drought. *Climate Research*, 22, 227-235.
- Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T. Peterson and J. Wieringa (2003) Guidelines on metadata and homogenization. *WCDMP-No 53*, WMO-TD No. 1186, Geneva, 51 pp.
- Alexander, M.A., I. Bladé, M. Newman, J. R. Lanzante, N.C. Lau and J.D. Scott (2002) The Atmospheric Bridge: the Influence of ENSO Teleconnections on Air-Sea Interaction Over the Global Oceans. *Journal of Climate*, 15, 2205-2231.
- Allen, J.R.M., B. Huntley, and W.A. Watts (1996) The vegetation and climate of northwest Iberia over the last 14000 yr. *Journal of Quaternary Science*, 11(2), 125-147.
- Almarza, C. (1996) The Climate Data Base of the Institute of Meteorology of Spain. *Climate Data Bases in Europe*. Ed. ECSN. NorKoping Suecia.
- Álvarez, M., F.F. Pérez, H. Bryden and A.F. Ríos (2004) Physical and biogeochemical transport structure in the North Atlantic subpolar gyre. *J. Geophysical Research-Oceans*, 109, C03027 doi:10.1029/2003JC002015.
- Álvarez-García, F., W. Cabos Narváez and M.J. Ortiz-Beviá (2005) On assessment of differences in ENSO mechanisms in a coupled GCM Simulation. *Journal of Climate*, (in press).
- Alvarez, A., P. Vélez, A. Orfila, G. Vizoso and J. Tintoré (2002). Evolutionary computation for climate and ocean forecasting: "El Niño forecasting Operational Oceanography. Elsevier, ISBN: 0-444-50391-9
- Alves, O., M. Alonso Balmaseda, D. Anderson and T.N. Stockdale (2004) Sensitivity of dynamical seasonal forecasts to ocean initial conditions. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 130, 647-667.
- Araus, J.L., A. Febrero, R. Buxo, M.D. Camalich, D. Martin, F. Molina, M.O. Rodríguez-Ariza, and I. Romagosa (1997) Changes in carbon isotope discrimination in grain cereals from different regions of the western Mediterranean Basin during the past seven millennia. Palaeoenvironmental evidence of a differential change in aridity during the late Holocene. *Global Change Biology*, 3(2), 107-118.
- Arribas, A., C. Gallardo, M.A. Gaertner and M. Castro (2003) Sensitivity of Iberian Peninsula climate to land degradation". *Climate Dynamics*, 20 (5), 477-489.
- Balch, D.P., A.S. Cohen, D.W. Schnurrenberger, J. Brian, V. Haskell, B.L. Garces, J. Warren Beck, H. Cheng and R. Lawrence Edwards (in press). Ecosystem and

- paleohydrological response to quaternary climate change in the Bonneville Basin, Utah. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*
- Barker, S., I. Cacho, H. Benway and K. Tachikawa (in press). Planktonic foraminiferal Mg/Ca as a proxy for past oceanic temperatures: a methodological overview and data compilation for the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*.
- Barrera, A. and M.C. Llasat (2004). Evolución regional de la precipitación en España en los últimos 100 años. *Revista de Ingeniería Civil*, 135, 105-113
- Barriendos, M. and M.C. Llasat (2003) The case of the 'Maldá' anomaly in the Western Mediterranean basin (AD 1760–1800): An example of a strong climatic variability. *Climatic Change*, 61, (1-2), 191-216.
- Barriopedro D., R. Garcia-Herrera, A.R. Lupo and E. Hernandez (2006) A climatology of Northern Hemisphere blocking, *Journal of Climate*, 19, 6, 1042-1063.
- Basterretxea, G., A. Orfila, A. Jordi, B. Casas, P. Lynett, P.F. Liu, C. Duarte and J. Tintore (2004) Seasonal dynamics of a microtidal pocket beach with *Posidonia oceanica* seabeds (Mallorca, Spain). *Journal of Coastal Research*. 20, 1155–1164.
- Basterretxea, G., E. Garces, T. Jordi, M. Masó and J. Tintoré (2005). Breeze conditions as a favouring mechanism of *Alexandrium Taylori* blooms at a Mediterranean beach. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol 62, pp 1-12
- Bauer, E., A. Ganopolski and M. Montoya (2004) Simulation of the cold climate event 8200 years ago by meltwater outburst from Lake Agassiz. *Paleoceanography* 19, PA3014, doi:10.1029/2004PA001030.
- Bendle, J. and A. Rosell-Melé (2004) Distributions of UK37 and UK37' in the surface waters and sediments of the Nordic Seas: implications for *Paleoceanography, Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. Art. No. Q11013 NOV 20 .
- Biau, G., E. Zorita, H. von Storch and H. Wackernagel (1999) Estimation of precipitation by kriging in the EOF space of the Sea level Pressure field. *Journal of Climate*, 12, 1070-1085.
- Bladé, I. (1999) The influence of midlatitude ocean-atmosphere coupling on the low-frequency variability of a GCM: Part II: Tropically-induced interannual variability. *Journal of Climate*, 12, 21-45.
- Bladé, I. (1997) The influence of midlatitude ocean-atmosphere coupling on the low-frequency variability of a GCM: Part I: No tropical SST forcing. *Journal of Climate*, 10, 2087-2106.
- Bojariu, R. and L. Gimeno (2003). Modelling and predictability of the North Atlantic Oscillation. *Earth Science Reviews*, 63, 145-168.
- Bojariu, R. and L. Gimeno (2003) The role of snow cover fluctuations in multiannual NAO persistence. *Geophysical Research Letters*, 30, No. 4. 10.1029/2002GL015651.
- Brennwald, M. S., F. Peeters, D.M. Imboden, S. Giralt, M. Hofer, D.M. Livingstone, S. Klump, K. Strassmann and R. Kipfer (2004) Atmospheric noble gases in lake sediment pore water as proxies for environmental change. *Geophysical Research Letters*, 31, L04202, doi:10.1029/2003GL019153.
- 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. and L. M. Beal (2000) Role of the Agulhas Current in Indian Ocean circulation and associated heat and freshwater fluxes. *Deep-Sea Research*, 48, 1821-1845.
- Burjachs, F. and R. Julia (1994) Abrupt Climatic Changes During the Last Glaciation Based on Pollen Analysis of the Abric-Romani, Catalonia, Spain. *Quaternary Research*, 42(3), 308-315
- Cabos Narvaez, W., M.J. Ortiz-Beviá and J. Oberhuber (1999) The annual and interannual variability of the Tropical Atlantic simulated with an isopycnal model. In 'Beyond El Niño', 251-270, A Navarra (ed.), Springer-Verlag, Berlin.
- Cabos Narvaez, W., M.J. Ortiz-Beviá and J. Oberhuber (1998) The variability of the tropical Atlantic. *J. Geophysical Research (Oceans)* 103, 7475-7489.
- Cabos Narvaez, W., F. Alvarez-García and M.J. Ortiz-Beviá (2002) Generation of warm and cold events in the tropical Atlantic. *Tellus A*, 54, 436-438.
- Cabos Narvaez, W., F. Alvarez-García and M.J. Ortiz-Beviá (in press) Impact of Global Warming in ENSO phase change. *Geosciences*
- Cacho, I., J.O. Grimalt, C. Pelejero, M. Canals, F.J. Sierro, J.A. Flores and N. Shackleton (1999) Dansgaard-Oeschger and Heinrich event imprints in Alboran Sea paleotemperatures. *Paleoceanography*, 14, 698-705
- Cacho, I., J.O. Grimalt and M. Canals (2002) Response of the western Mediterranean Sea to the rapid climatic variability that occurred during the last 50,000 years. A molecular biomarker approach. *Journal of Marine Systems*, 33-34, 253-272.
- Cacho, I., J.O. Grimalt, M. Canals, L. Sbaiffi, N.J. Shackleton, J. Schönfeld and R. Zahn (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(1), 40-52.
- Calbó, J., J.A. González and D. Pagès (2001) A Method for Sky-Condition Classification from Ground-Based Solar Radiation Measurements, *Journal of Applied Meteorology*, 40 (12), 2193-2199.
- Calvo, E., J. Villanueva, J.O. Grimalt, A. Boelaert and L. Labeyrie (2001) New insights into the glacial latitudinal temperature gradients in the North Atlantic. Results from UK'37 sea surface temperatures and terrigenous inputs. *Earth and Planetary Science Letters* 188, 509-519.
- Calvo, E., C. Pelejero, G.A. Logan and P. de Deckker (2004) Dust-induced changes in phytoplankton composition in the Tasman Sea during the last four glacial cycles, *Paleoceanography*, 19, doi:10.1029/2003PA000992.
- Calvo, E., C. Pelejero and G.A. Logan (2003) Pressurized liquid extraction of selected molecular biomarkers in deep sea sediments used as proxies in paleoceanography. *Journal of Chromatography A* 989, 197-205.
- Calvo, N. (2005) Propagación vertical de la señal de ENSO en la temperatura de la atmósfera. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid.
- Carmona, V., J.J. Pueyo, C. Taberner, G. Chong and M. Thirlwall (2000) Solute inputs in the Salar de Atacama (N. Chile). *Journal of Geochemical Explorations*, 69-70, 449-452.
- Carrion, J.S. (2002) Patterns and processes of Late Quaternary environmental change in a montane region of southwestern Europe. *Quaternary Science Reviews*, 21(18-19), 2047-2066
- Castro, M., C. Fernández and M.A. Gaertner (1993) Description of meso-scale atmospheric numerical model. In "Mathematics, Climate and Environment. Mason, Paris, 230-253.
- Castro, M., C. Gallardo and S. Calabria (2004) Regional IPCC Projections until 2100 in the Mediterranean area. In "Environmental Challenges in the Mediterranean". Kluwer
- Castro-Díez, Y., D. Pozo-Vázquez, F.S. Rodrigo and M.J. Esteban-Parra (2002) NAO and winter temperature variability in southern Europe. *Geophysical Research Letters*, 29 (8), doi: 10.1029/ 2001GL014042.
- Casty, C., D. Handorf, C. C. Raible, J. F. González-Rouco, A. Weisheimer, E. Xoplaki, J. Luterbacher, K. Dethloff and H. Wanner (in press). Comparison of recurrent climate winter regimes in reconstructed and modelled 500 hPa fields over the North Atlantic/European sector 1659-1990. *Climate Dynamics*.
- Christensen, J.H., B. Machenhauer, R.G. Jones, C. Schar, P.M. Ruti, M. Castro and G. Visconti (1997) Validation of present day climate simulations over Europe: LAM simulations with observed boundary conditions. *Climate Dynamics*, 13, 489-506.
- Cubasch, U., H.von Storch, J. Waszkezwitz and E. Zorita (1996) Estimates of climate changes in southern Europe using different downscaling techniques. *Climate Research*, 7, 129-149
- Cui M., H. von Storch and E. Zorita (1995) Coastal sea level and the large scale climate state: a downscaling exercise for the Japanese Islands. *Tellus A*, 47, 132 -144.
- Davis, B.A.S., S. Brewer, A.C. Stevenson and J. Guiot (2003) The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews*, 22(15-17), 1701-1716
- De la Torre, L., L. Gimeno, P. Ribera, D. Gallego, R. García and E. Hernández (2002) The use of atmospheric relative angular momentum to diagnose the Arctic Oscillation. *Earth and Planetary Science Letters*, 197, 215-223.
- Déqué, M., R. G. Jones, M. Wild, F. Giorgi, J. H. Christensen, D. C. Hassell, P. L. Vidale, B. Rockel, D. Jacob, E. Kjellström, M. de Castro, F. Kucharski and B. van den Hurk (2005) Global high resolution versus Limited Area Model climate change projections over Europe: quantifying confidence level from PRUDENCE results. *Climate Dynamics*., DOI: 10.1007/s00382-005-0052-1.
- Diez, E., C. Primo, J.A. García-Moya, J.M. Gutiérrez and B. Orfila (2005) Statistical and Dynamical Downscaling of Precipitation over Spain from DEMETER Seasonal Forecasts. *Tellus A*, 57:409-423
- Doblas-Reyes, F.J., R. Hagedorn and T.N. Palmer (2005) The rationale behind the success of multi-model ensembles in seasonal forecasting. Part II: Calibration and combination. *Tellus A*, 57, 234-252.
- Dunkeloh, A. and J. Jacobeit (2003) Circulation dynamics of Mediterranean precipitation variability 1948-98, *International Journal of Climatology*, 23, 1843-1866.
- Eglinton G., S.A. Bradshaw, A. Rosell, M. Sarnthein, U. Pflaumann and R. Tiedemann (1992) Molecular record of secular sea surface temperature changes on 100-year timescales for glacial terminations I, II and IV. *Nature*, 356, 423-426.
- Emeis, K., U. Struck, H. Schulz, R. Rosenberg, S. Bernasconi, H. Erlenkeuser, T. Sakamoto, and F. Martinez-Ruiz (2000) Temperature and salinity variations of the Mediterranean Sea surface waters over the last 16.000 years from records of

- planktonic stable oxygen isotopes and alkenone unsaturation ratio. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158, 259-280.
- Fenoglio-Marc L., E. Tel, M.J. Garcia and N. Kjaer (2004) Interannual to decadal sea level change in southwestern Europe from satellite altimetry and in-situ measurements. Gravity, Geoid and Space Missions - GGSM2004. IAG International Symposia. International Association of Geodesy Symposia, V129:242-247
- Fernández, J., J. Sáenz and E. Zorita (2003) Analysis of wintertime atmospheric moisture transport and its variability over the Mediterranean basin in the NCEP-Reanalyses. *Climate Research* 23, 195-215.
- Fernández, J. and J. Sáenz (2003) Improved field reconstruction with the analog method: searching the CCA space. *Climate Research*, 24, 199-213.
- Fernández J. (2004) Statistical and dynamical downscaling models applied to winter precipitation on the Cantabrian coast. Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco.
- Fernández, C., M. A. Gaertner, C. Gallardo and M. Castro (1995) Simulation of a long-lived meso-beta scale convective system over the Mediterranean coast of Spain. Part I: Numerical predictability. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 56, 157-179
- Fernández, C., M.A. Gaertner, C. Gallardo and M. Castro (1997) Simulation of a long-lived meso-beta scale convective system over the Mediterranean coast of Spain. Part II: Sensitivity to external forcings. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 62, 179-200.
- Fernández, V., D.E. Dietrich, R.L. Haney and J. Tintoré (2005) Mesoscale, seasonal and interannual variability in the Mediterranean Sea using a numerical ocean model. *Progress in Oceanography*, 66,2-4, 321-340
- Fischer-Bruns, I., H. von Storch, J.F. González-Rouco and E. Zorita (2005) Modelling the variability of midlatitude storm activity on decadal to century time scales. *Climate Dynamics*, DOI 10.1007/s0382-005-0036-1.
- Font, J., G. Lagerloef, D. LeVine, A. Camps and O. Z. Zanifé (2004) The determination of surface salinity with the European Smos space mission. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42, 2196-2205.
- Frías, M.D., J. Fernández, J. Sáenz and C. Rodríguez-Puebla (in press) Operational predictability of monthly maximum temperature through the combined use of statistical downscaling and multi model ensemble seasonal forecasts by the DEMETER project. *Tellus A*.
- Gaertner, M. A., O.B. Christensen, J.A. Prego, J. Polcher, C. Gallardo and M. Castro (2001) The impact of deforestation on the hydrological cycle in the western Mediterranean: an ensemble study with two regional climate models. *Climate Dynamics*, 17, 857-873.
- Gallardo, C., A. Arribas, J.A. Prego, M.A. Gaertner and M. Castro (200) Multi-year simulations with a high resolution regional climate model over the Iberian Peninsula: Current climate and 2xCO2 scenario. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127, 1659-1682.
- Gallego, D., R. García, E. Hernández, L. Gimeno and P. Ribera (2001) An ENSO signal in the North Atlantic subtropical area. *Geophysical Research Letters*, 28, 2939-2942.
- Gallego, M. C., J. A. García and J. M. Vaquero (2005) The NAO signal on daily rainfall series over the Iberian Peninsula. *Climate Research*, 29, 103-109.
- Gámiz-Fortis, S.R., D. Pozo-Vázquez, M.J. Esteban-Parra and Y. Castro-Díez (2002) Spectral characteristics and predictability of the NAO assessed through Singular Spectral Analysis. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 107, D23, 4685, doi: 10.1029/2001JD001436.
- Gámiz-Fortis, S.R., D. Pozo-Vázquez, M.J. Esteban-Parra and Y. Castro-Díez (2004) Influencia de la SST atlántica sobre las precipitaciones de la Península Ibérica. *Física de la Tierra*, 16, 149-160.
- García, R., A. Macías, D. Gallego, E. Hernández, L. Gimeno and P. Ribera (2003) Reconstruction of the precipitation in the Canary Islands for the period 1595-1836. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84, 1037-1939.
- García, R., D. Gallego, E. Hernández, L. Gimeno and P. Ribera (2003) Precipitation trends in the Canary Islands, *International Journal of Climatology*, 23:235-241.
- García, R., D. Gallego, E. Hernández, L. Gimeno and P. Ribera (2001) Influence of the North Atlantic Oscillation on the Canary Islands precipitation. *Journal of Climate*, 14, 3889-3903.
- García, J. A., A. Serrano and M. C. Gallego (2001) A spectral analysis of the Iberian Peninsula monthly rainfall. Theoretical and Applied *Climatology*, 71(1-2), 77-95.
- García, M. A., A. F. Ríos, C. Castro, M. D. Doval, G. Rosón, D. Gomis and O. López (2002) Water masses and distribution of physico-chemical properties in the western Bransfield Strait and Gerlache Strait during Austral summer 1995/96. *Deep-Sea Research II*, 49, 585-602.
- García, R., A. Macías, D. Gallego, P. Ribera, L. Gimeno y E. Hernández (2003) Reconstruction of the precipitation in the Canary Islands for the period 1595-1836. *Bulletin of the American Meteorological Society*. doi: 10.1175/BAMS-84-8-1037.

- García, R., H. Díaz, R. García Herrera, J. Eischeid, M. R. Prieto, E. Hernández, L. Gimeno, F. Rubio and A. Bascary (2001) Atmospheric Circulation Changes in the Tropical Pacific inferred from the Manila Galleons in the Sixteenth-Eighteenth centuries. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82:2435-2455.
- García-Herrera, R., E. Hernández, D. Paredes, D. Barriopedro, F. Correoso and L. Prieto (2005) A MASCOTTE based characterization of MCS over Spain 2000-2002. *Atmospheric Research*, 73, 261-282, doi: 10.1016/j.atmosres.2004.11.003.
- García-Herrera, R., J. Díaz, R. Trigo and E. Hernández (2005) Extreme summer temperatures in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions. *Annales Geophysicae* 23, 239-251.
- García-Herrera, R., N. Calvo, R. Garcia and M. Giorgetta (in press) Propagation of ENSO temperature signals into the middle atmosphere: a comparison of two general circulation models and ERA-40 reanalysis data. *Journal of Geophysical Research*.
- García-Herrera, R., R. García, M. R. Prieto, E. Hernández, L. Gimeno and H. Díaz, (2003) Using Spanish archives to reconstruct climate variability. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Doi: 10.1175/BAMS-84-8-1025.
- García-Lafuente, J., J. del Río, E. Alvarez-Fanjul, D. Gomis and J. Delgado (2004) Some aspects of the seasonal sea level variations around Spain. *Journal of Geophysical Research*, 109, C09008, doi:10.1029/2003JC002070
- García-Lafuente, J., J. Delgado, J. M. Vargas, M. Vargas and F. Plaza (2002) Low frequency variability of the exchanged flows through the Strait of Gibraltar during CANIGO. *Deep-Sea Research II*, 49, 4051-4067.
- García-Ruiz, J.M., B.L. Valero-Garcés, C. Marti-Bono, and P. González-Sampéris (2003) Asynchronicity of maximum glacier advances in the Central Spanish Pyrenees. *Journal of Quaternary Science*, 18, 61-72.
- Gimeno, L., L. de la Torre, R. Nieto, R. García, E. Hernández and P. Ribera (2003) Changes in the relationship NAO-Northern hemisphere temperature due to solar activity, *Earth and Planetary Science Letters*, 206, 15-20.
- Gimeno, L., O. Vidal, R. Nieto, R., L. de la Torre, R. Garcia, E. Hernandez, R. Bojariu, P. Ribera P. and D. Gallego (2003) Impact of extratropical dynamical modes upon tropospheric temperature using an approach based on advection of temperature. *International Journal of Climatology*, 23, 399-404.
- Gimeno, L., P. Ribera, R. Nieto, J.F. Pérez, O. Vidal, L. de la Torre, D. Gallego, R. García and E. Hernández (2002) Imprints of the North Atlantic Oscillation on four unusual atmospheric parameters. *Earth and Planetary Science Letters*, 202, 677-692.
- Giorgi, F. (1990) On the simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model. *Journal of Climate*, 3, 941-963.
- Giralt, S., F. Burjachs, J.R. Roca and R. Julià (1999) Late Glacial to Early Holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playalake. *Journal of Paleolimnology*, 21, 449-460.
- Giralt, S., R. Julià, S. Leroy, and F. Gasse (2003) Cyclic water level oscillations of the KaraBogaz Gol Caspian Sea system. *Earth and Planetary Science Letters*, 212, 225-239.
- Giralt, S., S. Riera, J. Klerkx, R. Julià, V. Lignier, C. Beck, M. de Batist and I. Kalugin (2002) Recent Paleoenvironmental evolution of Lake Issyk-Kul. In: J. Klerkx & B. Imanackunov (Eds.) *The Issyk-Kul Lake: Evaluation of Environmental State and Its Remediation*. Kluwer Academic Publishers, NATO ASI SERIES, IV, *Earth and Environmental Sciences*, 13, 125-146.
- Giralt, S., S. Riera, S. Leroy, T. Buchaca, J. Klerkx, M. de Batist, C. Beck, V. Bobrov, M. Brennwald, J. Catalan, V. Gavshin, R. Julià, I. Kalugin, R. Kipfer, S. Lombardi, V. Matychenkov, F. Peeters, V. Podsetchine, V.V. Romanovsky, F. Sukhorukov, and N. Voltattorni (2004) 1,000-years of environmental history of Lake Issyk-Kul. In: J.C.J. Nihoul, P.O. Zavialov, P.P. Micklin (Eds). *Dying and Dead Seas: Climatic Versus Anthropogenic Causes*. Kluwer Academic Publishers. NATO ASI SERIES, IV, *Earth and Environmental Sciences*, 36, 228 – 253.
- Gomis, D., O. López, M. A. García and A. Pascual (2002) Quasi-geostrophic 3D circulation and mass transport in the western sector of the South Shetland Islands. *Deep-Sea Research II*, 49, 603-622.
- Gomis D., M.N. Tsimplis, B. Martín-Míguez, A.W. Ratsimandresy, J. García-Lafuente and S.A. Josey (in press) Mediterranean Sea level and barotropic flow through the Strait of Gibraltar for the period 1958-2001 and reconstructed since 1659. *J. Geophys. Res. Oceans*
- Goni, G. J. and I. Wainer (2001) Investigation of the Brazil Current front variability from altimeter data. *Journal of Geophysical Research*, 106(C12), 31117-31128, 10.1029/2000JC000396.
- Goni, G. J. and M. O. Baringer (2002) Surface currents in the tropical Atlantic across high density XBT line AX08, *Geophysical Research Letters*, 29(24), 2218, doi:10.1029/2002GL015873.
- González-Pola, C., A. Lavín and M. Vargas-Yañez (2005). Intense warming and salinity

- modification of intermediate water masses in the southeastern corner of the Bay of Biscay for the period 1992-2003. *J. Geophys. Res.*, 110, C05020, doi: 10.1029/2004JC002367.
- González-Rouco, J. F., H. Heyen, E. Zorita, and F. Valero (2000) Agreement between observed rainfall trends and climate change simulations in the Southwest of Europe. *Journal Climate*, 13, 3057-3065.
- González-Rouco, J. F., H. von Storch and E. Zorita (2003) Deep soil temperature as a proxy for surface air-temperature in a coupled model simulation of the last thousand years. *Geophysical Research Letters*, 30, 21, 2116, DOI: 10.1029/2003GL018264.
- Goodess, C. M. and J. P. Palutikof (1998) Development of daily rainfall scenarios for Southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling, *International Journal of Climatology*, 10, 1051-1083.
- Goodess, C. M. and P. D. Jones (2002) Links between circulation and changes in the characteristics of Iberian rainfall. *International Journal of Climatology*, 22, 1593-1615.
- Grazzini, J., A. Turiel and H. Yahia (2003) Analysis and comparison of functional dependencies of multiscale textural features on monospectral infrared images. In *Proc. of IGARSS*, 3, 2045–2047.
- Grazzini, J., A. Turiel and H. Yahia (2002) Entropy estimation and multiscale processing in meteorological satellite images. In *Proc. of ICPR 2002*, 3:764–768.
- Gregory, J. M., K.W. Dixon, R.J. Stouffer, A.J. Weaver, E. Driesschaert, M. Eby, T. Fichet, H. Hasumi, A. Hu, J.H. Jungclaus, I.V. Kamenkovich, A. Levermann, M. Montoya, S. Murakami, S. Nawrath, A. Oka, A.P. Sokolov and R.B. Thorpe (2005) A model intercomparison of changes in the Atlantic thermohaline circulation in response to increasing atmospheric CO₂ concentration *Geophysical Research Letters*, 32, L12703, doi:10.1029/2005GL023209.
- Grosjean, M., J.F.N. van Leeuwen, W.O. van der Knaap, M.A. Geyh, B. Ammann, W. Tanner, B. Messerli, B. Valero-Garcés, and H. Veit (2001) A 22000 14C yr B.P. sediment and pollen record of climate change from Laguna Miscanti (23° S), northern Chile. *Global and Planetary Change*, 28, 35 - 51
- Gunther, H., W. Rosenthal, M. Stawarz, J. C. Carretero, M. Gomez, I. Lozano, O. Serrano and M. Reistad (1998) The wave climate on the Northeast Atlantic over the period 1955-1994: The WASA wave hindcast. *The Global Atmosphere and Ocean System*, 6:121-163.
- Gutiérrez, J.M., A.S. Cofiño, R. Cano and C. Sordo (2005) Analysis and downscaling multi-model seasonal forecasts in Perú using self-organizing maps. *TellusA* 57:435-447
- Gutiérrez, J.M., A.S. Cofiño, R. Cano, and M.A. Rodríguez (2004) Clustering Methods for Statistical Downscaling in Short-Range Weather Forecast. *Monthly Weather Review* 132, 2169-2183.
- Gutiérrez, J.M., R. Cano, A.S. Cofiño and C. Sordo (2004) Redes Probabilísticas y Neuronales en las Ciencias Atmosféricas”, Monografías del Instituto Nacional de Meteorología (Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente), Madrid.
- Hagedorn, R., F.J. Doblas-Reyes and T.N. Palmer (2005) The rationale behind the success of multi-model ensembles in seasonal forecasting. Part I: Basic concept. *Tellus A*, 57, 219-233.
- Harris, P. G., M. Zhao, A. Rosell-Melé, R. Tiedemann, M. Sarnthein and J.R. Maxwell (1996) Chlorin accumulation rate as a proxy for Quaternary marine primary productivity. *Nature*, 383: 63-65.
- Haug, G.H., A. Ganopolski, D.M. Sigman, A. Rosell-Mele, G.E.A. Swann, R. Tiedemann, S.L. Jaccard, J. Bollmann, M.A. Maslin, M.J. Leng and G. Eglinton (2005) The seasonal cycle in North Pacific sea surface temperature and the glaciation of North America 2.7 million years ago. *Nature*, 433, 821-825
- Heyen, H., E. Zorita and H. von Storch (1996) Statistical downscaling of winter monthly mean North Atlantic sea-level pressure to sea level variations in the Baltic sea. *Tellus A*, 48, 312-323.
- Houghton, J., Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (editors) (2001) The scientific basis. Contribution of Working Group I to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Hüls, M. and R. Zahn (2000) Millennial scale SST variability in the western tropical North Atlantic from planktonic foraminiferal census counts. *Paleoceanography*, 15, 731-737.
- Hurrell, J. W. (1995) Decadal trends in the north Atlantic oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679.
- Isern-Fontanet, J., E. García-Ladona and J. Font (2003) Identification of marine eddies from altimetry, *Journal Atmospheric, Oceanic Technology*, 20, 772–778.
- Jalut, G., A.E. Amat, L. Bonnet, T. Gauquelin, and M. Fontugne (2000) Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 160(3-4), 255-290.
- Jalut, G., A.E. Amat, S.R.I. Mora, M. Fontugne, R. Mook, L. Bonnet, and T. Gauquelin (1997) Holocene climatic changes in the western Mediterranean: installation of the

- Mediterranean climate. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de la Terre et des Planetes*, 325(5), 327-334.
- Jenny, B., B.L. Valero-Garcés, R. Villa-Martinez, R. Urrutia, M. Geyh, and H. Veit (2002) Early to mid-Holocene aridity in Central Chile and the Southern Westerlies: The Laguna Aculeo record (34 S). *Quaternary Research*, 5, 160 – 170
- Jenny, B., D. Wilhelm, and B.L. Valero-Garcés (2003) The Southern Westerlies in Central Chile: Holocene precipitation estimates based on a water balance model for Laguna Aculeo (33°50'S). *Climate Dynamics*, 20, 269-280.
- Jordi, A., A. Orfila, G. Basterretxea and J. Tintoré (2004) Shelf-slope exchanges by frontal variability in a steep submarine canyon. *Progress in Oceanography*, 66, (2-4), 120-141
- Knorr, G. and G. Lohmann (2003) Southern Ocean origin of the resumption of Atlantic thermohaline circulation during deglaciation. *Nature*, 424, 532-536.
- Kubatzki, C., M. Montoya, S. Rahmstorf, A. Ganopolski and M. Claussen (2000) Comparison of a coupled global model of intermediate complexity and an AOGCM for the last interglacial. *Climate Dynamics*, 16(10/11), 799-814. doi: 10.1007/s003820000078.
- Kucera, M, A. Rosell-Melé, R. Schneider, C. Waelbrok and M. Weinelt (2005) Multiproxy approach for the reconstruction of the glacial ocean surface (MARGO) *Quaternary Science Reviews*, 24 (7-9): 813-819.
- Kushnir, Y., W. A. Robinson, I. Bladé, N. M. Hall, S. Peng and R. Sutton (2002) Atmospheric GCM Response to Extratropical SST Anomalies: Synthesis and Evaluation. *Journal of Climate*, 15, 2233-2256.
- Lavin, A., L.H. Bryden and G. Parrilla (1998) Meridional transport and heat flux variations in the subtropical North Atlantic. *Global Atmos. Ocean Syst*, 6(3), 269-293.
- Leira, M. and L. Santos (2002) An early Holocene short climatic event in the northwest Iberian Peninsula inferred from pollen and diatoms. *Quaternary International*, 93-4, 3-12
- Levermann, A., A. Griesel, M. Hofmann, M. Montoya and S. Rahmstorf (2005) Dynamic sea level changes following changes in the thermohaline circulation. *Climate Dynamics*, 24, 347-354, DOI: 10.1007/s00382-004-0505-y.
- Liste, M., F. J. Méndez, I. J. Losada, R. Medina and R. Olabarrieta (2004) Variaciones hiperanuales de parámetros medios de oleaje en el litoral mediterráneo español en los últimos cincuenta años: efectos sobre la costa, IV Congreso de la Asociación Española de Climatología, Santander, p.p. 51-61.
- Llach, M., y J. Calbó (2004) Aproximación a la climatología de la nubosidad en Cataluña. En García Codron, J.C., C. Diego Liaño, P. Fdez.de Arróyabe Hernández, C. Garmendia Pedraja, D. Rasilla Álvarez (eds), *El Clima, entre el mar y la montaña* Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC), serie A, 4:323-332
- Llasat, M.C., M. Barriendos, A. Barrera and T. Rigo (2005) Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th Century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records. Special issue of *Journal of Hydrology Applications of palaeoflood hydrology and historical data in flood risk analysis*, 313 in press
- Llasat, M.C., T. Rigo and M. Barriendos (2003) The 'Montserrat-2000' flash-flood event: a comparison with the floods that have occurred in the Northeastern Iberian Peninsula since the 14th Century *International Journal of Climatology*, 23.
- Lopez, J.F. and J.O. Grimalt (2004) Phenyl- and cyclopentylimino derivatization for double bond location in unsaturated C37-C40 alkenones by GC-MS. *Journal of the American Society for Mass Spectrometry* 15, 1161-1172
- López, O., M. A. García, D. Gomis, P. Rojas, J. Sospedra, M. Manríquez, T. Granata and A. Sánchez-Arcilla (1999) Hydrographic and hydrodynamic characteristics of the Eastern sector of the Bransfield Strait (Antarctica). *Deep-Sea Research I*, 46, 1755-1778.
- Luceño, A., Menéndez, M. and F.J. Méndez (2006) The effect of temporal dependence on the estimation of the frequency of extreme ocean climate events, *Proceedings of the Royal Society – A*, 462:1683–1697.
- Luna, M.Y. and C. Almarza (2004) Interpolation of 1961-2002 daily climatic data in Spain. *Proceedings of the Conference on Spatial Interpolation in Climatology and Meteorology*. Budapest. Hungria.
- Luna, M.Y., A. Morata, A. Chazarra and C. Almarza (in press) Mapping of snow loads on the ground in Spain. *Geographical Information Systems and Remote Sensing: Environmental Applications*.
- Marcos, M., D. Gomis, S. Monserrat, E. Álvarez Fanjul, B. Pérez and J. García-Lafuente (2005) Consistency of long sea-level time series in the Northern coast of Spain, *Journal Geophysical Research*, 110, C03008, doi: 10.1029/2004JC002522
- Marlow, J.R., C. Lange, G. Wefer and A. Rosell-Melé (2000) Upwelling intensification as part of the Pliocene-Pleistocene climate transition. *Science*, 290, 2288-2291.

- Martín, M. L., M. Y. Luna, A. Morata and F. Valero (2004). North Atlantic teleconnection patterns of low-frequency variability and their links with springtime precipitation in the Western Mediterranean. *International Journal of Climatology*, 24, 213-230.
- Martinez-Ruiz, F., M. Kastner, A. Paytan, M. Ortega Huertas, and S Bernasconi (2000) Geochemical evidence for enhanced productivity during S1 sapropel deposition in the Eastern Mediterranean. *Paleoceanography*, 15, 200-209.
- 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.
- Martín-Vide, J. (2004) Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain. *International Journal of Climatology*, 24, 959-971.
- Martrat, B., J.O. Grimalt, C. Lopez-Martinez, I. Cacho, F.J. Sierro, J.A. Flores, R. Zahn, M. Canals, J.H. Curtis and D.A. Hodell (2004) Abrupt Temperature Changes in the Western Mediterranean over the Past 250,000 Years. *Science* 306, 1762-1765.
- Matano, R.P., C.G. Simionato, W.P. de Ruijter, P.J. van Leeuwen, P.T. Strub, D.B. Chelton and M.G. Schlax (1998) Seasonal variability in the Agulhas Retroflection. *Geophysical Research Letters*, 25, 4,361-4,364.
- McClymont, E.L and A. Rosell-Melé (2005) Links between the onset of modern Walker Circulation and the mid-Pleistocene climate transition. *Geology*. 33, 389–392.
- McClymont, E.L, A. Rosell-Melé, J.M. Lloyd, J. Giraudeau and C. Pierre (in press) Alkenone and coccolith records of the mid-Pleistocene in the south-east Atlantic: implications for the UK37' index and South African climate. *Quaternary Science Reviews*
- Medina, R., Olabarrieta, M., Losada, I.J., Méndez, F.J., Agudelo, P., Guanche, R., Tomás, A., Menéndez, M., Liste, M., Abascal, A.J. and S. Castanedo (in press) Análisis de los efectos del cambio climático en el litoral español, VIII Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas, Sitges (Barcelona), Mayo (2005) Ed. Fundación para el Fomento de la Ingeniería del Agua.
- Méndez, F. J., Menéndez, M., Luceño, A., Losada, I.J. (in press) Estimation of the long-term variability of extreme significant wave height using a time-dependent POT model, *Journal of Geophysical Research – Oceans*
- Méndez, F. J., M. Menéndez, A. Luceño and I. J. Losada (in press) A model for the analysis of trends of extreme value wave climate. The Fifth International Symposium on Ocean Wave Measurements and Analysis. ASCE
- Méndez, F.J., M. Menéndez, R. Medina and A. Luceño (in press) Un modelo para el análisis extremal de la duración y la intensidad de temporales. VIII Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas, Sitges (Barcelona).
- Menéndez, M., F. J. Méndez, I. J. Losada, R. Medina and A. J. Abascal (2004) Variaciones del régimen extremal del clima marítimo en el litoral español en el período 1958-2001, IV Congreso de la Asociación Española de Climatología, Santander, p.p. 73-83.
- Menéndez, M., F. J. Méndez, M. Liste, A. Luceño, E. Álvarez and J. C. Carretero (2005) Análisis de tendencias del régimen extremal del clima marítimo en el litoral español, VIII Jornadas Españolas de Ingeniería de Puertos y Costas, Sitges (Barcelona).
- Millán, M, M.J. Estrela and J. Miró (2005) Rainfall Components: variability and spatial distribution in a Mediterranean area (Valencia Region). *Journal Climate*, 18, 2682-2705.
- Millán, M., M.J. Estrela, M.J. Sanz, E. Mantilla, M. Martín, F. Pastor, R. Salvador, R. Vallejo, L. Alonso, G. Gangoiti, J.L. Ildia, M. Navazo, A. Albizuri, B. Artiñano, P. Ciccioi, G. Kallos, R.A. Carvalho, D. Andrés, A. Of, J. Werhahn, G. Seufert and B. Versino (2005) Climate feedbacks and desertification: the Mediterranean model. *Journal Climate*, 18:684-701
- Montoya, M., A. Griesel, A. Levermann, J. Mignot, M. Hofmann, A. Ganopolski, and S. Rahmstorf (in press) The Earth System Model of Intermediate Complexity CLIMBER-3a. Part I: description and performance for present day conditions. *Climate Dynamics*
- Montoya, M., T.J. Crowley and H. von Storch (1998) Temperatures at the last interglacial simulated by a coupled ocean-atmosphere model, *Paleoceanography*, 13, 170-177.
- Montoya, M., T.J. Crowley and H. von Storch (2000) Climate simulation for 125,000 years ago with a coupled ocean-atmosphere General Circulation Model. *Journal of Climate*, 13, 1057-1070.
- Morala, L., J. A. García and A. Serrano (2003) Detecting quasi-oscillations in the monthly precipitation regimes of the Iberian Peninsula. *Annales Geophysicae* 21, 819-832.
- Morata, A., M. L. Martín, M. Y. Luna and F. Valero (in press) Self-similarity patterns of precipitation in the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*.
- Moreno, A., I. Cacho, M. Canals, J. Grimalt, M.F. Sánchez Goñi, N.J. Shackleton and F.J. Sierro (in press) 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*.

- Moreno, A., I. Cacho, M. Canals, J.O. Grimalt and A. Sánchez-Vidal (2004). Millennial-scale variability in the productivity signal from the Alboran Sea record, Western Mediterranean Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211, 205-219.
- Moreno, A., I. Cacho, M. Canals, M.A. Prins, M.F. Sánchez Goñi, J.O. Grimalt and G.J. Weltje (2002) Saharan dust transport and high-latitude glacial climatic variability: the Alboran Sea record. *Quaternary Research*, 58, 318-328.
- Mortyn, P.G. and C.D. Charles (2003) Planktonic foraminiferal depth habitat and $\delta^{18}O$ calibrations: plankton tow results from the Atlantic sector of the Southern Ocean, *Paleoceanography*, 18 n.2, 1037, doi: 10.1029/2001PA000637.
- Mortyn, P.G., C.D. Charles and D.A. Hodell (2002) Southern Ocean Upper Water Column Structure over the last 140ky with Emphasis on the Glacial Terminations, *Global and Planetary Change*, 34, 241-252.
- Müller, P. J., G. Kirst, G. Ruhland, I. von Storch and A. Rosell-Melé (1998) Calibration of the alkenone paleotemperature index UK37' based on core-tops from the eastern South Atlantic and the global ocean (60°N-60°S). *Geochimica Cosmochimica Acta*, 62, 1757-1772.
- Muñoz-Díaz, D. and F.S. Rodrigo (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.
- Muñoz-Díaz, D. and F.S. Rodrigo (2004) Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912-2000) using cluster and principal component analysis: comparison. *Annales Geophysicae*, 22, 1435-1448.
- Muñoz-Díaz, D. and F.S. Rodrigo (2004) Impacts of the North Atlantic Oscillation on the probability of dry and wet winters in Spain. *Climate Research*, 27, 33-43.
- Nakicenovic, N. and R. Swart (eds) (2000) Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Nieto, R., L. Gimeno, L. de la Torre, P. Ribera, D. Gallego, R. García, J.A. García, M. Nuñez, A. Redaño and J. Lorente (in press) Climatological features of cut-off low systems in the Northern Hemisphere. *Journal of Climate*.
- Noger, M. (1994) Using statistical techniques to deduce local climate distributions. An application for model validation, *Meteorological Applications*, 1, 277-287.
- Olsen, A., A. M. Omar, A. C. Stuart-Menteth and J. A. Trinanes (2004) Diurnal variations of surface ocean pCO₂ and sea-air CO₂ flux evaluated using remotely sensed data. *Geophysical Research Letters*, 31(20), L20304 10.1029/2004GL020583.
- Orfila, A., A. Álvarez, J. Tintoré, A. Jordi and G. Basterretxea (2004) Climate teleconnections at monthly time scales in the Ligurian sea inferred from satellite data. *Progress in Oceanography*, 66, Issues 2-4, 157-170
- Orfila, A., A. Jordi, G. Basterretxea, G. Vizoso, N. Marbà, C. Duarte, F.E. Werner and J. Tintoré (2002) Residence Time and *Posidonia oceanica* in Cabrera National Park, Spain. *Continental Shelf Research*, 25 (11).
- Orfila, A., G. Basterretxea, A. Jordi, G. Vizoso, B. Casas, A. Fornés, A. Jansá, A. Genovés, J.J. Fornós, N. Marbà, C. Duarte, P. Lynnet, P. Liu and J. Tintoré (2002) Effects of the November 2001 severe atmospheric event on two beaches of Mallorca. Mediterranean. Storms. Proceedings of the 4th EGS Plinius Conference held at Mallorca, Spain, October 2002.
- Osborn, T. (2004) Simulating the winter North Atlantic Oscillation: the roles of internal variability and greenhouse gas forcing, *Climate Dynamics*, 22, 605-623.
- Pahnke, K. and R. Zahn (2005) Southern hemisphere water mass conversion linked with North Atlantic climate variability. *Science*, 307, 1741-1746.
- Pahnke, K., R. Zahn, H. Elderfield and M. Schulz (2003) 340,000-year centennial-scale marine record of southern hemisphere climatic oscillation. *Science*, 301, 948-952.
- Palmer, T.N., A. Alessandri, U. Andersen, P. Cantelaube, M. Davey, P. Délecluse, M. Déqué, E. Díez, F.J. Doblas-Reyes, H. Feddersen, R. Graham, S. Gualdi, J.F. Guérémy, R. Hagedorn, M. Hoshen, N. Keenlyside, M. Latif, A. Lazar, E. Maisonave, V. Marletto, A. P. Morse, B. Orfila, P. Rogel, J.M. Terres and M. C. Thomson (2004) Development of a European multi-model ensemble system for seasonal to inter-annual prediction (DEMETER). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 853-872.
- Palmer, T.N., G. J. Shutts, R. Hagedorn, F.J. Doblas-Reyes, T. Jung and M. Leutbecher (2005) Representing model uncertainty in weather and climate prediction. Annual Review of *Earth and Planetary Sciences*, 33, 163-193.
- Paredes, D., R.M. Trigo, R. Garcia-Herrera, I.F. Trigo and M.A. Valente (2006). Understanding precipitation changes in Iberia in early Spring: weather typing and storm-tracking approaches. *Journal of Hydrometeorology*, 7, 101-113.
- Parrilla, G., A. Lavín, H. Bryden, M. García and R. Millard (1994) Rising temperatures in the subtropical North Atlantic over the past 35 years, *Nature*, 369, 48-51.
- Pascual, M., X. Rodó, S. Ellner, R. Colwell and M.J. Bouma (2000) Cholera dynamics and the El Niño-Southern Oscillation. *Science*, 289, 1766-1769.

- Pastor, F., M.J. Estrela, D. Penarrocha and M.M. Millan (2000) Torrential rains on the Spanish Mediterranean coast: Modelling the effects of the sea surface temperature. *Journal of Applied Meteorology*, 40, 7, 1180-1195.
- Pelejero, C., J.O. Grimalt, S. Heiliq, M. Kienast and L.J. Wanq (1999) High-resolution U-37(K) temperature reconstructions in the South China Sea over the past 220 kyr. *Paleoceanography*, 14(2): 224-231
- Pelejero, C and E. Calvo (2003) The upper end of the UK'37 temperature calibration revisited. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4, 1014, doi:10.1029/2002GC000431.
- Pelejero, C., E. Calvo, G.A. Logan, and P. de Deckker (2003) Marine Isotopic Stage 5e in the Southwest Pacific: Similarities with Antarctica and ENSO inferences. *Geophysical Research Letters*, 30, 2185, doi:10.1029/2003GL018191.
- Pelejero, C., E. Calvo, M.T. McCulloch, J. Marshall, M.K. Gagan, J.M. Lough, and B.N. Opdyke (2005) Preindustrial to modern decadal variability in coral reef pH. *Science*, 309:2204-2207
- Pena, L.D., E. Calvo, I. Cacho, S. Eggins and C. Pelejero (2005) Identification and removal of Mn-Mg-rich contaminant phases in foraminiferal tests: Implications for Mg/Ca past temperature reconstructions. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 6(9):Q09P02, doi: 10.1029/2005GC000930
- Peñarrocha, D, M.J. Estrela and M. Millán (2002) Classification of daily rainfall patterns in a Mediterranean area with extreme intensity levels: the Valencia Region. *International Journal of Climatology*, 22, 677-695.
- Pérez, F.F., A.F. Rios, B.A. King and R.T. Pollard (1995) Decadal changes of θ -S relationship of the Eastern North Atlantic Central Water (ENAW). *Deep-Sea Research*, 42(11/12), 1849-1864.
- Perez-Obiol, R. and R. Julia (1994) Climatic-Change on the Iberian Peninsula Recorded in a 30,000- Yr Pollen Record from Lake Banyoles. *Quaternary Research*, 41(1), 91-98.
- Petoukhov, V., M. Claussen, A. Berger, X. Crucifi, M. Eby, A.V. Eliseev, T. Fichefet, A. Ganopolski, H. Goose, I. Kamenkovich, I.I. Mokhov, M. Montoya, L.A. Mysak, A. Sokolov, P. Stone, Z. Wang and A.J. Weaver (2005) EMIC Intercomparison Project (EMIP-CO2). Comparative analysis of EMIC simulations of current climate and equilibrium and transient responses to atmospheric CO2 doubling. *Climate Dynamics* 25, 363-385, doi: 10.1007/s00382-005-0042-3.
- Polo, I., B. Rodriguez-Fonseca and J. Sheimbaum (2005) Northwest Africa Upwelling and the Atlantic Climate Variability. *Geophysical Research Letters*. doi: 2005GL023883RR.
- Pons, A. and M. Reille (1988) The Holocene-Pleistocene and Upper-Pleistocene Pollen Record from Padul (Granada, Spain) - a New Study. *Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 66(3-4), 243-263.
- Pozo-Vázquez, D, M.J. Esteban-Parra, F. Rodrigo and Y. Castro-Díez (2001) A study of NAO variability and its possible non-linear influences on European surface temperature. *Climate Dynamics*, 17, 701-715.
- Pozo-Vázquez, D., S.R. Gámiz-Fortis, J. Tovar-Pescador, M.J. Esteban-Parra and Y. Castro-Díez (2005) El Niño Southern Oscillation events and associated European winter precipitation anomalies. *International Journal of Climatology*, 25, 17-31.
- Pozo-Vázquez, D., S.R. Gámiz-Fortis, J. Tovar-Pescador, M.J. Esteban-Parra and Y. Castro-Díez (2005) North Atlantic winter SLP anomalies based on the autumn ENSO state. *Journal of Climate*, 18, 97-103.
- Pozo-Vázquez, D., M. J. Esteban-Parra, F. S. Rodrigo and Y. Castro-Díez (2000) An análisis of the variability of the North Atlantic Oscillation in the time and the frequency domains. *International Journal of Climatology*, 20, 1675-1692.
- Pozo-Vázquez, D., M.J. Esteban-Parra, F.S. Rodrigo and Y. Castro-Díez (2001) The association between ENSO and winter atmospheric circulation and temperature in the North Atlantic region. *Journal of Climate*, 16, 3408-3420.
- Prieto, L, R. García-Herrera, J. Díaz, E. Hernández and M.T. del Teso (2004) Minimum Extreme Temperatures over Peninsular Spain. *Global and Planetary Change*, 44, 59-71 doi:10.1016/j.gloplacha.2004.06.005.
- Ribera, P., D. Gallego, C. Peña-Ortiz, L. Gimeno, R. Garcia-Herrera, E. Hernandez and N. Calvo (2003) The stratospheric QBO signal in the NCEP reanalysis, 1958-2001. *Geophysical Research Letters*, 30(13).
- Ribera, P., C. Peña-Ortiz, R. García-Herrera, D. Gallego, L. Gimeno and E. Hernández (2004) Detection of the secondary meridional circulation associated with the quasi-biennial oscillation. *Journal of Geophysical Research*, 109.
- Rimbu, N., G. Lohmann, J.H. Kim, H.W. Arz and R. Schneider (2003) Arctic/North Atlantic Oscillation signature in Holocene sea surface temperature trends as obtained from alkenone data. *Geophysical Research Letters*, 30(1280), 13, 1-4.

- Ríos, A. F., F.F. Pérez and F. Fraga (2001) Long-term (1977-1997) measurements of CO₂ in the eastern North Atlantic: evaluation of anthropogenic input. *Deep-Sea Research II*, 48, 2227-2239.
- Rodó, X, E. Baert and F.A. 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. and F.A. Comín (2000) Large-scale climatic oscillations and their association to ecosystems in the Mediterranean Basin: An example from wineries. *Global Change Biology*, 6, 267-273.
- Rodó, X. and M.A. Rodríguez-Arias (2004) El Niño-Southern Oscillation: Absent from the early Holocene?. *Journal of Climate*, 17(3): 423-426.
- 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.
- Rodó, X., S. Giralt, F. Burjachs, F.A. Comín, R.G. Tenorio and R. Julià (2002) High-resolution saline lake sediments as enhanced tools to relate proxy paleolake records and recent climatic data series. *Sedimentary Geology*, 148, 203-220.
- Rodó, X. and M. A. Rodríguez-Arias (2004) El Niño-Southern Oscillation: Absent from the early Holocene?, *Journal of Climate*, 17, 423-426.
- Rodó, X., M. Pascual, G. Fuchs, A.S.G. Faruque (2002) ENSO and cholera: A nonstationary link related to climate change? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99 (20), 12901-12906.
- Rodó, X. and M. A. Rodríguez-Arias (2006) A new method to detect transitory signatures and local time/space variability structures in the climate system: the Scale-Dependent Correlation (SDC) analysis. *Climate Dynamics*. doi: 10.1007/s00382-005-0106-4
- Rodríguez-Arias, M. A. and X. Rodó (2004) A primer on the study of transitory dynamics in ecological series with the scale-dependent correlation analysis. *Oecologia*, 138, 485-504.
- Rodríguez-Fonseca, B. and E. Serrano (2002). Winter ten-day coupled patterns between geopotential height and Iberian Peninsula rainfall using the ECMWF precipitation reanalysis. *Journal of Climate*, 15, 1309-1321.
- Rodríguez-Fonseca, B. and M. Castro (2002) On the connection between winter anomalous precipitation in the Iberian Peninsula and North West Africa and the summer subtropical Atlantic sea surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 29, 1.1029/2001GL014421.
- Rodríguez-Fonseca, B., E. Sánchez and A. Arribas (2005) Analysis of regional changes in seasonal precipitation patterns. *Geophysical Research Letters*, 32, L13702-1. DOI:10.1029/2005GL022800.
- Rodríguez-Fonseca, B., I. Polo, E. Serrano and M. Castro (2004) A subtropical Atlantic predictor for the European winter precipitation. *International Journal of Climatology*, (aceptado).
- Rodríguez-Fonseca, B., I. Polo, E. Serrano and M. Castro (2005) Evaluation of the North Atlantic SST forcing on the European and northern African winter climate. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.1234.
- Rodríguez-Fonseca, B., I. Polo-Sánchez and E. Serrano (2003) Ocean-stratosphere connection in the subtropical North Atlantic: its influence on the European climate. *Proceedings del 3º Simposio de Meteorología y Geofísica del APMG - 2003, Aveiro, Portugal*. ISBN: 972-99276-0-X, 317-322, 5 pp.
- Rodríguez-Puebla, C., A.H. Encinas, S. Nieto and J. Garmendia (1998) Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 18: 299-316.
- Rodríguez-Puebla, C., A.H. Encinas and J. Sáenz (2001) Winter precipitation over the Iberian peninsula and its relationships to circulation indices. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5, 233-244.
- Romero, R.C and J.A. Guijarro (1999) Daily rainfall patterns in Spanish-Mediterranean area: an objective classification. *Int. Journal of Climatology* 19, 95-112
- Rosell-Melé, A. and N. Koç (1997) Palaeoclimatic significance of the stratigraphic occurrence of photosynthetic biomarker pigments in the Nordic seas. *Geology* 25: 49-52.
- Rosell-Melé, A., E. Bard, K.C. Emeis, B. Grieger, C. Hewitt, P.J. Muller and R.R. Schneider (2004) Sea surface temperature anomalies in the oceans at the LGM estimated from the alkenone-UK37' index: comparison with GCMs, *Geophysical Research Letters*, 31, Art. No. L03208 FEB 14
- Rosell-Melé, A., E. Bard, J. Grimalt, I. Harrison, I. Bouloubassi, P. Comes, K.-C. Emeis, B. Epstein, K. Fahl, P. Farrimond, A. Fluegge, K. Freeman, M. Gofñi, U. Günther, D. Hartz, S. Hellebust, T. Herbert, M. Ikehara, R. Ishiwatari, K. Kawamura, F. Kenig, J. de Leeuw, S. Lehman, P. Müller, N. Ohkouchi, R. D. Pancost, F. Prahl, J. Quinn, J.-F. Rontani, F. Rostek, J. Rullkötter, J. Sachs, D. Sanders, K. Sawada, R. Schneider, D. Schulz-Bull, E. Sikes, Y. Ternois, G. Versteegh, J. Volkman and S. Wakeham (2001)

- Precision of the current methods to measure alkenone relative (UK37') and absolute abundance in sediments: results of an inter-laboratory comparison study. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2000GC0000141, [<http://146.201.254.53/>]
- Rosell-Melé, A., G. Eglinton, U. Pflaumann and M. Sarnthein (1995) Atlantic core-top calibration of the UK37 index as sea-surface palaeotemperature indicator. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 59: 3099-3107.
- Rosell-Melé, A., M.A. Maslin, P. Schaeffer and J.R. Maxwell (1997) The 'Heinrich' events: the biomarker evidence. *Geochimica Cosmochimica Acta* 61: 1671-1678.
- Ruiz de Elvira, A. and M. J. Ortiz Beviá (1995) Application of statistical techniques to the analysis and prediction of ENSO. *Dynamics Atmospheric Oceans*, 22, 91-114.
- Ruiz de Elvira, A., M. J. Ortiz Beviá and W. Cabos Narváez (2000) Empirical forecasts of Tropical Atlantic Sea surface temperature anomalies. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 120, 2199-2210.
- Sáenz, J., J. Zubillaga and J. Fernández (2002) Geophysical data analysis using Python. *Computers & Geosciences*, 28, 457-465.
- Sáenz, J., J. Zubillaga and C. Rodríguez-Puebla (2001) Interannual variability of winter precipitation in northern Iberian Peninsula. *Int. Journal of Climatology*, 21, 12, 1503-1513.
- Sáenz, J., C. Rodríguez-Puebla, J. Fernández and J. Zubillaga (2001) Interpretation of interannual winter temperature variations over Southwestern Europe. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 106, D18, 20641- 20652.
- Sáez, A., L. Cabrera, A. Jensen and G. Chong (1999) Late Neogene lacustrine record and paleogeography in the Quillagua-Llamara basin, Central Andean fore-arc (Northern Chile). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 151, 5-37.
- Sanchez Gómez, E., F. Álvarez García and M. J. Ortiz Beviá (2001) Empirical forecasts of 850hPa air temperature anomalies over the North Atlantic. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 127, 2761-2786.
- Sanchez Gómez, E. and M. J. Ortiz Beviá (2002) Estimación de la variabilidad pluviométrica de la España Seca atendiendo a distintos pronósticos empíricos de la NAO' en 'El Agua y el Clima'. Publicaciones de la AEC n 3, Palma de Mallorca.
- Sanchez Gómez, E. and M. J. Ortiz Beviá (2003) Seasonal forecasts of North Atlantic 850hPa air temperature anomalies using singular vectors. *Monthly Weather Review*, 131, 3061-3098.
- Sanchez Gómez, E., W. Cabos Narváez and M. J. Ortiz Beviá (2002) Sea ice concentration anomalies as predictors of anomalous condition in the North Atlantic". *Tellus A*, 54, 245-259.
- Sánchez Goñi, M.F., I. Cacho, J.L. Turon, J. Guiot, F.J. Sierro, J.P. Peypouquet, J.O. Grimalt and N.J. Shackleton (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.
- Sánchez, E., C. Gallardo, M.A. Gaertner, A. Arribas and 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.
- Sánchez-Goñi, M.F.S., I. Cacho, J.L. Turon, J. Guiot, F.J. Sierro, J.P. Peypouquet, J.O. Grimalt, and N.J. Shackleton (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
- Serrano, A., J. A. García, V. L. Mateos, M. L. Cancillo and J. Garrido (1999) Monthly Modes of Variation of Precipitation over the Iberian Peninsula. *Journal of Climate*, 12, 9, 2894-2919.
- Serrano, A., V. L. Mateos and J. A. García (1999) Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995. *Physics and Chemistry of the Earth (B)* 24(1-2), 85-90.
- Shackleton, N. J., M.A. Hall and E. Vincent (2000) Phase relationships between millennial-scale events 64,000-24,000 years ago. *Paleoceanography*, 15, 565-569.
- Sobrinho, C.M., P. Ramil-Rego and L. Gomez-Orellana (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), 1-22
- Soriano, C., A. Fernández and J. Martín-Vide (in press) Objective synoptic classification combined with high resolution meteorological models for wind mesoscale studies". *Meteorology and Atmospheric Physics*.
- Sotillo, M. G., A. W. Ratsimandresy, J. C. Carretero, A. Bentamy, F. Valero and J. F. González-Rouco (2005) A high-resolution 44-year atmospheric hindcast for the Mediterranean Basin: contribution to the regional improvement of global reanalysis. *Climate Dynamics*. 25: 219-236.
- Stephenson, D.B., C.A.D.S. Coelho, F.J. Doblas-Reyes and M. Balmaseda (2005) Forecast assimilation: a unified framework for the combination of multimodel weather and climate predictions. *Tellus A*, 57, 253-264.

- Stockdale, T. N., D. L. T. Anderson, J. O. S. Alves and M. A. Balmaseda (1998) Global seasonal rainfall forecasts using a coupled ocean-atmosphere model. *Nature*, 392, 370-373.
- Tel, E (2005) Variabilidad y tendencias del nivel del mar en las costas de la península ibérica y zonas limítrofes: su relación con parámetros meteorológicos. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
- Tel, E. and M.J. García (in press) Empirical determination of annual and interannual sea level variation in SW Europe from tide gauge stations. *Physics and Chemistry of Earth*
- Thomson, M.C., F.J. Doblas-Reyes, S.J. Mason, R. Hagedorn, S.J. Connor, T. Phindela, A.P. Morse and T.N. Palmer (in press) Malaria early warnings based on seasonal climate forecasts from multi-model ensembles. *Nature*.
- Tintoré, J. A. Alvarez and R. Onken (2005) Mediterranean physical oceanography and biogeochemical cycles; general circulation and climate variability, *Prog. In Oceanogr.* Vol. 66, Nos 2-4, Pp: 87-89. Special issue.
- Tomás, A, Méndez, F. J., Losada, I.J. (in press) Calibración espacial de regímenes medios mensuales de oleaje a partir de datos de reanálisis: aplicación al mediterráneo, Ingeniería del Agua
- Tomás, A., F. J. Méndez, R. Medina, I. J. Losada, M. Menéndez and M. Liste (2004) Bases de datos de oleaje y nivel del mar, calibración y análisis: el cambio climático en la dinámica marina en España, IV Congreso de la Asociación Española de Climatología, Santander, 155-164.
- Trigo, R.M., D. Pozo-Vázquez, T.J. Osborn, Y. Castro-Díez, S. Gámiz-Fortis and M.J. Esteban-Parra (2004) North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow and water resources in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 24: 925-944.
- Turiel, A., G. Mato, N. Parga and J. P. Nadal (1998) The self-similarity properties of natural images resemble those of turbulent flows. *Physical Review Letters*, 80:1098–1101.
- Turiel, J. Grazzini and H. Yahia (in press). Multiscale techniques for the detection of precipitation using thermal ir satellite images. *IEEE Letters on Geoscience and Remote Sensing*.
- Tsimplis M. N., E. Álvarez-Fanjul, D. Gomis, L. Fenoglio-Marc, B. Pérez, 2005: Mediterranean Sea level trends: Atmospheric pressure and wind contribution, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L20602, doi:10.1029/2005GL023867
- Tzedakis, P.C., M.R. Frogley, I.T. Lawson, R.C. Preece, I. Cacho and L. de Abreu (2004) Ecological thresholds and patterns of millennial-scale climate variability: the response of vegetation in Greece during the last glacial. *Geology*, 32, 109–112.
- Valero, F., M. Y. Luna, M. L. Martín, A. Morata and F. González-Rouco (2004) Coupled modes of large-scale climatic variables and regional precipitation in the Western Mediterranean in autumn. *Climate Dynamics*, 22:307-323.
- Valero-Garcés, B.L, A. Delgado-Huertas, A. Navas, L. Edwards, A. Schwalb and N. Ratto (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.
- Valero-Garcés, B.L, P. González-Sampériz, A. Navas, J. Machín, Delgado-Huertas, J.L. Peña-Monne, C. Sancho-Marcén, T. Stevenson and B. Davis (2004) Paleohydrological fluctuations and steppe vegetation during the last glacial maximum in the central Ebro valley (N.E. Spain). *Quaternary International*, 122, 43- 55.
- Vaquero, J. M., M. C. Gallego and J. A. García (2002) A 250-year cycle in naked-eye observations of sunspot. *Geophysical Research Letters*, 29, CitelID 1997 (doi: 10.1029/2002GL014782).
- Vaquero, J. M., M. C. Gallego and J. A. García (2003) Auroras in the Iberian Peninsula (1700-1855) from Rico Sinobas' Catalogue. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 65:677-682.
- Vaquero, J. M. (2003) New data for the reconstruction of the solar activity: the case of Andrea Argoli. *The Observatory* 123:150-151.
- Vaquero, J. M. (2004) Solar signal in the number of floods recorded for the Tagus river basin over the last millennium. *Climatic Change* 66:23-26.
- Vaquero, J. M. (2004) On the solar activity during the year 1784. *Solar Physics* 219:379-384.
- Vaquero, J. M., M. C. Gallego and F. Sánchez-Bajo (2004) Reconstruction of a monthly homogeneous sunspot area series since 1832. *Solar Physics* 221:179-189.
- Vaquero, J. M., R. M. Trigo and M. C. Gallego (2005) A lost sunspot observation in 1785. *Astronomische Nachrichten* 326:112-114, doi: 10.1002/asna.200410343.
- Vargas-Yáñez, M., T. Ramírez, D. Cortés, M. Sebastián and F. Plaza (2002) *Geophys. Research Letters*, 29, NO. 22, 2082, doi: 10.1029/2002GL015306.
- Vargas-Yáñez, M., G. Parrilla, A. Lavín, P. Vélez-Belchí and C. González-Pola (2004) Temperature and salinity increase in the eastern North Atlantic along 24.5°N in the last ten years. *Geophys. Res. Letters*, 31, L06210, doi:10.1029/2003GL19308.

- Vargas-Yáñez, M., J. Salat, M. Luz Fernández, J.L. López-Jurado, J. Pascual, T. Ramírez, D. Cortés and I. Franco (2005) Trends and time variability in the northern continental shelf of the western Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, 110, C10019, doi: 10.1029/2004JC002799.
- Vautravers, M.J., N.J. Shackleton, C. Lopez-Martinez and J.O. Grimalt (2004) Gulf stream variability during marine isotope stage 3. *Paleoceanography*, 19, PA2011, doi:10.1029/2003PA000966.
- Velez Belchi, P., A. Alvarez, P. Colet, J. Tintoré and R.L. Haney (1999). Stochastic resonance in the thermohaline circulation. *Geophysical Research Letters*, 28, 2053-2056
- Vélez-Belchí, P., J. Tintoré, M. Vargas and J.C. Gascard (2005) Observation of a western Alborán gyre migration event. *Prog. In Oceanogr.* Vol. 66, Nos 2-4, Pp: 190-210.
- Vitart, F. (2004) Monthly Forecasting at ECMWF. *Monthly Weather Review*, 132, No. 12, pp. 2761-2779.
- von Storch H. (1995) Inconsistencies at the interface of climate impact studies and global climate research. *Meteorologische Zeitschriften*, 4, 71-80.
- von Storch H., E. Zorita and U. Cubasch (1993) Downscaling of global climate change estimates to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime. *Journal of Climate*, 6, 1161-1171.
- von Storch, H., E. Zorita, J. Jones, Y. Dimitriev, F. González-Rouco and S. Tett (2004) Reconstructing past climate from noisy data. *Science*, 306, 5696, 679-682.
- Weijer, W, W.P.M. de Ruijter, A. Sterl, and S.S. Drijfhout (2002) Response of the Atlantic overturning circulation to South Atlantic sources of buoyancy. *Global and Planetary Change*, 34, 293– 311.
- Xoplaki E., J. F. González-Rouco, J. Luterbacher and H. Wanner (2003) Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large scale circulation and SSTs. *Climate Dynamics*, 20, 723-739.
- Xoplaki, E., J. F. González-Rouco, J. Luterbacher and H. Wanner (2004) Wet season Mediterranean precipitation variability: influence of large-scale dynamics and predictability, *Climate Dynamics* 23, 63-78.
- Zahn, R. and A. Stüber (2002) Suborbital intermediate water variability inferred from paired benthic foraminiferal Cd/Ca and ^{13}C in the tropical west Atlantic and linking with North Atlantic climates. *Earth and Planetary Science Letters*, 200, 191-205.
- Zorita, E. and A. Laine (2000) Dependence of salinity and oxygen concentrations in the Baltic Sea on the large-scale atmospheric circulation. *Climate Research*, 14, 25-41.
- Zorita, E. and F. Tilya (2002) Rainfall variability in North Tanzania in the March-May season (long rains) and its links to large-scale climate forcing. *Climate Research*, 20, 31-40.
- Zorita, E. and H. von Storch (1999) The analog method as a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods. *Journal of Climate*, 12, 2474-2489.
- Zorita, E. and J.F. González-Rouco (2000) Disagreement between predictions of the future behavior of the Arctic Oscillation as simulated in two different climate models: Implications for global warming. *Geophysical Research Letters*, 27, 1755-1758.
- 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.
- Zorita, E. and J.F. González-Rouco (2002) Are temperature sensitive proxies adequate for North Atlantic Oscillation reconstructions? *Geophysical Research Letters*, 29, 14, doi: 10.1029/2002GL015404.
- Zorita, E., H. von Storch, J. F. González-Rouco, J. Lutherbacher, U. Cubasch, S. Legutke and U. Schlese (2004) Climate evolution in the last five centuries simulated by an atmosphere-ocean model: global temperatures, the North Atlantic Oscillation and the Late Maunder Minimum. *Meteorologische Zeitschriften*, 13, 271-289.
- Zorita, E., J. F. González-Rouco, H. von Storch, J. P. Montávez and F. Valero (2005) Natural and anthropogenic modes of surface temperature variations in the last millennium. *Geophysical Research Letters*, 32, L08707.



ANEXO I.

Comité científico

Coordinadora de la red tematica CLIVAR-ESPAÑA

Roberta Boscolo

Coordinador de Proyecto CLIVAR. International CLIVAR
Project Office. c/o Instituto de Investigacion Marinas - CSIC
Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo. TEL: 986 231930 ext 374
E-MAIL: rbos@iim.csic.es



Comite Cientifico de la red tematica CLIVAR-ESPAÑA

Jesús Fidel González Rouco (Co-Chair)

Investigador Ramón y Cajal. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica II. Avda. de la Complutense, 28040 Madrid
TEL: 91 3944688 - FAX: 91 3944635
E-MAIL: fidelgr@fis.ucm.es



Xavier Rodó i López (Co-Chair)

Profesor de Investigación ICREA. Parc Científic de la Universitat de Barcelona. Laboratori de Recerca del Clima Baldri i Reixach 4-6, Torre D, 080828 Barcelona
TEL: 93 4034524 - FAX: 93 4034510
E-MAIL: xrodo@pcb.ub.edu



Ileana Bladé Mendoza

Investigador Ramón y Cajal. Universidad de Barcelona Departamento de Astronomía y Meteorología. Avda. Diagonal 647, Barcelona. TEL: 93 4034447 - FAX: 93 4021133 -
E-MAIL: ileanablade@ub.edu



Manuel de Castro Muñoz de Lucas

Catedrático. Universidad de Castilla-La Mancha Avda. Carlos III, 45071 Toledo. TEL: 925 268800 ext. 5460
E-MAIL: Manuel.Castro@uclm.es



Fiz Fernández Pérez

Profesor de investigación. Consejo Superior de Investigación Científica Instituto de Investigación Marinas. Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo. TEL: 986 231930 ext 360
E-MAIL: fiz.perez@iim.csic.es



Ricardo García Herrera

Profesor Titular. Universidad Complutense de Madrid Facultad CC. Físicas. Avda. de la Complutense, 28040 Madrid. TEL: 91 3944490
E-MAIL: rgarciah@fis.ucm.es



M. Yolanda Luna Rico

Meteorólogo del Estado. Instituto Nacional de Meteorología Leonardo Prieto 8, Ciudad Universitaria. 28040 Madrid
TEL: 91 5819703 - FAX: 91 5819767
E-MAIL: yluna@inm.es



Antoni Rosell Melé

ICREA y Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICREA-ICTA-UAB). Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici Cn, Campus UAB, 08193 Barcelona. TEL: 93 5813583
FAX: 93 5813331 - E-MAIL: antoni.rosell@uab.es



Joaquín Tintore

Profesor de Investigación del CSCI. Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados. c/ Miquel Marqués 21, 07190 Esporles Mallorca. TEL: 971 611716 - FAX: 971 611761
E-MAIL: jtintore@uib.es



Rainer Zahn

ICREA y Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICREA-ICTA-UAB). Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici Cn, Campus UAB, 08193 Barcelona. TEL: 93 5814218
FAX: 93 5813331 - E-MAIL: rainer.zahn@uab.es

**Eduardo Zorita**

Investigador. GKSS Research Centre. Max Planck Strasse 1, Hamburg ALEMANIA. TEL: +49 4152 871856
E-MAIL: zorita@gkss.de

**Marcos Garcia Sotillo (ex-officio CNC)**

Responsable de Infraestructuras. Área de Medio Físico Puertos del Estado. Avda. del Partenón 10, 28042 Madrid
TEL: 91 5245500 (ext 1436) - FAX: 91 5245504
E-MAIL: marcos@puertos.es

**Gregorio Parrilla Barrera (ex-officio CNC)**

Investigador A1. Instituto Español de Oceanografía. Corazón de Maria 8, 28002 Madrid. TEL: 91 3473608
FAX: 91 4135597 - E-MAIL: gregorio.parrilla@md.ieo.es



Asesores en el extranjero

Joaquim Ballabrera

Investigador Earth System Science Interdisciplinary Center, University of Maryland. College Park, MD 20742-2465 USA
TEL: +1 301 3142628 - FAX: +1 301 4058468
E-MAIL: joaquim@essic.umd.edu

**Magdalena Balmaseda**

Investigadora, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Shinfield Park, Reading, REINO UNIDO
E-MAIL: Magdalena.Balmaseda@ecmwf.int

**Francisco J. Doblas Reyes**

Investigador, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. Shinfield Park, Reading, REINO UNIDO
TEL: +44 118 9499655 - E-MAIL: f.doblas-reyes@ecmwf.int

**Joaquin Angel Trinanés Fernández**

Investigador Parga Pondal, NOAA/AOML y Universidad de Santiago de Compostela. CoastWatch Caribe/Golfo Mexico Conde 12, OGrove. TEL: 629 517156
FAX: 981 520829 - E-MAIL: Joaquin.Trinanes@noaa.gov



ANEXO II.

Lista de grupos

Organismo	Centro y contactos	
 <p>Consejo Superior de Investigaciones Científicas</p>	<p>Instituto de Investigación Marinas. Eduardo Cabello 6, 36208 Vigo Fiz Fernández Pérez. Profesor de investigación TEL: 986231930 ext 360 – E-MAIL: fiz.perez@iim.csic.es</p> <p>Instituto de Ciencias del Mar, Passeig Maritim de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona Eva Calvo. Investigadora Ramón y Cajal. TEL: 932309612 - FAX: 932309555 E-MAIL: ecalvo@cmima.csic.es</p> <p>Jordi Font. Investigador. TEL: 932309512 FAX: 93 2309555 - E-MAIL: jfont@icm.csic.es</p> <p>José Luis Pelegrí. Investigador. E-MAIL: pelegrí@icm.csic.es</p> <p>Carles Pelejero. Investigador Ramón y Cajal. TEL: 922309612 - FAX: 932309555 E-MAIL: pelejero@cmima.csic.es</p> <p>Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales, Jordi Girona 18, 08034 Barcelona Joan O. Grimalt. Profesor de investigación. TEL: 93 4006100 - FAX: 93 2045904 E-MAIL: jgoqam@cid.csic.es</p> <p>Instituto Pirenaico de Ecología, Campus de Aula Dei, Avda. Montañana 1005, 50080 Zaragoza Blas L. Valero Garcés. Investigador Titular. TEL: 976 716112 - FAX: 976 716019 E-MAIL: blas@ipe.csic.es</p> <p>Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados, c/ Miquel Marqués 21, 07190 Esporles Mallorca Joaquín Tintore. Profesor de Investigación del CSIC. TEL: 971 611716 - FAX: 971 611761. E-MAIL: jtintore@uib.es</p> <p>Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" (CSIC), Lluís Sole i Sabarís s/n 08028 Barcelona Santiago Giralt. Investigador Ramón y Cajal. TEL: 934095410 - FAX: 934110012 E-MAIL: sgiralt@ija.csic.es</p>	
	 <p>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</p>	<p>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading, UK. Francisco J. Doblas Reyes. Investigador. TEL: +44 118 9499655 E-MAIL: f.doblas-reyes@ecmwf.int</p>
	 <p>GKSS Research Centre</p>	<p>GKSS Research Centre, Max Planck Strasse 1, Hamburg, Alemania Eduardo Zorita. Investigador. TEL: +49 4152 871856. E-MAIL: zorita@gkss.de</p>

Instituto Español de
Oceanografía



Sede Central, Corazón de María 8, 28002 Madrid

Gregorio Parrilla Barrera. Investigador A1.

TEL: 91 3473608 - FAX: 91 4135597.

E-MAIL: gregorio.parrilla@md.ieo.es

M^a J. García Fernández. Jefe de Programa.

Tel. 91 3473612 - FAX: 91 4135597.

E-MAIL: mjesus@md.ieo.es

Centro Santander, Promontorio San Martín,
39005 Santander

Alicia Lavín Montero. Investigador Titular.

TEL: 942 291060 - FAX: 942 275072.

E-MAIL: alicia.lavin@st.ieo.es

Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto

Pesquero de Fuengirola, 29640 Málaga

Manuel Vargas Yáñez. Investigador Titular.

TEL: 95 2471907 - FAX: 95 2463808

E-MAIL: manolo.vargas@ma.ieo.es

Instituto Nacional de
Meteorología



Sede central, Leonardo Prieto 8, Ciudad
Universitaria, 28040 Madrid

Carlos Almarza Mata. Meteorólogo Superior del

Estado. TEL: 91 5819868 - E-MAIL: almarza@inm.es

Luis Balairón Ruiz. Meteorólogo Superior del Estado.

TEL: 91 5819689 - FAX: 91 5819767

E-MAIL: balairon@inm.es

María Jesús Casado Calle. Meteoróloga.

TEL: 91 5819690 - E-MAIL: mjcasado@inm.es

José Antonio López Díaz. Meteorólogo Superior del

Estado. TEL: 91 5819703 - FAX: 91 5819767

E-MAIL: jalopez@inm.es

M. Yolanda Luna Rico. Meteorólogo del Estado.

TEL: 91 5819703 - FAX: 91 5819767

E-MAIL: yluna@inm.es

María Asunción Pastor Saavedra. Meteoróloga.

TEL: 91 5819690 - E-MAIL: a.pastor@inm.es

Centro Meteorológico en Illes Balears, Muelle
de Poniente, Portopi, 07015 Palma de Mallorca

José Antonio Guijarro Pastor. Meteorólogo del

Estado. TEL: 971 403851 - FAX: 971 404626

E-MAIL: jaquijarro@inm.es

Meteo Galicia

MeteoGalicia.es

MeteoGalicia – Universidad de Santiago

Compostela, Facultad Física. Campus Sur, 15782
Santiago Compostela

Vicente Pérez Muñuzuri. Profesor Titular. TEL: 981

547035 - FAX: 981 547028.

E-MAIL: vicente.perez@cesga.es

National Oceans and
Atmosphere
Administration



AOML y Universidad de Santiago de

Compostela, CoastWatch Caribe/Golfo Mexico.
Conde 12, OGrove

Joaquin Angel Trinanés Fernández. Investigador

Parga Pondal. TEL: 629 517156 - FAX: 981 520829

E-MAIL: Joaquin.Trinanes@noaa.gov

Parc Científic de
Barcelona



Laboratori de Recerca del Clima, Baldiri i

Reixach 4-6, Torre D, 080828 Barcelona

Xavier Rodó i López. Profesor de Investigación ICREA

TEL: 934034524 - FAX: 934034510

E-MAIL: xrodo@pcb.ub.edu

Miquel Àngel Rodríguez i Arias. Investigador PCB.

TEL: 934034524 - FAX: 934034510

E-MAIL: marodriguez@pcb.ub.es

Puertos del Estado

Puertos del Estado – sede central, Avda. del Partenón 10, 28042 Madrid
Marcos García Sotillo. Responsable de Infraestructuras. TEL: 91 5245500 (ext 1436)
 FAX: 91 5245504 - E-MAIL: marcos@puertos.es

Universidad de Alcalá

Dept. de Física. Campus, Km 33 Cra Madrid-Barcelona, 28871 Alcalá de Henares
William D. Cabos Narváez. Profesor Titular. TEL: 91 8854944 - FAX: 91 8854942
 E-MAIL: william.cabos@uah.es
M. José Ortiz-Beviá. Profesor Titular. TEL: 91 8855056
 FAX: 91 8854942 - E-MAIL: mjose.ortiz@uah.es

Universidad de Almería

Depto. Física Aplicada, La Cañada de S. Urbano, 04120 Almería
Fernando Sánchez Rodrigo. Profesor Titular. TEL: 950 015915 FAX: 950 015477. E-MAIL: frodrigo@ual.es

Universidad Autónoma de Barcelona

Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICREA-ICTA-UAB). Edifici Cn, Campus UAB, 08193 Barcelona
Antoni Rosell Melé. Profesor de Investigación ICREA. TEL: 93 5813583 - FAX: 93 5813331.
 E-MAIL: antoni.rosell@uab.es
Rainer Zahn. Profesor de Investigación ICREA. TEL: 93 5814218 - FAX: 93 5813331
 E-MAIL: rainer.zahn@uab.es
Graham Mortyn. Investigador Ramón y Cajal. TEL: 935814218 - FAX: 935813331
 E-MAIL: Graham.mortyn@uab.es

Universidad de Barcelona

Departamento de Astronomía y Meteorología, Avda. Diagonal 647, Barcelona
Ileana Bladé Mendoza. Investigador Ramón y Cajal. TEL: 93 4034447 - FAX: 93 4021133
 E-MAIL: ileana.blade@ub.edu
M. Carmen Llasat Botija. Profesor Titular. TEL: 93 4021124 - FAX: 93 4021133
 E-MAIL: carmell@am.ub.edu
Depto. Geografía Física, Baldiri i Reixac, 080828 Barcelona
Javier Martín Vide. Catedrático. TEL: 93 4409200 FAX: 93 4498510 - E-MAIL: jmartinvide@ub.edu
Dept. Estratigrafía, Paleontología y Geociencias Marines, C/ Martí Franques s/n, 08028 Barcelona
Isabel Cacho Lascorz. Investigadora Ramón y Cajal. TEL: 93 403 4641 - FAX: 93 402 1352
 E-MAIL: icacho@ub.edu

Universidad de Cantabria

Grupo Mixto de Investigación en Meteorología Aplicada, Avda. de los Castros, 39005 Santander
José Manuel Gutiérrez Llorente. Profesor Titular TEL: 942201723 - E-MAIL: manuel.gutierrez@unican.es
Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos, Avda. de los Castros, 39005 Santander
Fernando J. Méndez. Investigador Ramon y Cajal. TEL: 942 202051 - E-MAIL: mendezf@unican.es

Universidad de Castilla-La Mancha

Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Carlos III, 45071 Toledo
Manuel de Castro Muñoz de Lucas. Catedrático. TEL: 925 268800 ext. 5460
 E-MAIL: Manuel.Castro@uclm.es

**Universidad
Complutense de
Madrid**



**Departamento de Física de la Tierra,
Astronomía y Astrofísica II**, Avda. de la
Complutense, 28040 Madrid

Ricardo García Herrera. Profesor Titular.

TEL: 91 3944490 - E-MAIL: rgarciah@fis.ucm.es

Jesús Fidel González Rouco. Investigador Ramón y
Cajal. TEL: 91 3944688 - FAX: 91 3944635

E-MAIL: fidelgr@fis.ucm.es

Belén Rodríguez de Fonseca. Profesor Ayudante.

TEL: 91 3944396 - FAX: 91 3944398

E-MAIL: brfonsec@fis.ucm.es

Encarna Serrano Mendoza. Profesor Titular.

TEL: 91 3944513 - FAX: 91 3944398

E-MAIL: eserrano@fis.ucm.es

**Universidad de
Extremadura**



Departamento de Física, Avda. de Elvas, 06071
Badajoz

José Augustin García García. Catedrático. TEL: 924

289536 FAX: 924 289651. E-MAIL: augustin@unex.es

Universitat de Girona



Departament de Física, Campus Montilivi, EPS-II,
17071 Girona

Josep Calbó Angrill. Profesor Titular. TEL: 972 418491

FAX: 972 418098 - E-MAIL: josep.calbo@udg.es

**Universidad de
Granada**



Departamento de Física Aplicada, Campus de
Fuentenueva, 18071 Granada

Yolanda Castro Díez. Profesor Titular.

TEL: 958 244023 - FAX: 958 243214

E-MAIL: ycaastro@ugr.es

**Universidad Pablo de
Olavide**



**Departamento de Sistemas Físicos, Químicos y
Naturales**. Carretera de Utrera km. 1, 41013
Sevilla

Pedro Ribera Rodríguez. Profesor Contratado Doctor.

TEL: 954349131 - FAX: 954349151

E-MAIL: pribod@upo.es

**Universidad del País
Vasco**



**Facultad de Ciencia y Tecnología,
Departamento de Física Aplicada II**, Barrio
Sarriena s/n, 48940 Leioa

Jon Sáenz Aguirre. Profesor Titular. TEL: 94 6012445

FAX: 94 60113500 - E-MAIL: wpsaagj@lg.ehu.es

**Universidad Rovira i
Virgili**



Unitat de Geografia, Plaça Imperial Tarraco, 1.
43005 Tarragona

Manola Brunet India. Profesor Titular. TEL: 977 559580

FAX: 977 559597 - E-MAIL: mbi@fil.urv.es

**Universidad de
Salamanca**



**Facultad de Ciencias, Departamento de
Geología**, 37008 Salamanca

José-Abel Flores. Profesor Titular. TEL: 923 294497

FAX: 923 294514 - E-MAIL: flores@usal.es

Francisco Javier Sierro. Profesor Titular.

TEL: 923 294497 - FAX: 923 294514

E-MAIL: sierro@usal.es

Facultad de Ciencias Físicas, Plaza de la
Merced, Salamanca

Concepción Rodríguez Puebla. Profesor Titular.

TEL: 923 294436 - FAX: 923 294584

E-MAIL: concha@usal.es

Universidad de Valladolid

Depto. de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, 47005 Valladolid

Julia Bilbao Santos. Profesor Titular. TEL: 983 423133
FAX: 983 423013 - E-MAIL: juliab@fa1.uva.es

Depto. de Matemática Aplicada (Campus Segovia), Plaza S. Eulalia 9-11, 40005 Segovia

M. Luisa Martín Pérez. Profesor Titular.

TEL: 921 441155 - FAX: 921 441210

E-MAIL: mlmartin@eis.uva.es

Universidad de Zaragoza

Dpto. Métodos Estadísticos. Edif. Matemáticas, 3ª planta. C/ Pedro Cerbuna, s/n. 50008-Zaragoza

Jesús Aburrea León. Titular de Universidad.

TEL.: 976-761000, ext. 3248

E-MAIL: aburrea@unizar.es

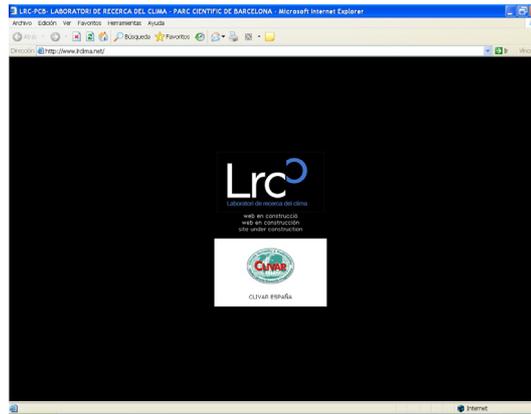
Ana Carmen Cebrián Guajardo. Titular de Universidad.

TEL.: 976-761000, ext. 3259

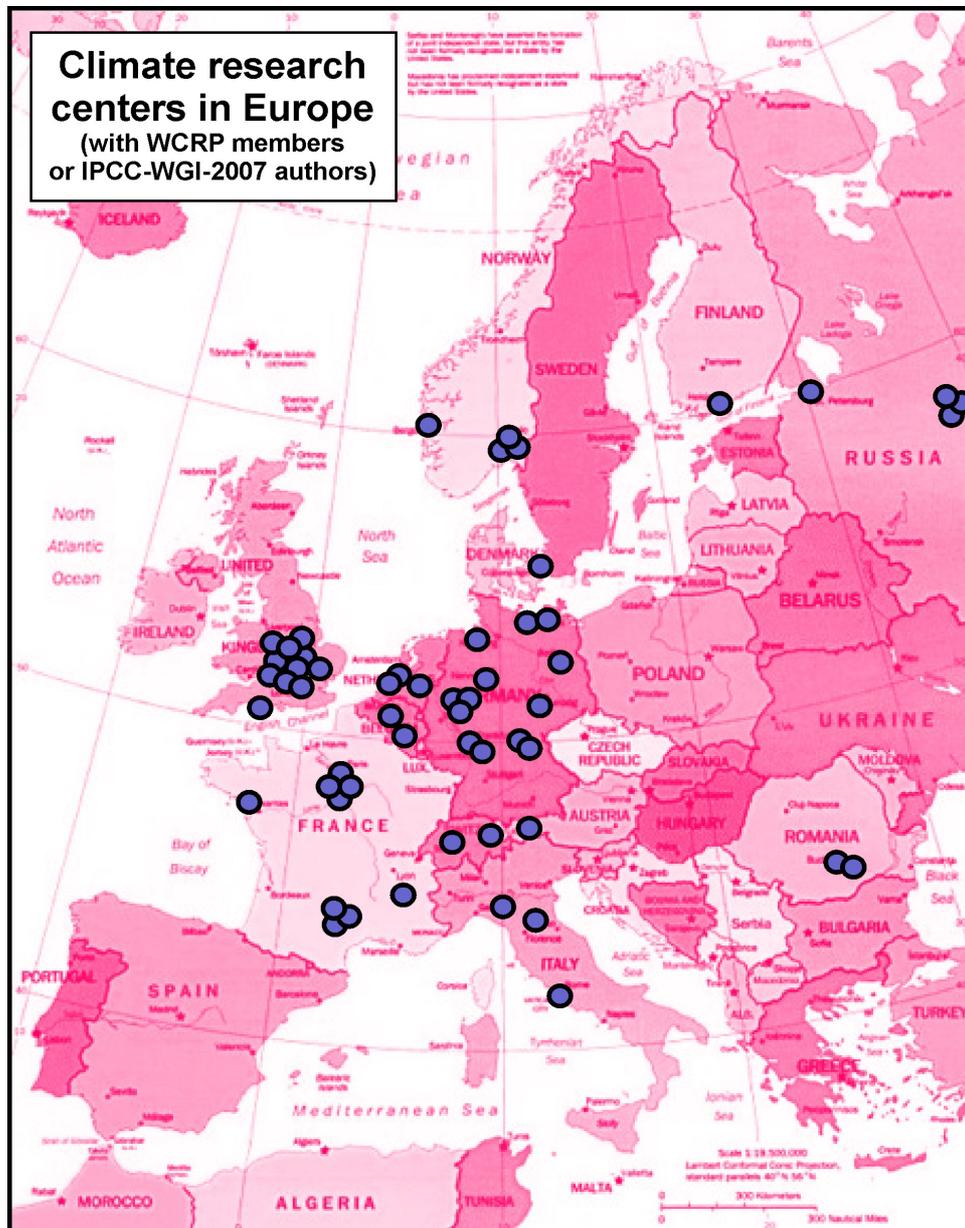
E-MAIL: acebrian@unizar.es



Página web



Contexto internacional



Distribución de los centros de investigación europeos en clima con miembros que participan en alguno de los comités científicos del World Climate Research Program (WCRP) de las Naciones Unidas, concretamente el JSC (Joint Scientific Committee), WGCM (Working Group on Coupled Modeling), WGNE (Working Group on Numerical Experimentation), WGSF (Working Group on Surface Fluxes), GEWEX (Global Energy and Water Cycle), CLIC (Climate and Cryosphere), **CLIVAR** (Climate Variability and Predictability), SPARC (Stratospheric Processes and their Role on Climate), and SOLAS (Surface Ocean-Lower Atmosphere Study), o que poseen investigadores que han contribuido como leading authors en el 4th Assessment Report del Working Group I (WGI, "The Scientific Basis") para el International Panel for Climate Change (IPCC).

Country	WCRP									IPCC WGI #	TOTAL
	COMITÉS				PROYECTOS PRINCIPALES (SSC)						
	JSC	WGCM	WGNE	WGSF	GEWEX	CLIC	CLIVAR	SPARC	SOLAS		
Estados Unidos	3	3	2	6	4	2	7	3	5	40	75
Gran Bretaña	1	2	2	1	1	1	3	1	2	18	32
Francia	1	1	1	2	1			1	1	13	21
Alemania	2	3	1	1	1		1	1	2	9	21
Japón	1	1	1		2	1	1	1	2	9	19
Australia	1	2	1	1			1			9	15
China	1		1		1	1	1		1	9	15
Canadá	1	1	1			1			1	8	13
India	1				1					6	8
Rusia	2		1		1			1		3	8
Brasil	1		1		1		1			3	7
Países Bajos				2		1			1	3	7
Italia		1					1	1		3	6
Noruega									1	5	6
Kenia	1									3	4
Suiza								1		3	4
Tailandia		1								3	4
Argentina								1		2	3
Bélgica						1			1	1	3
Chila									1	2	3
Nueva Zelanda										3	3
Irán	1									1	2
Méjico										2	2
Rumanía										2	2
Senegal										2	2
Austria										1	1
Dinamarca										1	1
Finlandia										1	1
Gambia										1	1
Jamaica										1	1
Korea										1	1
Marruecos										1	1
Sudáfrica										1	1

Número de representantes de cada estado en los comités científicos y en los SSC (scientific Steering committees) de los principales proyectos del World Climate Research Program (WCRP) de las Naciones Unidas y número de autores líderes que han contribuido como leading authors en el 4th Assessment Report del Working Group I (WGI, "The Scientific Basis") para el International Panel for Climate Change (IPCC). Los comités del WCRP son, concretamente, el JSC (Joint Scientific Committee), WGCM (Working Group on Coupled Modeling), WGNE (Working Group on Numerical Experimentation), WGSF (Working Group on Surface Fluxes), mientras que los proyectos principales son el GEWEX (Global Energy and Water Cycle), CLIC (Climate and Cryosphere), **CLIVAR** (Climate Variability and Predictability), SPARC (Stratospheric Processes and their Role on Climate), y el SOLAS (Surface Ocean-Lower Atmosphere Study).



ANEXO V.

Análisis de las publicaciones de los miembros de CLIVAR-España

Publicaciones en revistas indexadas en el SCI. Se incluyen el número de citas. Se ha tomado todas las publicaciones incluidas en la bibliografía, aunque algunas no corresponden a autores que no son miembros de la de la red. La tabla siguiente muestra que existen en la red grupos mas consolidados que otros y en aspectos muy diferentes. En general el nivel de la calidad de las publicaciones es muy alto y más de un 85% de las trabajos se publican en revistas del SCI con un indice de impacto medio de 3.6.

Secc CLIVAR	# publicaciones				
	totales	SCI	Impacto	Citas	Grupos
1. Variabilidad Atmosférica Global	34	31	5.4	384	7
2. Variabilidad Climática en la Península Ibérica	41	36	2.0	345	8
3. Predicción a Escala Regional	57	48	2.3	383	9
4. Variabilidad oceánica	19	18	2.4	83	6
5. Paleoclima	68	65	5.1	518	7
6. Base Datos	41	17	2.6	70	6
TOTAL	260	215	3.57	1783	43

Por años se observa un claro y sostenido ascenso en el número de trabajos publicados y que va acompañados por un continuo aumento de la calidad media de las publicaciones.

Año	# publicaciones			
	Total	SCI	Impacto	Citas
1988-98	29	25	2.0	655
1999	10	8	2.7	223
2000	12	11	4.6	142
2001	21	19	2.6	107
2002	36	33	2.2	292
2003	40	36	4.0	162
2004	49	39	3.8	96
2005	62	43	4.7	20

CLIVAR
ESPAÑA