

# El programa HIRLAM-A

Mariano Hortal Reymundo. Instituto Nacional de Meteorología

## Introducción

El programa "HIRLAM-A" es un proyecto de investigación que está siendo desarrollado entre los años 2006 y 2010. Es la continuación de la exitosa cooperación científica entre los servicios meteorológicos nacionales de Dinamarca, España, Finlandia, Holanda, Irlanda, Islandia, Noruega y Suecia, a la cual se ha añadido recientemente Estonia y a la que se agregarán en el próximo futuro Letonia y Lituania.

El objetivo de la cooperación es suministrar a los estados miembros un sistema de análisis y predicción meteorológica para el corto plazo (hasta 48 horas) que utilice un modelo numérico que lleve incorporados los últimos avances en el campo de la predicción numérica. Esta es hoy en día la mejor herramienta para suministrar los datos que necesita la predicción operativa del tiempo.

Al mismo tiempo, se desarrollará un sistema operativo de predicción de la probabilidad de ocurrencia de fenómenos atmosféricos en un plazo de hasta 60 horas, para suministrar datos a aplicaciones, tanto generales como específicas, incluyendo el impacto de sucesos violentos como temporales de viento e inundaciones.

## Estructura y objetivos

El programa HIRLAM-A está estructurado como un conjunto de cinco proyectos:

- Asimilación de datos y uso de observaciones
- Parametrizaciones físicas del modelo de predicción
- Dinámica del modelo
- Predecibilidad y predicción estadística
- Sistemas y aplicaciones

Los objetivos estratégicos del consorcio HIRLAM para los próximos 10 años han sido formulados en el documento "HIRLAM strategy 2006-2015" y son básicamente los que se detallan a continuación.

El principal objetivo es conseguir, para el año 2009 o cerca de el mismo, y en colaboración con las comunidades ALADIN y AROME, un sistema de análisis y predicción a mesoescala (resolución de ~2 km) operacionalmente factible, cuyo nombre clave se ha establecido como HARMONIE. Subsecuentemente se pretende extender este sistema hacia un modelo más general del sistema Tierra, que incluya, entre otros, datos relativos a la calidad del aire y a la hidrología.



PARTICIPANTES EN LA REUNIÓN ANUAL DE LOS GRUPOS HIRLAM Y ALADIN DE OSLO (ABRIL - 2007)

Al mismo tiempo, se dará el mantenimiento adecuado y se continuará incrementando la calidad del sistema HIRLAM de análisis y predicción a escala sinóptica (~10 km de resolución), hasta que el desarrollo del sistema mesoescalar sea suficiente como para poder ser empleado también a escala sinóptica (antes del 2010).

El siguiente objetivo es desarrollar un sistema operacionalmente factible de predicción probabilística, adecuado para el corto plazo (72 horas). Ello implica también comprobar la bondad y utilidad de este y otros sistemas de predicción por conjuntos aplicables al corto plazo y participar en la organización de las actividades europeas que incluyen sistemas de predicción por conjuntos utilizando múltiples modelos (sistemas multimodelo)

Para conseguir una buena predicción, se debe continuar el desarrollo de sistemas de asimilación variacional tri- y cuatri-dimensionales de datos y estudiar la mejor forma de incluir en los mismos un amplio rango de observaciones de alta resolución. El sistema variacional cuatri-dimensional de asimilación de datos será el que se aplique a escala sinóptica en los países del grupo HIRLAM en los próximos años, pero las aplicaciones a muy corto plazo (nowcasting) pueden requerir de aproximaciones más pragmáticas y rápidas para que se puedan entregar los productos a tiempo.

También se prevé aumentar la precisión y utilidad de las predicciones del modelo para un, cada vez más amplio grupo de usuarios, mejorando y extendiendo el acoplamiento del modelo de la atmósfera con el océano, la biosfera, la superficie y la química atmosférica, tanto a escala sinóptica como a mesoescala

Hay que continuar mejorando la comprobación de calidad y la facilidad de uso del sistema de referencia HIRLAM, mediante validación sistemática y verificación comparativa, mejorando los estándares de codificación y la eficiencia de los algoritmos de solución en el modelo.

Se asegurará que el sistema HIRLAM esté óptimamente adaptado a los intereses operativos de los usuarios, mediante consultas periódicas con los mismos e incorporación de sus necesidades a los planes de investigación.

Se explotará el potencial y las consecuencias de una mayor colaboración operativa entre los estados miembros del grupo HIRLAM y de los grupos ALADIN y AROME.

Se apoyará una mayor cooperación europea en los campos en los que HIRLAM es especialista, como la predicción a mesoescala (colaboración con los grupos ALADIN y AROME), predicción por conjuntos (proyecto THORPEX) o reanálisis regional (EURRA).

Se posibilitará el uso del modelo HIRLAM como herramienta para la predicción estacional y climática regional, mediante la colaboración con grupos de investigación climática.

En el plan científico del HIRLAM-A 2006-2010, estos objetivos generales han sido convertidos en metas específicas que han de ser alcanzadas durante el periodo de vigencia del proyecto HIRLAM-A.

### Asimilación de datos a mesoescala

La asimilación de datos se considera extremadamente importante para los modelos de predicción a mesoescala (resoluciones del orden de 1 km) pero representa un reto considerable, ya que no está claro cómo llevarla a cabo, tanto desde el punto de vista metodológico como desde el punto de vista del tipo de datos que deben ser asimilados.

La estrategia de asimilación de datos del grupo HIRLAM tiene como núcleo las técnicas variacionales. La técnica variacional en cuatro dimensiones (4D-VAR) es la mejor herramienta existente hoy en día para extraer información de observaciones complejas tales como radar, que se consideran esenciales para inicializar un modelo a mesoescala. Además el problema de balance físico/dinámico de un análisis a mesoescala requiere de los conceptos en los que se basa la asimilación 4D-VAR.

La estrategia a seguir es desarrollar, dentro de HARMONIE, un esquema de asimilación variacional que converja, mediante algunos pasos intermedios, hacia un sistema 4D-VAR de sofisticación creciente. Sin embargo, HIRLAM debe estar abierto también a explorar las oportunidades que los sistemas de predicción estadística por conjuntos ofrecen para mejorar las técnicas variacionales. Técnicas híbridas variacional/estadísticas pueden presentar diversas ventajas con respecto a las técnicas puramente variacionales.

Hacia mediados del 2008, un sistema básico de asimilación en tres dimensiones (3D-VAR) debería estar listo en HARMONIE para pruebas pre-operativas. Las actividades de investigación dirigidas a mejorar este sistema continuarán durante 2008 y 2009.

Para aplicaciones de *nowcasting*, los análisis deben ser actualizados rápidamente o incluso casi de forma continua. Este requerimiento puede ser incompatible con las demandas de computación de la técnica 4D-VAR y se debe investigar el

enfoque óptimo, intentando una serie de diferentes posibilidades.

A mayores resoluciones espaciales (escalas más finas), la asimilación de datos de superficie y de suelo se hace más y más relevante. Es de importancia crítica utilizar y combinar toda la información disponible o que estará disponible en el próximo futuro: datos de satélite, de radar y observaciones locales provenientes de redes nacionales de alta resolución. Los campos que un análisis a mesoescala deben incluir son al menos: la temperatura y la humedad del suelo, la cantidad de precipitación, las características de la cobertura nivosas, las propiedades de las superficies del mar y de los lagos y datos fisiográficos cambiantes tales como el albedo y la vegetación.

### Parametrizaciones físicas

En el año 2006 se comenzó con el desarrollo y validación de un conjunto de parametrizaciones físicas (la parte del modelo que representa fenómenos a escala inferior a la resuelta explícitamente por las ecuaciones de evolución), adecuadas a la mesoescala. Hasta ahora, la principal contribución del grupo HIRLAM ha sido el desarrollo de un esquema combinado de capa límite planetaria y convección poco profunda. Este esquema, que se denomina EDMF (eddy diffusivity – mass flux), se supone que la convección profunda será representada explícitamente por el modelo, dada su resolución del orden de 1 km. En otoño de 2007 el esquema EDMF ha empezado a ser validado por comparación de sus resultados con datos provenientes de campañas intensivas de observación en la torre de Cabauw (Holanda).

La verificación rutinaria de predicciones del modelo HARMONIE, durante el año pasado, ha suministrado información muy beneficiosa acerca de las deficiencias del modelo, por ejemplo en la descripción de la precipitación o en los parámetros cercanos al suelo. Para poder utilizar ese conocimiento en la mejora del modelo, se hará durante el 2008 un diagnóstico a fondo del paquete de parametrizaciones a mesoescala en su conjunto, en colaboración estrecha con los grupos ALADIN y AROME.

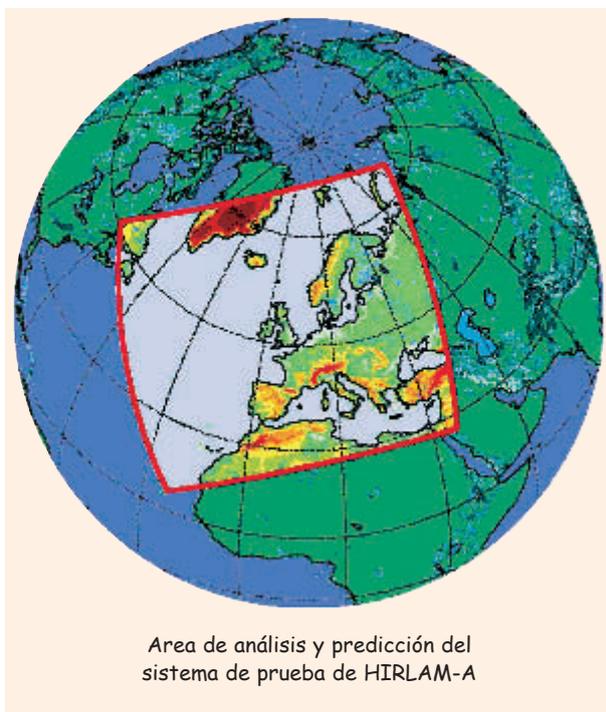
### Dinámica no hidrostática

La mayoría de las actividades en el campo de la dinámica del modelo de predicción a mesoescala durante los próximos años, se basan en los planes conjuntos acordados con el grupo ALADIN en el año 2005. El modelo de predicción que será utilizado es la versión de área limitada del modelo de predicción del Centro Europeo, desarrollado en colaboración con Météo-France y cuya versión no-hidrostática y de área limitada ha sido puesta a punto por el grupo ALADIN. El desarrollo más importante (y complejo) que se ha abordado ya en el 2007 y que continuará durante el 2008 es la introducción de una discretización vertical utilizando elementos finitos, que puede ir acompañada del cambio de variables que se predicen en el modelo, con respecto a la versión actual, que utiliza una discretización de diferencias finitas.

Dada la capacidad limitada de un ordenador, por muy potente que éste sea, y por tanto el relativamente pequeño dominio que puede cubrir un modelo de predicción complejo de resolución quilométrica, un tema de investigación impor-

tante es encontrar el método óptimo para anidar este modelo no-hidrostático de predicción dentro de la predicción de un modelo sinóptico HIRLAM que cubra un área mayor o incluso dentro de la predicción global del modelo del Centro Europeo. Esto implica, no solo cuestiones técnicas como qué tipo de interpolación utilizar y qué frecuencia de condiciones de contorno deben ser suministradas, sino también cuestiones científicas no triviales tales como la posibilidad de crear condiciones de contorno transparentes.

Una posible alternativa a la utilización de condiciones de contorno transparentes es minimizar los errores de advección aumentando la frecuencia de suministro de las condiciones de contorno. Idealmente, las condiciones de contorno deben ser suministradas por el modelo en el que se anida, a cada paso de tiempo de este modelo. Las consecuencias prácticas y el impacto potencial de este aumento de frecuencia deben ser investigados.



### Predicibilidad y predicción estadística

En línea con otros sistemas de predicción operativa en el mundo, que no se conforman con la predicción determinista, sino que tratan de añadir valor a la predicción mediante una estimación de la probabilidad (predicción probabilística por conjuntos) de ocurrencia de los diversos fenómenos meteorológicos, el objetivo principal de HIRLAM, en esta área, es el desarrollo de un sistema de predicción probabilística de corto plazo.

En el HIRLAM-A, el objetivo es crear un sistema operativamente factible, capaz de proporcionar predicciones de hasta 60 o 72 horas, con más calidad y mayor detalle que el que suministra el sistema de predicción por conjuntos (EPS) del Centro Europeo, en particular en lo que se refiere a fenómenos violentos.

Para lograr esto, el objetivo es establecer, en cooperación con el grupo ALADIN, un sistema de gran conjunto (GLA-

MEPS), es decir, un sistema en el cual, cada país miembro produzca un conjunto de predicciones, mediante diversas técnicas, y luego se intercambien en tiempo real estas predicciones para construir un conjunto de conjuntos o gran conjunto

El sistema de prueba (V0) consiste en dos variedades de la versión 7.1 del modelo de predicción HIRLAM que se corren a tiempo pasado en el ordenador del Centro Europeo, cubriendo el área que se muestra en la figura, para una variedad de distintas situaciones atmosféricas y con una resolución de 0.2 grados. El sistema incluye una asimilación de datos completa, utilizando 3D-Var y perturbaciones de los datos iniciales y de las condiciones de contorno, suministradas por una versión especial del sistema de perturbaciones dirigidas (Targeted Ensemble Prediction System o TEPS) del Centro Europeo.

El conjunto de predicciones será evaluado utilizando el sistema de postprocesamiento y verificación desarrollado en el INM.

La contribución del grupo HIRLAM al GLAMEPS se basa en los sistemas desarrollados en Noruega (NORLAMEPS) y en España (SREPS). Nuevos componentes, basados en técnicas alternativas de construcción de conjuntos para predicción a corto plazo, se irán añadiendo gradualmente.

### Sistemas y aplicaciones

El objetivo principal del grupo de sistemas del proyecto HIRLAM-A es el mantenimiento y mejora del "Sistema de Referencia". Aquí el término "mejora" se refiere, tanto a la calidad meteorológica como a la eficiencia técnica, facilidad de uso y portabilidad de los códigos utilizados.

Con el desarrollo del modelo de predicción a mesoescala y del sistema de predicción por conjuntos para predicción probabilista, las responsabilidades del grupo de sistemas se amplían considerablemente con respecto a las que tenía hasta ahora. En el 2007 se comenzó esta ampliación, introduciendo elementos del modelo HARMONIE y del sistema HIRLAM-EPS de predicción por conjuntos, en el "sistema de referencia". Estos elementos se irán ampliando y extendiendo durante los años próximos, hasta que se integren completamente con los elementos ya existentes y constituyan, eventualmente, un único sistema de referencia válido para todas las escalas de predicción.

La forma más estricta de comprobar todos los aspectos del modelo de mesoescala es hacer un seguimiento y una verificación en tiempo cuasi real. Un conjunto de herramientas básicas para este fin, desarrolladas por el Instituto Meteorológico Sueco SMHI, está siendo utilizado por todos los institutos HIRLAM que corren actualmente el modelo HARMONIE.

Se está desarrollando un sistema sencillo de verificación automática rutinaria de las predicciones de HARMONIE en los distintos institutos de HIRLAM. Con este fin, los datos de observación que van a ser utilizados en la verificación, se recolectan en un servidor central y los resultados de la verificación se podrán visualizar en la página "Hexnet" de HIRLAM. Posteriormente, los métodos y herramientas de verificación se irán ampliando con las contribuciones de los grupos HIRLAM, ALADIN y AROME.