

Investigación en atmósfera y clima en España

Joan Cuxart Rodamilans

Gestor del Subprograma de Atmósfera y Clima del Plan Nacional de I+D+I 2000-2003
INM

Susana Arines Rodríguez

Lda. en CC Físicas y Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental
Colegio Oficial de Físicos

En este artículo, se pretende describir la actividad investigadora en España en los últimos años en temas de Atmósfera y Clima, tomando como información de partida los proyectos financiados por el Plan Nacional de I+D+I (PNIDI) desde 1995. Se señalan primero las entidades financiadoras de I+D a nivel general, particularizando seguidamente las diferentes líneas definidas en el subprograma de Atmósfera y Clima.

ORGANISMOS FINANCIADORES Los grupos de investigación en España, pueden acudir a diversas vías de financiación para el desarrollo de sus proyectos, tanto públicas como privadas. Se describen aquí las públicas, de acuerdo con nuestro tema.

La Unión Europea. Define Programas Marco en los que se establecen líneas prioritarias de investigación a financiar y las distintas formas de participación. Actualmente está vigente el *V Programa Marco (1998-2002)*, en el que se financian, entre otros, los trabajos relacionados con la Atmósfera y el Clima.

España participa en varios proyectos financiados por la UE, a pesar de la dificultad de acceder a este tipo de financiación, debido a la marcada orientación que se señala en sus objetivos y líneas de trabajo. Participan las Universidades, los Organismos Públicos de Investigación y algunos departamentos de la Administración, como el Instituto Nacional de Meteorología (INM). También pueden participar fundaciones o empresas, siempre que cumplan los requisitos que la UE exige.

La Administración Central. Dispone de unos fondos destinados a la

financiación de proyectos de investigación, generalmente a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Otros Ministerios, entre los que se encuentran el de Defensa y el de Sanidad, financian líneas de investigación orientadas a la resolución de temas de su interés. El Estado aprueba su propio Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (PNIDI) con una periodicidad cuatrianual. Actualmente está en vigor el *PNIDI 2000-2003*, aprobado en Noviembre de 1999, cuyos objetivos se revisan anualmente, que define líneas prioritarias de actuación a través de Programas Nacionales. Todos los años se publican convocatorias de proyectos de I+D+I, pero también existen otras convocatorias de carácter menos regular.

Comunidades Autónomas. Cada Comunidad elabora su propio Plan de I+D, con las líneas que considera prioritarias. No existe coordinación, entre las comunidades, ni con el PNIDI estatal.

Instituciones involucradas. Algunas instituciones que habitualmente trabajan en relación con la Meteorología, entre las que se encuentran el

INM, el INTA o los Servicios de Meteorología Autonómicos, entre otros, disponen de fondos propios, con los que se financian proyectos llevados a cabo por la Institución, y, en algunos casos, por otros equipos de investigación externos.

PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (I+D+I) PARA EL PERIODO 2000-2003

En el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) para el periodo 2000-2003, aprobado el 12 de noviembre de 1999, se convocan ayudas para proyectos de I+D con el fin de promover la investigación en los distintos campos, incrementar los conocimientos científicos y tecnológicos, y dotar a los grupos de investigación del equipamiento adecuado, del personal técnico necesario, y de una financiación adicional destinada a apoyar los proyectos de investigación de mayor calidad.

Su objetivo es regular el procedimiento de concesión de ayudas financieras para la realización de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico en el marco de una serie de Programas Naciona-

les. Entre ellos se encuentra el de *Recursos Naturales*.

Dentro del Programa de Recursos Naturales se engloban proyectos relacionados con distintos campos vinculados al Medio Ambiente; en el campo del *Medio Físico*, se encuentra el área de Atmósfera y Clima.

ATMÓSFERA Y CLIMA

Son 6 los objetivos marcados en el Plan Nacional I+D+I 2000-2003 en el campo de Atmósfera y Clima. Se describen a continuación, para cada uno de ellos, las actividades financiadas, indicando los sectores con actividad y aquellos puntos en los que el sistema español de Ciencia y Tecnología no muestra suficiente actividad financiada por el Plan.

Objetivo 1: Observación y Datos.

En este objetivo se fomenta la mejora de la capacidad de observación, en particular para el establecimiento de indicadores de contaminación atmosférica, y del estado del sistema climático. Se considera la disponibilidad de datos atmosféricos, dando especial importancia a la obtención de datos nuevos y a la organización de bases de datos históricos.

También se promueve el desarrollo de sensores remotos y el desarrollo de nuevas metodologías de análisis de datos.

En España los organismos generadores de bases de datos instrumentales suelen ser oficiales, como por ejemplo el INM o algunos organismos de Comunidades Autónomas. El uso científico de estos datos (homogeneización, tratamiento e interpretación) lo realizan equipos de los propios organismos y de organismos externos (como grupos de Universidades). Hay actualmente iniciativas para concentrar la información, homogeneizarla y generar bases de datos tratadas con criterios unificados.

Por lo que se refiere al período preinstrumental, hay mucha actividad en las Universidades para la generación de bases de datos históricas. Para ello, deben definir una metodología de captura de datos, validando con datos instrumentales y, seguidamente, extrapolar hacia el pasado. Las líneas actualmente activas incluyen la dendrología (estudio de los anillos de los árboles), la antracología (conchas de moluscos), limnología (sedimentos) y otras investigaciones en paleoclima (estudio de huesos, de cuevas kársticas, etc.). Estos estudios suelen llevarse a cabo por equipos de biólogos y geólogos, tanto de Universidades como del CSIC. Otra línea activa es la investigación de los fondos bibliográficos en bibliotecas y archivos (mu-

“El objetivo del PNIDI 2000-2003 es regular el procedimiento de concesión de ayudas financieras para la realización de proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico en el marco de una serie de Programas Nacionales.”

nicipales, parroquiales, etc.) para obtener información sobre períodos, en los que han tenido lugar sucesos extremos (como sequías o inundaciones). Se llevan a cabo en departamentos de Geografía, Historia e incluso Física.

La observación mediante sensores remotos y el desarrollo de nuevos métodos de análisis de datos corren a cargo principalmente de las Universidades, en las que existen grupos trabajando en todos los campos. Se trabaja en Radar, Sodar, Lidar y sobre todo en Teledetección por Satélite. Puede tratarse bien de la explotación de equipos de organismos oficiales o de equipos específicamente concebidos para su uso en investigación.

Las líneas que no tienen suficiente actividad en este objetivo son las de nuevas tecnologías en técnicas instrumentales y análisis de datos.

Objetivo 2: Variabilidad Climática y Capacidad de Predicción Climática.

El objeto de este apartado es la caracterización del clima pasado y presente, y el desarrollo de la capacidad de predicción climática.

En cuanto al clima pasado preinstrumental, los grupos antes mencionados obtienen estimaciones de valores climatológicos a partir de indicadores biológicos, geológicos o archivísticos, y trabajan sobre la caracterización del clima prehistórico e histórico. Sería deseable una mayor interacción con grupos de análisis de datos para empezar a tratar de forma objetiva dichas series.

Si definimos como clima pasado reciente, el correspondiente al período instrumental (desde finales del siglo XVIII en España), existen grupos en las Universidades y en el INM que se dedican al estudio de las pocas series largas disponibles, teniendo en cuenta todos los problemas de homogeneización relacionados con cambios de emplazamiento, de instrumental y de entorno (cambios de urbanización). Estos grupos han conseguido caracterizar el comportamiento del clima en estos emplazamientos, normalmente utilizando datos de temperatura y precipitación de periodicidad mensual. La tendencia actual es hacia el estudio de series con datos diarios y el estudio del comportamiento de los valores extremos.

Si consideramos clima presente el estudio de los últimos 30 años, hay muchas series disponibles y muchos grupos activos. Los principales problemas que presentan estas series son su falta de estacionariedad, debido a las acusadas tendencias que presentan algunas variables estudiadas. De nuevo, el aislar si estas tendencias son debidas a cambios en el clima o a cambios en las condiciones de medida es un tema de gran importancia. Las herramientas coinciden con las del estudio del clima pasado reciente, pero la mayor

disponibilidad de datos permite una aproximación más completa al problema. En general, podemos considerar bien caracterizado el clima presente. Una herramienta fundamental en este caso es el uso de los modelos numéricos de circulación general (GCM) junto con modelos regionales de modelización a mesoescala. Citar también los métodos de descenso de escala ("downscaling") estadísticos, o de utilización de sistemas de Información geográfica.

Los mismos métodos de modelización se utilizan en predicción climática, utilizando hipótesis ya clásicas, como el aumento de CO₂, y evaluando los cambios en el comportamiento de los patrones dinámicos de la Circulación General. En España no existe un modelo propio de Circulación General, y se suelen usar salidas reanalizadas del Centro Europeo de Predicción o de los Centros Nacionales para la Predicción Medioambiental (NCEP) de EEUU. Los modelos a mesoescala de uso regional son de diverso origen, habiendo un cierto desarrollo en algunas Universidades y Centros Oficiales .

En relación con este objetivo, hay que destacar los problemas de competición existente entre los numerosos grupos que se centran en paleoclima y tratamiento de datos instrumentales. Los grupos que utilizan modelos son pocos, especialmente cuando comparamos con los países desarrollados de nuestro entorno.

Objetivo 3: Procesos e Interacciones.

Este objetivo se centra en el estudio (incluyendo simulación numérica) de los procesos e interacciones, que regulan el cambio climático a escala regional (exceptuando los explícitamente mencionados en el objetivo 4).

Pese a su gran importancia, éste es uno de los puntos con menor participación de la comunidad científica implicada en el Plan Nacional. Estu-

dios de procesos fundamentales para el adecuado funcionamiento de los modelos numéricos de tiempo y clima, como los relacionados con las nubes (especialmente la convección), el intercambio de masa y energía entre la superficie y la atmósfera libre (turbulencia), los procesos del subsistema suelo-vegetación, el efecto del relieve, la radiación, etc., son escasos y realizados siempre por los mismos grupos. Una actividad específica en España es el estudio de intercambios suelo-atmósfera sobre superficies áridas y semiáridas.

En lo que se refiere al estudio de la dinámica atmosférica a nivel regional, hay mayor actividad mediante el uso de modelos a mesoescala . Los modelos se utilizan como herramientas para la comprensión, dentro de sus límites de aplicabilidad, de fenómenos físicos susceptibles de ser representados por los mismos.

Objetivo 4: Procesos físico-químicos: contaminación, ozono, aerosoles, radiación ultravioleta.

Se consideran en este apartado el conocimiento y la simulación de los procesos que regulan el estado de la contaminación atmosférica, en particular de los gases contaminantes, el ozono y sus precursores, y los aerosoles. También se promueve la determinación y predicción de la radiación ultravioleta y sus efectos sobre la biosfera y la salud humana.

La actividad en este campo es importante. Destaca una red constituida en 1997 para la medida bajo criterios unificados de la radiación ultravioleta con participación de organismos oficiales y grupos de Universidades; aunque también existen actividades complementarias fuera de esta red. Por otro lado, existen grupos trabajando en la medida y la modelización del ozono troposférico y otros gases importantes desde el punto de vista climático. La actividad en el estudio de aerosoles es creciente y multidisciplinar.

Objetivo 5: Escenarios y Evaluación de Impacto.

Se valora la obtención y predicción de situaciones futuras (escenarios) nacionales, en especial de cambio climático, y el desarrollo de metodologías de evaluación de los impactos y los riesgos asociados a estos escenarios.

Hay poca actividad financiada por el Plan para este objetivo, pese a su gran importancia estratégica. Se trabaja en algunos grupos sobre la adaptación de escenarios globales futuros al entorno peninsular. Hay algunos proyectos sobre el impacto en el sistema agrario, pero queda por explorar el impacto sobre los otros sectores, especialmente los socioeconómicos y sanitarios.

Objetivo 6: Técnicas de apoyo a la gestión de recursos hídricos, incendios forestales, fenómenos extremos de precipitación y episodios de contaminación.

Este objetivo fomenta el uso de técnicas meteorológicas de apoyo a la gestión de otros recursos, y de previsión y prevención de desastres naturales.

El desarrollo de técnicas de apoyo es escaso, al menos en este subprograma. Hay que señalar que el estudio de sequías e inundaciones, el uso de herramientas de teledetección y otros temas, están explícitamente mencionados dentro de otros subapartados del Programa de Recursos Naturales del PNIDI. Mediante este punto se pretende fomentar la generación de herramientas finales útiles para la gestión de recursos y la prevención de desastres. Es de esperar que la participación en este objetivo vaya en aumento en las próximas convocatorias, lo que significará que este sector es capaz de responder a las demandas que la sociedad le plantea.

En el cuadro de la siguiente página se presenta la distribución en porcentajes del total de proyectos

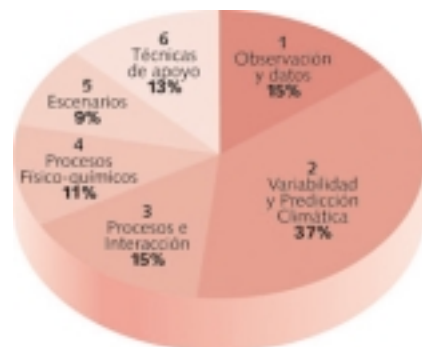
aprobados por el PN en el período 1995-2000 por objetivos. Al interpretar este gráfico, debe tenerse en cuenta que hay objetivos que tienen muchos grupos con pocos proyectos aprobados (objetivos 1 y 2), mientras que otros tienen pocos grupos con mayor número de proyectos (resto de los objetivos).

CONCLUSIONES

La actividad en temas de Atmósfera y Clima en España es correcta para el tamaño que este sector tiene, que es pequeño en comparación con los países desarrollados de nuestro entorno.

De hecho, no hay ninguna institución que ocupe un lugar destacado a nivel nacional, a diferencia del Reino Unido, Francia, Alemania o EEUU, donde existen potentes orga-

nismos con financiación pública que "tiran del carro", arrastrando tras de sí a grupos más pequeños y aislados. Ello conlleva que no en todos los temas tratados haya grupos activos de interés o suficiente masa crítica para



Distribución total de proyectos

desarrollar la investigación en un ambiente de colaboración y dentro de los deseables parámetros de competitividad. Por el contrario, otras líneas muestran síntomas de

saturación, con muchos grupos activos para objetivos que pueden considerarse, al menos parcialmente, alcanzados, lo que no es sinónimo de progreso. Sería recomendable que grupos de los sectores más saturados reconvirtieran sus actividades hacia otros temas donde hay poca participación. En general, los grupos pequeños y especializados, y más aislados, tienen participación en proyectos europeos mediante los cuales consiguen un ámbito de trabajo más enriquecedor y actualizado. Hay objetivos en los que la participación en proyectos europeos es demasiado baja. También se observa que las publicaciones de los grupos con poca actividad internacional suelen aparecer en revistas españolas, mientras que los otros publican en revistas con mayor impacto. ■

CENTROS ACTIVOS POR OBJETIVOS

OBJETIVO 1	OBJETIVO 3
CSIC; Instituto de Ciencias del Espacio (Barcelona): Teledetección (GPS)	CSIC-EEZA Almería: Evapotranspiración zonas semi-áridas
CSIC-CEA Blanes: Paleoclimatología -antropología	CSIC-IER, Madrid: Radiación Solar
CSIC-ICTLA Barcelona: Paleoclimatología-limnología	Instituto Nacional de Meteorología, Madrid: Capa Límite: modelización y experimentación
CSIC-IPE Jaca: Dendroclimatología	Instituto Nacional de Meteorología; Mallorca: Ciclones en el Mediterráneo Occidental
Universitat de Barcelona; Facultat de Geografia: clima histórico documental	Instituto Nacional de Meteorología, Santander: Galernas del Cantábrico
Universitat Politècnica de Catalunya; ETSI Caminos: Teledetección por Radar	Universitat de Barcelona; Facultat de Física: Flujos de intercambio; Capa Límite
Universitat Politècnica de Catalunya; ETSI Telecomunicaciones: Teledetección por Lidar	Universidad de Granada; Facultat de Ciències: Flujos sobre zonas áridas
Universidad de Granada, Facultad de Ciencias: clima histórico documental	
Universidad de León; Facultat de Biologia: Teledetección por Radar	
Universidad de Murcia; Facultat de Biologia: Paleoclimatología	
Universidade de Santiago de Compostela; EPS, Lugo: Paleoclimatología	
Universitat de València; Facultat de Biologia: paleoclimatología-limnología	
Universitat de València; Facultat de Física: Teledetección por satélite	
Universidad de Valladolid; Facultat de Ciències: Teledetección por satélite y Lidar	
Universidad de Zaragoza; Facultat de Ciències: Paleoclimatología	
OBJETIVO 2	OBJETIVO 4
Centro de Supercomputación de Galicia: incertidumbre en modelos climáticos	CEAM-Valencia: Fotoquímica. Modelización dinámica de contaminantes.
CSIC-CCMA Madrid: variabilidad paleoclimática	Instituto Nacional de Meteorología, Madrid e Izaña: medida de la radiación UV; Ozono.
Instituto Nacional de Meteorología, Madrid: variabilidad preci. y temp. España Peninsular.	INTA-El Arenosillo (Huelva): medida radiación UV
Universitat d'Alacant; Facultat de Ciències: evolución paleoclimática	Universitat de Barcelona; Facultat de Física: Radiación UV
Universitat de les Illes Balears; Facultat de Ciències: modelización de la precipitación	Universidad de Granada; Facultat de Ciències: Aerosoles y Radiación Solar. Radiación UV.
Universitat de les Illes Balears; Facultat de Lletres: clima pasado y presente Baleares	Universidad de La Laguna; Facultat de Física: Radiación UV y aerosoles
Universitat Autònoma de Barcelona; Facultat de Ciències: entropía y clima	Universidad Autónoma Madrid; Facultat de Ciències: Rad. Ultravioleta y Ozono
Universitat de Barcelona; Facultat de Geografia: variabilidad clima Península Ibérica	Universitat de València; Facultat de Física: Radiación solar y aerosoles. Radiación UV.
Euskal Herriko Unibertsitatea; Facultat de Ciències: cambio climático periodo instrumental	Universidad de Valladolid; Facultat de Ciències: Ozono troposférico. Radiación UV.
Universidad de Extremadura; Facultat de Ciències: clima presente	Universidad de Valladolid; Facultat de Ciències: Radiación solar y aerosoles
Universidad de Granada; Facultat de Ciències: variabilidad clima Península Ibérica	
Universitat Jaume I Castelló; Facultat de CC. Socials: cambio climático periodo instrumental	
Universidad Autónoma de Madrid; Facultat de Letras: cambio climático periodo instrumental	
Universidad Complutense de Madrid; Facultat de Física: modelización clima perturbado	
Universidad Complutense de Madrid; Facultat de Física: modelización variabilidad baja frec.	
Universidad Complutense de Madrid; Facultat de Física: predictabilidad sequía.	
Universidad Complutense de Madrid; Facultat de Matemáticas: modelos de océano	
Universidad de Salamanca; Facultat de Ciències: cambio climático periodo instrumental	
Universidad de Sevilla; Facultat de Geografia: cambio climático periodo instrumental	
Universitat Rovira i Virgili Tarragona; Facultat de Lletres: cambio climático periodo instrumental	
Universidad de Zaragoza; Facultat de Letras: variaciones climáticas seculares de la sequía	
OBJETIVO 5	OBJETIVO 6
CSIC-CCMA, Madrid: escenarios climáticos. base de datos georeferenciada.	CSIC-IMAFF, Madrid: Inferenciabasada en entropía para modelización avenidas y sequías.
Instituto Nacional de Meteorología, Madrid: base de datos climática georeferenciada.	Instituto Nacional de Meteorología; Madrid: climatología satélite lluvias torrenciales
Universidad Complutense de Madrid; Facultat de Física: generación de escenarios	Universitat d'Alacant; Facultat de Ciències: incendios y degradación ecosistemas; aguaceros
Universidad Politécnica de Madrid; ETSI Agrónomos: Impacto sobre productividad agrícola..	Universidad de Barcelona; Facultat de Física: previsión de inundaciones
Universidad de Salamanca; Facultat de Física: variabilidad e impacto sistema agrario.	Universidad de Cantabria; ETSI Caminos: técnicas híbridas estadístico-numéricas
	Universitat Politècnica de Catalunya; ETSI Caminos: Radar para prevención inundaciones.
	Universidad de Córdoba; ETSI Agrónomos: Técnicas estocásticas precipitaciones
	Universidad de León; Facultat de Biologia: Radar para prevención de daños por Granizo.
	Universitat de València; Facultat de Física: Precipitaciones intensas como riesgo o recurso
	Universidad de Zaragoza; Facultat de Letras: Tendencias sequías en Aragón.