

Entrevista a Javier Calvo Sánchez

POR ERNESTO RODRÍGUEZ CAMINO

Javier Calvo Sánchez es actualmente jefe del Área de Modelización de AEMET y como tal es responsable de todas las actividades relacionadas con el desarrollo del modelo regional de alta resolución que apoya todas las actividades operativas de predicción de AEMET en el corto plazo. Casi toda su vida profesional se ha centrado en la modelización regional en alta resolución y por lo tanto es la persona más adecuada para proporcionarnos una visión sobre el desarrollo de la modelización numérica del tiempo en los últimos tiempos en AEMET y en Europa, sobre la situación actual y sobre las perspectivas en el futuro próximo con la emergencia de los modelos basados en técnicas de *machine learning* (ML).

ERC: ¿Puedes para empezar darnos algunos datos biográficos tuyos? ¿Cómo y por qué empezaste a estudiar meteorología?

JCS: Empecé la licenciatura de Físicas en la Universidad de Salamanca y la terminé con una especialización en Astrofísica en la Universidad Complutense. Durante mi etapa en la Complutense coincidí con compañeros que hacían la especialidad de Física del Aire a través de los que conocí las actividades del entonces Instituto Nacional de Meteorología (INM) que en 2008 se reestructuraría dando lugar a la AEMET. Me pareció una buena salida laboral y en 1988 ingresé en el INM como Diplomado en Meteorología. Trabajé unos años como predictor operativo y en 1992 aprobé la oposición de Meteorólogos del Estado, incorporándome al Servicio de Predicción Numérica. Desde entonces he trabajado con modelos numéricos de área limitada y su implementación operativa, especialmente en el campo de parametrizaciones físicas.

ERC: ¿Puedes resumirnos como ha sido la evolución de las actividades de predicción numérica del tiempo en AEMET desde que tú comenzaste a trabajar en la unidad responsable de ellas hasta la actualidad?

JCS: En 1993 empezaron las negociaciones con el consorcio HIRLAM en el que AEMET entraría oficialmente en 1994. HIRLAM estaba formado por 7 servicios meteorológicos (Noruega, Suecia, Finlandia, Holanda, Dinamarca, Irlanda e Islandia) con Météo-France como observador. Aunque el INM disponía de un modelo regional de área limitada operativo basado en una versión del modelo del ECMWF, la entrada en HIRLAM supuso una gran mejora en la calidad de las predicciones

y en el progreso en la especialización de los científicos españoles que trabajaban en el proyecto. Una de las características de HIRLAM era la colaboración entre iguales en la que distintos especialistas trabajaban en partes específicas del modelo y el consorcio mantenía una versión de referencia común que podía ser integrada en distintos sistemas de computación. La integración diaria operativa y la gestión de los recursos de supercomputación necesarios para ello era ya responsabilidad de cada uno de los miembros del proyecto.

Analizando la evolución de los errores a lo largo de los años, vemos que la introducción de los métodos variacionales en la asimilación de datos en 2004 supuso una mejora significativa a la disminución de los errores. Por otra parte, vemos que muchas de las mejoras conseguidas se deben al aumento de la resolución en la que se integran los modelos y estos aumentos de resolución van muy ligados al aumento de la capacidad de computación (duplicar la resolución horizontal por ejemplo, implica que se necesitan al menos ocho veces más recursos de supercomputación). Las mejoras en supercomputación han sido muy rápidas durante las últimas cinco décadas pero no tanto durante los últimos años.

A medida que se iba aumentando la resolución de los modelos, se vio la necesidad de disponer de una versión no-hidrostática. Por esto, HIRLAM empezó una colaboración con el consorcio ALADIN en 2005 que ya disponía de una versión no-hidrostática del modelo ALADIN. Aunque los comienzos de la colaboración HIRLAM-ALADIN fueron difíciles para los miembros de HIRLAM por la necesidad de adaptarse a un nuevo código muy complejo, finalmente esta colaboración ha sido muy fructífera permitiendo al con-

sorcio HIRLAM disponer de un nuevo modelo que llamamos HARMONIE-AROME y que surge como combinación de la dinámica no-hidrostática de ALADIN, la física del modelo de investigación Meso-NH y componentes de la física de HIRLAM. La integración entre HIRLAM y ALADIN culminó en 2021 con la formación de un nuevo consorcio denominado ACCORD que lo forman 26 servicios meteorológicos de Europa y el norte de África.

AEMET empezó a integrar operativamente el modelo HARMONIE-AROME a una resolución horizontal de 2.5 km en 2016. Se trata de un modelo no-hidrostático que trata la convección profunda de forma explícita. Esto supondrá una gran mejora en las predicciones, especialmente en los procesos convectivos y en los eventos extremos de precipitación.

ERC: ¿Cómo de importante ha sido la colaboración con otros servicios meteorológicos europeos y con el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) para poder alcanzar y mantener unas herramientas de modelización modernas y competitivas a nivel internacional?

JCS: Los modelos de predicción son muy complejos por lo que para poder desarrollar y mantener modelos que estén a la vanguardia, es esencial la colaboración internacional. Para esta colaboración, hay dos modelos organizativos, el de ECMWF y el de los consorcios regionales de modelización. El ECMWF es un organismo internacional independiente que desarrolla diversos modelos globales y que es financiado y supervisado por los estados miembros. Los estados miembros se benefician de las predicciones de sus modelos operativos que, por ejemplo, proporcionan condiciones de contorno para los



Javier Calvo (derecha) junto a Raúl Corredor frente al HPC Cirrus de AEMET (2026)

modelos regionales, así como los desarrollos y *software* que van elaborando y que ponen a disposición de los países miembros. El otro modelo es la colaboración mediante consorcios para desarrollar modelos regionales. Aquí las contribuciones económicas son pequeñas, basándose el modelo en contribuciones en especie mediante el trabajo de los participantes. Por otra parte, el trasvase de científicos de los consorcios al ECMWF y viceversa son esenciales para conseguir mantenerse a la vanguardia en modelización.

Aparte de estas colaboraciones en modelización, son esenciales otras colaboraciones como EUMETSAT, responsable de los satélites meteorológicos europeos que son esenciales para la asimilación de datos y por tanto para la predicción meteorológica y EUMETNET. En esta organización, se colabora en diversos temas pero es especialmente relevante la colaboración en programas de observación que incluye por ejemplo el programa de observación desde aviones (E-AMDAR), el programa para compartir datos de radares (OPERA) y el programa para compartir datos de GNSS GPS (EGVAP).

ERC: El consorcio ACCORD es el heredero de las iniciativas ALADIN, LACE y HIRLAM para desarrollar un modelo de área limitada en escala convectiva. ¿Con qué líneas de desarrollo contribuye AEMET a esta iniciativa?

JCS: Como es imposible ser especialista en todos los aspectos del modelo, cada servicio meteorológico contribuye en unas cuantas líneas de trabajo. La mayor contribución de AEMET es la asimilación de datos. Esto se puede entender porque la asimilación es especialmente compleja, existiendo compañeros que trabajan en mejorar los algoritmos de asimilación y otros en la mejora o en la introducción de nuevos tipos de observaciones (radar, gnss gps, datos de aviones, datos de satélite, etc). También destacan las contribuciones de AEMET en parametrización de la superficie, parametrizaciones físicas y verificación.

ERC: En el actual marco de operaciones en AEMET basadas en el modelo HARMONIE-AROME, ¿cuáles son los planes para mejorar estas operaciones en el corto plazo? ¿Qué nuevas observaciones se quieren asimilar para mejorar la cadena operativa basada en HARMONIE-AROME?

JCS: Se van a seguir actualizando las versiones operativas a medida que estén disponibles en ACCORD, se va a seguir aumentando el número de observaciones asimiladas (el programa *Meteosat Third Generation* por ejemplo está empezando a proporcionar muchas observaciones nuevas de gran calidad), además se están probando esquemas de asimilación que tienen en cuenta la situación meteorológica como 4DVar y EnVar. Por

otra parte, disponemos de mejoras en la física y en la superficie que se están evaluando. Durante 2026, AEMET va actualizar su sistema de supercomputación lo que posibilitará también mejoras en la resolución horizontal y vertical, así como mejoras en el sistema de predicción probabilística. Por otra parte, también se va a poner especial foco en mejorar la versión destinada a la predicción inmediata que actualmente se integra cada hora con un alcance de 12 horas y que es esencial para la generación de avisos en el Sistema Nacional de Predicción.

También se evaluará la implementación de un sistema de modelización a demanda similar al desarrollado en el proyecto de *Destination Earth* en el que participa AEMET. Estos sistemas se basan en hacer simulaciones a 500 m de resolución horizontal o inferiores que se integran a demanda en zonas donde se prevé la ocurrencia de eventos extremos o de alto impacto.

ERC: ¿Qué nos puedes anticipar de los planes para la línea de trabajo de AEMET basada en el ensemble multimodelo? Desde el principio se era consciente de que los recursos tanto computacionales como humanos para mantener esta línea eran excesivamente grandes. ¿Han cambiado las circunstancias o la visión sobre esta línea de trabajo?



Reunión EWGLAM en Reikiavik, Islandia (2023). De izquierda a derecha: Javier Calvo (AEMET), Jana Sánchez (AEMET), Samuel Viana (AEMET) y Magnus Lindskog (ECMWF)

JCS: Como sabemos, la atmósfera es un sistema caótico lo que lleva a que incertidumbres en el estado inicial de la atmósfera y en el propio sistema de modelización se amplifiquen y produzcan incertidumbres en las predicciones que aumentan a medida que tratamos de representar escalas más pequeñas. Para estimar la predecibilidad de la atmósfera en una situación determinada se utilizan los ensembles de predicción, es decir se realizan múltiples simulaciones de una misma situación a partir de las cuales se estima la probabilidad de distintos escenarios. Hay multitud de métodos para tratar de reproducir los distintos escenarios posibles a partir de una misma situación. Se ha visto, que uno de los que ofrece mejores resultados es el ensemble multimodelo ya que este puede cubrir tanto la incertidumbre en las condiciones iniciales como la incertidumbre en la representación de los procesos atmosféricos. El ensemble utilizado en AEMET es de este tipo, utilizando 4 modelos distintos y 5 modelos globales como condiciones de contorno para producir 20 simulaciones o miembros a partir de los que se calculan las probabilidades de los distintos fenómenos. El problema que presenta esta aproximación es la gran cantidad de recursos humanos necesarios para su mantenimiento, derivados

del mantenimiento de distintos modelos y adaptación a tu sistema de computación. Por esto, actualmente AEMET está empezando a implementar un nuevo ensemble basado en el ensemble de HARMONIE-AROME. Con este método, las incertidumbres en el modelo se simulan mediante la perturbación de parámetros claves de las parametrizaciones físicas, la superficie y la dinámica. Al mismo tiempo las integraciones se inician en distintos instantes temporales a lo largo del día lo que permite aprovechar mejor los recursos de supercomputación. Esta es la aproximación más utilizada en los servicios meteorológicos de nuestro entorno.

ERC: Ahora que acabamos de celebrar el 50º aniversario de la creación del ECMWF parece muy adecuado echar la vista atrás para destacar algunos de los hitos que han marcado su desarrollo tales como la asimilación de datos mediante métodos variacionales, la predicción por conjuntos basada en vectores singulares, los servicios operativos en apoyo al cambio climático y a la vigilancia de la composición atmosférica a través del programa Copernicus, etc. La resolución de las ecuaciones físicas que describen la evolución de la atmósfera y la

computación de alto rendimiento han constituido el pilar básico desde los comienzos de la predicción numérica del tiempo (PNT) en la década de 1950 y a la vez ha sido el principal factor limitante para realizar los cálculos que los modelos de predicción exigen con la suficiente rapidez como para generar resultados útiles. La situación cambió rápidamente alrededor del año 2022 cuando algunas grandes empresas tecnológicas avanzaron en la calidad de las predicciones meteorológicas con sus respectivos modelos basados exclusivamente en métodos de aprendizaje automático (ML por *machine learning*, en inglés), en particular de aprendizaje profundo, hasta acercarse e incluso llegar a superar la pericia del modelo basado en la resolución de las ecuaciones físicas del ECMWF (denominado *Integrated Forecasting System*, IFS). ¿Puedes resumirnos la rápida reacción del ECMWF con la iniciativa para desarrollar su propio modelo íntegramente basado en estas técnicas (denominado *Artificial Intelligence/Integrated Forecasting System*, AIFS)?

JCS: Durante los últimos 50 años, la calidad de los modelos de predicción basados en la resolución de ecuaciones físicas (también conocidos como mode-

los de PNT) ha mejorado mucho y actualmente se hacen predicciones de calidad con gran detalle y que llegan a alcances cada vez más grandes. La mejora de los modelos de PNT ha sido lenta pero constante. En 2022 las grandes empresas tecnológicas demostraron que se pueden conseguir predicciones de una calidad similar a partir del análisis de datos atmosféricos, son los llamados modelos *data-driven*. La mejora de estos modelos está siendo tan rápida que la hipótesis de los servicios meteorológicos es que pronto estos modelos proporcionarán mejores predicciones que los modelos de PNT. Por otra parte, los recursos de computación necesarios para integrar un modelo *data-driven* son mucho menores que para un modelo de PNT. Como desarrollar y operar los modelos *data-driven* no requiere grandes conocimientos de física y meteorología ya que son capaces de deducir las leyes físicas a partir del análisis de datos, muchos organismos y empresas como las grandes tecnológicas han entrado en el campo de la predicción meteorológica. De hecho, algunas de estas empresas ya están ofreciendo proporcionar predicciones a los servicios meteorológicos que podrían adaptar a sus necesidades. En este contexto, el papel del ECMWF y de los servicios meteorológicos puede verse muy afectado, lo que ha motivado a que el ECMWF haya hecho una gran apuesta estratégica por el desarrollo de modelos de predicción *data-driven* dedicando gran cantidad de recursos económicos y de personal a estos modelos. En 2025 puso en operación sus modelos *data-driven* cuyas predicciones se distribuyen ya a los países miembros en tiempo real como hace con las predicciones del IFS. Ahora la clave es evaluar y comparar las predicciones con las dos aproximaciones para saber si los modelos *data-driven* pueden reemplazar parcial o completamente a los modelos PNT tradicionales. La decisión de pasar de un paradigma a otro no será fácil ya que la calidad de los modelos de PNT es grande y son utilizados en ámbitos muy variados y sensibles como la seguridad y la protección de vidas. Actualmente, la calidad de los modelos *data-driven* del ECMWF es similar o ligeramente superior a los de las grandes tecnológicas. En cualquier caso, los modelos *data-driven* más avanzados requieren análisis de PNT para su entrenamiento y operación

por lo que los dos métodos tendrán que coexistir al menos durante algún tiempo.

ERC: Los servicios meteorológicos europeos y el ECMWF han lanzado el proyecto Anemoi para crear un marco en el que desarrollar sistemas de predicción del tiempo basados en ML. El objetivo principal de Anemoi es proporcionar los elementos básicos para desarrollar estos sistemas. ¿Cuál es el nivel actual de desarrollo en Anemoi? ¿Qué papel desarrolla AEMET en esta iniciativa?

JCS: En la estrategia del ECMWF en modelización basada en técnicas de ML, el Centro ha decidido colaborar con los estados miembros poniendo en marcha el llamado *ML Pilot Project*. Todo el *software* que se desarrolla en este proyecto es abierto lo que facilita mucho la colaboración y ha dado lugar al entorno de trabajo Anemoi que incluye multitud de herramientas que facilitan los desarrollos en este campo. Tanto la versión determinista *data-driven* de ECMWF (AIFS) como la versión ensemble (AIFS-ENS) forman parte de Anemoi y por tanto pueden ser utilizadas por cualquiera de los servicios meteorológicos que participan en el *Pilot Project*. En este entorno también están incluidos el modelo Bris de Met-Norway y el modelo AICON del servicio meteorológico alemán entre otros. Este entorno común también facilita que entrenamientos realizados por algunos de los participantes en el proyecto puedan ser utilizados por otros. AEMET contribuye al *Pilot Project* con cinco científicos que están empezando a realizar predicciones con distintos modelos de Anemoi partiendo de entrenamientos realizados con alguno de los reanálisis disponibles sobre nuestro entorno que han sido refinados con los análisis operativos de HARMONIE-AROME.

Por otra parte, este nuevo tipo de colaboración con software en abierto y los estados miembros colaborando estrechamente con ECMWF define un nuevo marco de colaboración más allá de la actual colaboración en PNT en forma de consorcios con poca colaboración entre los servicios meteorológicos que pertenecen a distintos consorcios.

ERC: El sistema de predicción con ensembles basado en AIFS (AIFS-ENS) ha demostrado su calidad comparado con el correspondiente basado en

ecuaciones físicas, ¿puedes comentarnos cómo ves su potencial y las dificultades para su extensión a alcances estacionales y más largos?

JCS: La versión determinista AIFS tiene la limitación de producir campos demasiado suaves lo que se acentúa a medida que aumenta el alcance de la predicción. Esto se ha corregido bastante en la versión ensemble que consigue representar una mayor variabilidad atmosférica a la vez que mantiene errores de predicción bajos desde el punto de vista estadístico. Además, la versión AIFS-ENS sufre menos el efecto de aumento de los errores con el alcance de predicción. Aparte de las consecuencias del ajuste a los datos, hay que tener en cuenta que estos modelos se integran a resoluciones de unos 30 km y que la resolución temporal es de 6 horas. Comparados con los modelos PNT, las mayores limitaciones de los modelos *data-driven* se encuentran en la representación de la alta resolución, la simulación de extremos y la predicción de la precipitación. Por otra parte, estos modelos pueden presentar inconsistencias entre las distintas variables como puede ser la predicción de precipitación sin que se predigan nubes. Estas inconsistencias se van solucionando imponiendo condiciones en el proceso de optimización de los datos. En los modelos *data-driven* el avance en el alcance de predicción se consigue por medio de un proceso autoregresivo con saltos de 6 en 6 horas lo que hace que el aumento del error con el alcance de la predicción sea mayor que en los modelos de PNT. Esto ha dificultado la extensión de las predicciones a alcances estacionales y más largos. Actualmente se está haciendo bastante esfuerzo (por ej., en el proyecto *Destination Earth*) en el desarrollo de modelos basados en técnicas de ML para escalas climáticas pero de momento estos modelos están mucho menos avanzados que los que se aplican al corto y medio plazo. Lo que sí ha mostrado muy buenos resultados es aplicar técnicas de ML al *downscaling* de las predicciones de los modelos de PNT.

ERC: Las observaciones meteorológicas siempre han sido un componente clave en la predicción meteorológica. Se utilizan para determinar el punto de partida de cualquier predicción. En la PNT tradicional, se combinan en la asimilación de datos con

una predicción previa a corto plazo para obtener un estado inicial completo de la atmósfera y los componentes relacionados del sistema terrestre. Recientemente, el ECMWF ha desarrollado un sistema basado en AIFS que no utiliza la asimilación de datos en absoluto, las predicciones se basan únicamente en observaciones, sin un paso separado para establecer un estado inicial completo ni recurrir a reanálisis para el entrenamiento. Este enfoque denominado Inteligencia Artificial-Predicción Directa de la Observación (AI-DOP, por sus siglas en inglés) se encuentra actualmente en desarrollo, ¿puedes resumirnos cómo valoras esta línea de trabajo y las dificultades para su posible implantación operativa?

JCS: Recientemente, el ECMWF ha presentado su modelo de predicción de IA cuyo aprendizaje se basa en el uso directo de observaciones. Los resultados se describen como esperanzadores consiguiendo realismo físico pero la calidad está lejos de los modelos de PNT y todavía no se sabe si estos modelos pueden ser una alternativa a los modelos a los *data-driven* entrenados e inicializados con análisis resultantes de los modelos de PNT. Algunos de los problemas que sufren están derivados de los errores de las observaciones y tienen la limitación de que solo pueden hacer predicciones para variables físicas para las cuales hay observación directa. Las grandes tecnológicas también están invirtiendo en esta aproximación que les daría más autonomía al no depender de los análisis de los modelos tradicionales

ERC: Gran parte de los grupos de PNT en los servicios meteorológicos europeos han centrado y centran su actividad en el desarrollo y puesta en operación de modelos de área limitada que mejoran la resolución sobre el área nacional de interés. Esto es lo que ha sucedido en AEMET que ha tenido sucesivamente en operación en los últimos 40 años en primer lugar una versión de área limitada del modelo del ECMWF, posteriormente el modelo HIRLAM y actualmente el modelo HARMONIE-AROME. Desde tu posición, ¿cómo ves el futuro de la modelización regional de alta resolución en el contexto europeo y en particular en AEMET?

JCS: Actualmente hay mucha incertidumbre sobre cuándo los modelos basados en técnicas de IA pueden sustituir a los modelos tradicionales de PNT aunque se supone que en algún momento esto ocurrirá. Con esta hipótesis de trabajo, es fundamental la comparación y evaluación de las predicciones proporcionadas por los dos métodos y esto es un tema de amplio debate porque la comparación no es fácil. Por otra parte, también se supone que habrá que seguir invirtiendo en desarrollar y mantener los modelos tradicionales de PNT porque son fundamentales para representar los eventos extremos y las escalas más pequeñas y porque son necesarios para generar los reanálisis y las condiciones iniciales de los modelos *data-driven*. Respecto a los aumentos de la resolución en los modelos de PNT como vía de mejora, ya no es tan fácil porque requiere grandes ordenadores y nuevas arquitecturas de supercomputación que obligan a una recodificación completa de los modelos. Por otra parte, la alta resolución está entrando en las escalas grises de la turbulencia y la convección somera y en escalas en las que los efectos tridimensionales no pueden ser despreciados. Todo esto aumenta mucho la complejidad de los modelos. Una avenida prometedora es la realización de simulaciones de muy alta resolución a demanda en dominios relativamente pequeños donde se prevé la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos o de alto impacto.

ERC: Desde diferentes instancias se defiende no contraponer los modelos físicos (como el IFS) con los modelos basados en datos (como el AIFS) sino tender a un tipo de modelo híbrido que incorpore las ventajas de ambos tipos de modelos. ¿Cómo ves este tipo de modelo híbrido? ¿Qué partes de los modelos deberían mantener una formulación basada en la física y cuáles deberían basarse en datos?

JCS: El enfoque híbrido lo que hace es continuar desarrollando los modelos tradicionales basados en ecuaciones físicas pero optimizando componentes de estos modelos utilizando técnicas de IA. La asimilación de datos es un campo en el que se está aplicando mucho esta aproximación por ejemplo en el control de calidad de las observaciones, en la codificación de los operadores de observación y en

los propios algoritmos de asimilación. El enfoque híbrido también se está utilizando en las parametrizaciones físicas para optimizar o sustituir alguna de las parametrizaciones como la radiación. Por otra parte, también se están aplicando a la predicción probabilística para aumentar el número de miembros de un ensemble físico o directamente para estimar la incertidumbre.

ERC: Los reanálisis han ido adquiriendo con los años cada vez más importancia tanto por sus aplicaciones climáticas y/o para estudios académicos como por su relevancia en el entrenamiento de métodos basados en ML. ¿Puedes comentarnos la reciente iniciativa de AEMET en este campo? ¿Qué nuevos datos se asimilarán respecto a los que se asimilaron en la pasada operativa de predicción?

JCS: Los reanálisis son esenciales para las aplicaciones climáticas como es el caso de la aplicación de técnicas de *downscaling* y para el entrenamiento de los modelos *data-driven*. Hay que tener en cuenta que los modelos que se entrenan con los reanálisis tendrán dificultades para representar eventos raros y eventos que ocurren a escalas no representadas por los reanálisis. Por eso, muchos servicios meteorológicos han desarrollado o están desarrollando reanálisis regionales de alta resolución. AEMET tiene en fase de producción un reanálisis a 2.5 km de resolución con 90 niveles que en una primera fase abarca el periodo 1990-2021 para extenderse posteriormente hasta alcanzar el tiempo casi real. Para ponernos en contexto, tenemos unos 8 años de análisis operativos de HARMONIE-AROME a esa resolución pero realizados con distintas versiones del modelo ya que estas han variado a lo largo del tiempo. Además, el reanálisis incluye muchas más observaciones que las que se utilizaron en los análisis operativos en tiempo real ya que se han recolectado observaciones adicionales de distintas instituciones como Météo-France, IPMA (Portugal) y DGM (Marruecos). Además, se incluyen más estaciones de satélite al haber ido aumentando nuestra capacidad para asimilar distintas observaciones. Hemos visto que nuestro reanálisis tiene un claro valor añadido frente a otros reanálisis existentes como ERA5 y CERRA.



Reunión del consorcio ACCORD en Zalarakos, Hungría (2025)

ERC: ¿Tiene previsto ACCORD desarrollos basados en ML o sigue la línea clásica basada en la resolución de las ecuaciones físicas?

JCS: ACCORD va a seguir la aproximación híbrida pero en principio no contempla trabajar en modelos *data-driven*. Por otra parte, muchos de los miembros de ACCORD participan en el Proyecto Piloto del ECMWF pero estas actividades están fuera del Plan Científico de ACCORD.

ERC: Los países pertenecientes al antiguo consorcio HIRLAM se organizaron en tres Centros de Predicción Unificados (UWC, del inglés *Unified Weather Centers*). AEMET es responsable de uno de ellos. ¿Puedes contarnos cómo funcionan estos UWC? ¿Qué nivel de coordinación hay entre ellos? ¿Qué cooperación hay actualmente a nivel de operaciones con países vecinos: Portugal, Marruecos, etc.?

JCS: UWC puede considerarse la evolución de HIRLAM en la que se pone el foco en la colaboración en modelización operativa. Digamos que ACCORD organiza la investigación para el desarrollo de los modelos a la larga, mientras que UWC se centra en mantener un sistema

de modelización que pueda ser utilizado operativamente y solucionar los problemas que van surgiendo en la operatividad. Digamos que ACCORD proporciona las piezas del sistema de modelización y UWC las ensambla y las adapta para que se puedan utilizar operativamente. Dentro de UWC además existen tres subgrupos: Metcoop, UWC-W y AEMET que mantienen operativamente sus modelos de predicción en sus respectivos ordenadores. El objetivo de UWC es que las versiones implementadas operativamente por los distintos grupos sean lo más similares posible aunque siempre hay diferencias geográficas que justifican pequeñas desviaciones respecto al sistema de referencia. En el caso de UWC-W, los SM incluso compran y operan su superordenador de forma conjunta. En el caso de Metcoop, los servicios meteorológicos compran sus propios ordenadores que luego operan de forma conjunta. En el caso de España, por proximidad geográfica este tipo de colaboración operativa sería natural con Portugal y Marruecos pero hay diferencias culturales que provienen de que AEMET pertenecía a HIRLAM y los otros a ALADIN (y por tanto utilizan modelos li-

geramente distintos en su operatividad) que han dificultado el proceso de acercamiento. Es de suponer que a medida que aumenta la cooperación dentro de ACCORD y se converge en los sistemas de modelización esta colaboración operativa pueda llegar a ser posible. Actualmente, existe una colaboración bastante estrecha en el reanálisis que ha desarrollado AEMET y en el que IPMA y DGM colaboran en el proceso de validación y aportando observaciones extra.

ERC: ¡Muchas gracias, Javier, por habernos dedicado tu tiempo y por dar a conocer a los socios de la AME el estado actual de la PNT en estos tiempos en los que parece que está cambiando el paradigma que ha mantenido su evolución desde mediados del siglo XX! Como protagonista de la evolución de este campo, tus puntos de vista sobre la situación actual y el futuro próximo de la predicción numérica son especialmente apreciados. Desde la AME te deseamos éxito en estos procelosos tiempos en los que desde tu posición participas y contribuyes al nuevo estándar de la predicción numérica operativa.