



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

AEMET

Agencia Estatal de Meteorología

Modelos numéricos usados en AEMET. Modelo del Centro Europeo y HARMONIE-AROME

Javier Calvo

Área de Modelización

fcalvos@aemet.es, D-155

El grupo de Predicción Numérica del Tiempo en AEMET

- Unas 15 personas incluyendo EPS
- Muy importante la cooperación internacional para el desarrollo y mantenimiento de los modelos
- Especialización en distintas áreas temáticas. Principalmente
 - Asimilación de datos
 - Parametrizaciones físicas
 - Predicción con ensembles
 - Superficie
 - Verificación
 - Postproceso
- También trabajamos en la puesta en operación pero el mantenimiento de las cadenas operativas lo realiza el Dpto de Informática (Explotación)
- Se requiere bastante esfuerzo informático para la adquisición y mantenimiento de los sistemas de supercomputación

Escala espacial y temporal de los fenómenos atmosféricos

<http://www.ecmwf.int>

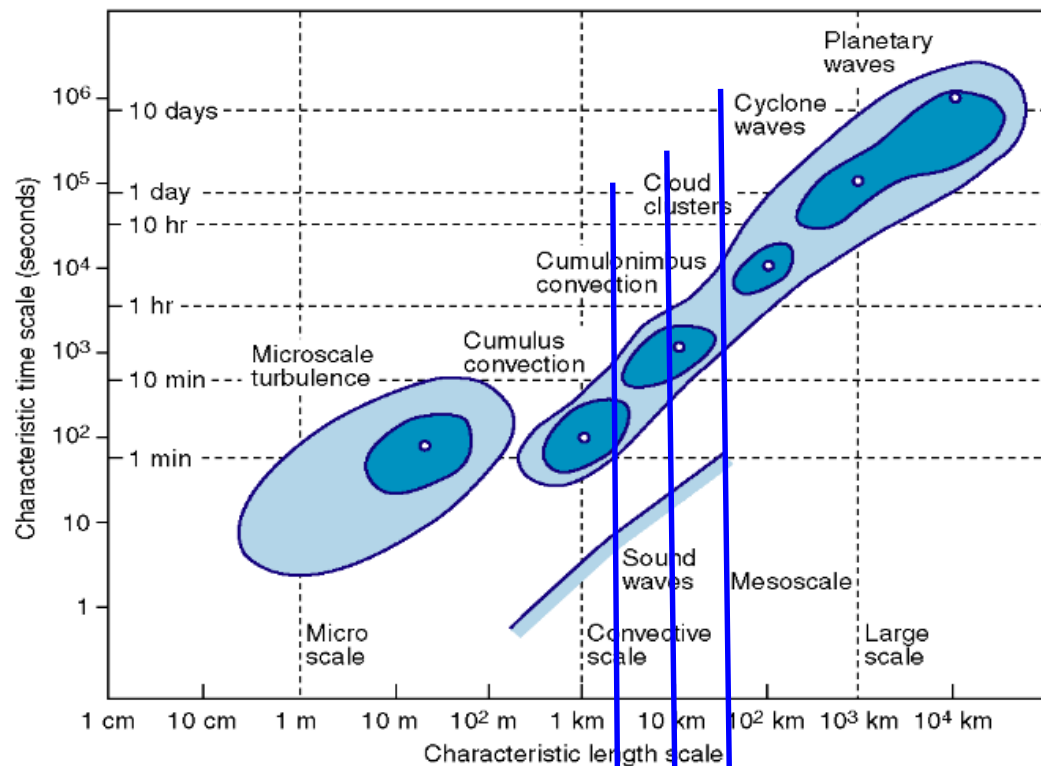


Figure 17: A schematic illustration of the relationship between atmospheric scale and timescale. The typical predictability is currently approximately twice the timescale, but might ultimately be three times the timescale

Climaticos
Globales
LAM

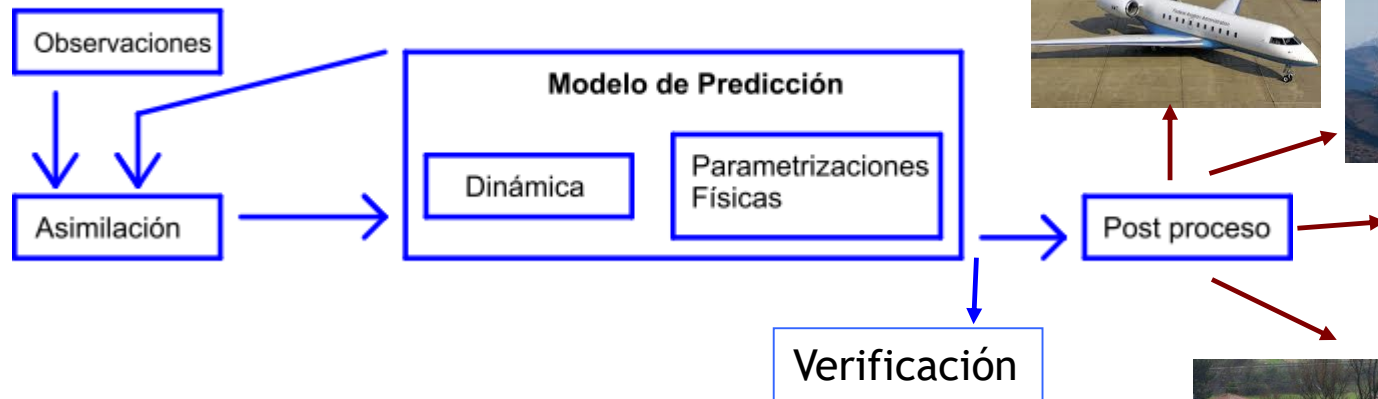
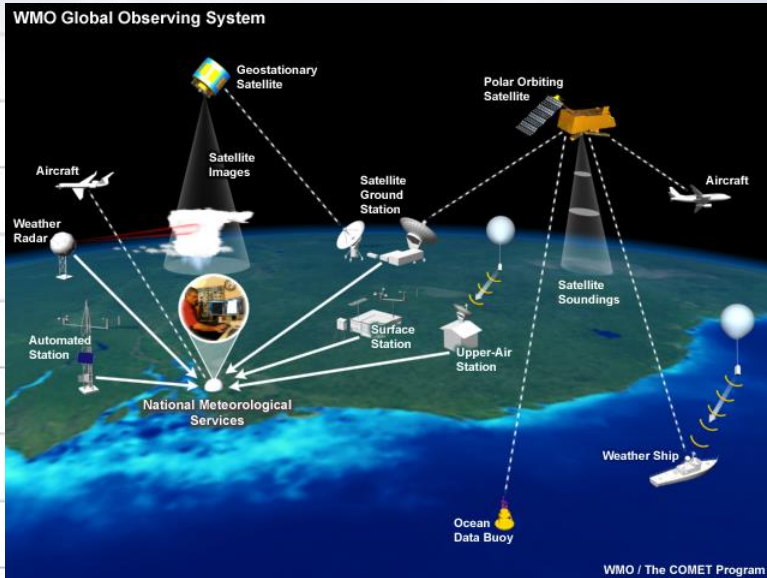
- Los procesos que no son resueltos tienen que parametrizarse
- Hacia los modelos sin costuras (seamless models) que pueden operar a distintas resoluciones: UKMO, IFS, ICON (engineering, scale adaptative)

Escalas de los modelos numéricos de atmósfera operativos

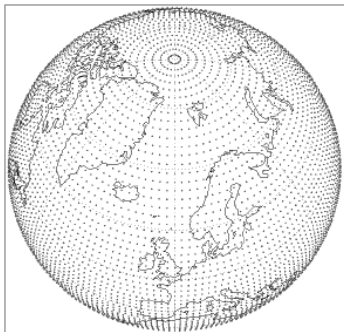
	Escala horizontal	Escala vertical	Periodo de integración
Modelos globales	9-16 km	100-300 m	3 días-meses
Modelos de Área Limitada No Hidrostáticos/Convection- Permiting	1.3-4 km	50-300 m	3 días

- Resoluciones ligadas a la evolución de los ordenadores
- Pero ya no es tan fácil aumentar la resolución con la actual tecnología
 - Gran cambio tecnológico en marcha con la aparición de los ordenadores exascale basados en **GPUs, computación en nube, Inteligencia Artificial**
 - Los modelos se está re-escribiendo para las nuevas tecnologías
 - Tampoco es fácil aumentar la calidad de los modelos simplemente aumentando la resolución de los modelos
 - A medida que aumenta la resolución de los modelos aumenta la incertidumbre en las predicciones: La mayoría de los sistemas operativos están basados en EPS

Componentes de los modelos numéricos



Original reduced grid



Asimilación de datos

- **Estimación del estado atmosférico en un momento dado** a partir de las observaciones distribuidas por el llamado sistema mundial de telecomunicaciones



Miles de observaciones pero necesitamos estimar el estado inicial, en el caso del dominio operativo, en $1152 \times 864 \times 65 = 64.7 \times 10^6$ elementos atmosféricos

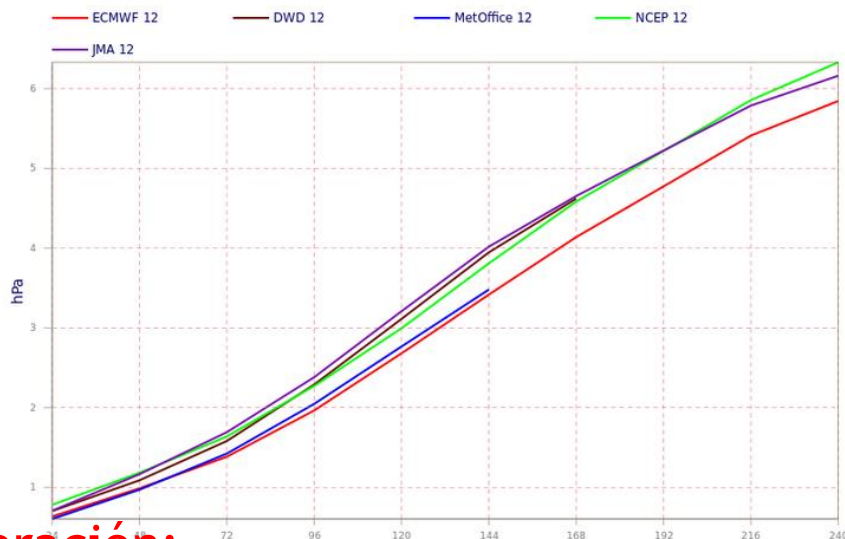
- Esto se consigue utilizando un campo previo (**First Guess**) como primera estimación que luego se corrige con las observaciones.

Modelos numéricos utilizados operativamente en AEMET

- **Modelo global del Centro Europeo**
 - En principio, enfocado a la Predicción de Plazo Medio pero **también es muy buen modelo en el corto plazo**. Además incluye predicciones estacionales y climáticas.
 - Fundamental dentro del Sistema Nacional de Predicción
 - No es adecuado para la predicción inmediata (Nowcasting) ya que espera bastante a la llegada de las observaciones y se necesitan al menos 6 horas para disponer de sus predicciones
- **Modelos de Área Limitada**
 - **HARMONIE-AROME**: Modelo de Área Limitada No-Hidrostático **Convection Permitting** $\Delta x \leq 2.5$ km
 - EPS multi-modelo de 2.5 km de resolución
 - Fundamental para la **predicción de corto plazo, el sistema de avisos y los productos de los usuarios**

- **Modelos muy complejos:** se necesita la colaboración internacional para desarrollarlos/utilizarlos operativamente
- Sólo unos pocos centros son capaces de mantener modelos globales operativos. En Europa: ECMWF, UKMet-Office, DWD y Meteo-France

Date: 202208 RMSEF/msl/n.hem/analysis (new method)



ECMWF sigue destacando frente a otros modelos globales

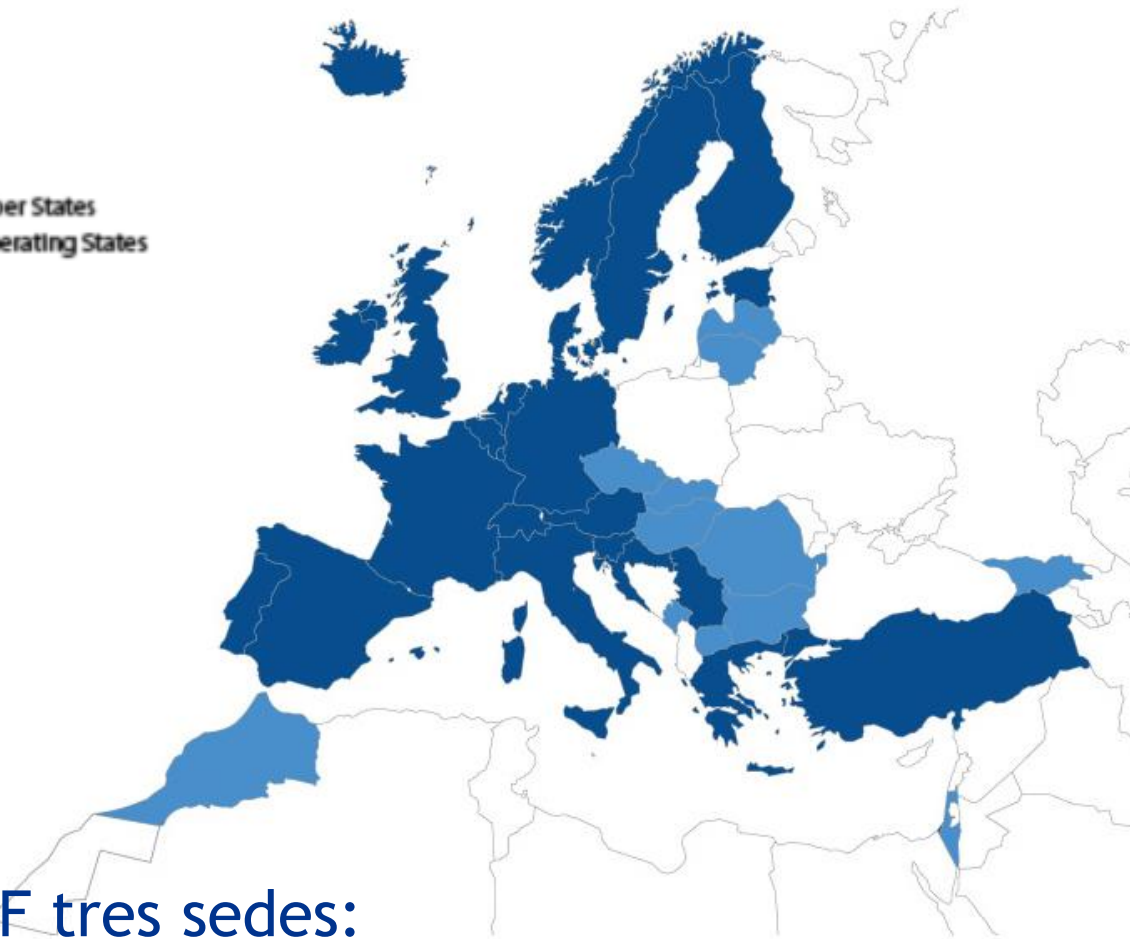
- **Dos tipos de colaboración:**
 - **ECMWF:** Organización internacional independiente financiada por los países miembros
 - Para los **modelos regionales (LAM)** el modelo es colaboración entre Servicios Meteorológicos para el desarrollo de los modelos (**Consortios de Servicios Meteorológicos**)

El Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio



ECMWF
EUROPEAN CENTRE FOR MEDIUM RANGE WEATHER FORECASTS

■ Member States
■ Co-operating States



- ECMWF tres sedes:
 - **Reading (UK):** sede principal
 - **Bologna:** Supercomputación (operaciones aquí desde oct 2022)
 - **Bonn:** Programa Copernicus y actividades financiadas por la UE

- **Actualización Jun 2023 (cy48r1):** Misma resolución para el sistema determinista y el EPS (9 km)

	Component	Horizontal resolution		Vertical resolution [levels]
Atmosphere	HRES	O1280	~9 km	137
	ENS	O1280	~9 km	137
	ENS extended	O320	~36 km	137
Wave	HRES-WAM	0.125°	~14 km	-
	ENS-WAM	0.125°	~14 km	-
	ENS-WAM extended	0.5°	~55 km	-
Ocean	NEMO 3.4	0.25°	~28 km	75

- Modelo oceánico: **NEMO** (0.25°)
- Modelo de olas: **WAM** (0.125°)
- Reanálisis: **ERA5** (cy41r2, 31km)
 - Muy utilizado además ahora cobra mucha importancia con la aparición de los modelos de predicción basados en Inteligencia Artificial

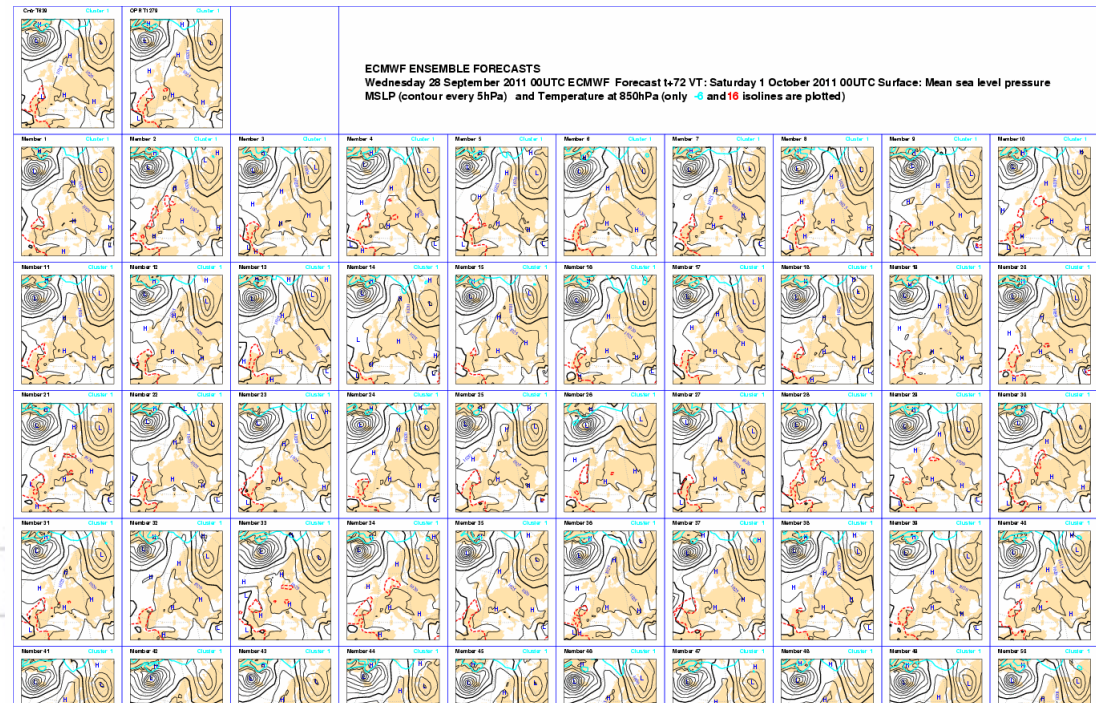
Modelo del Centro Europeo (1)

- HRES Determinista de alta resolución
 - 9 km. 4DVar análisis
 - D+10 con ciclos 00 y 12 UTC

- EPS Sistema de Predicción por Conjuntos

- 9 km D+15 51 miembros

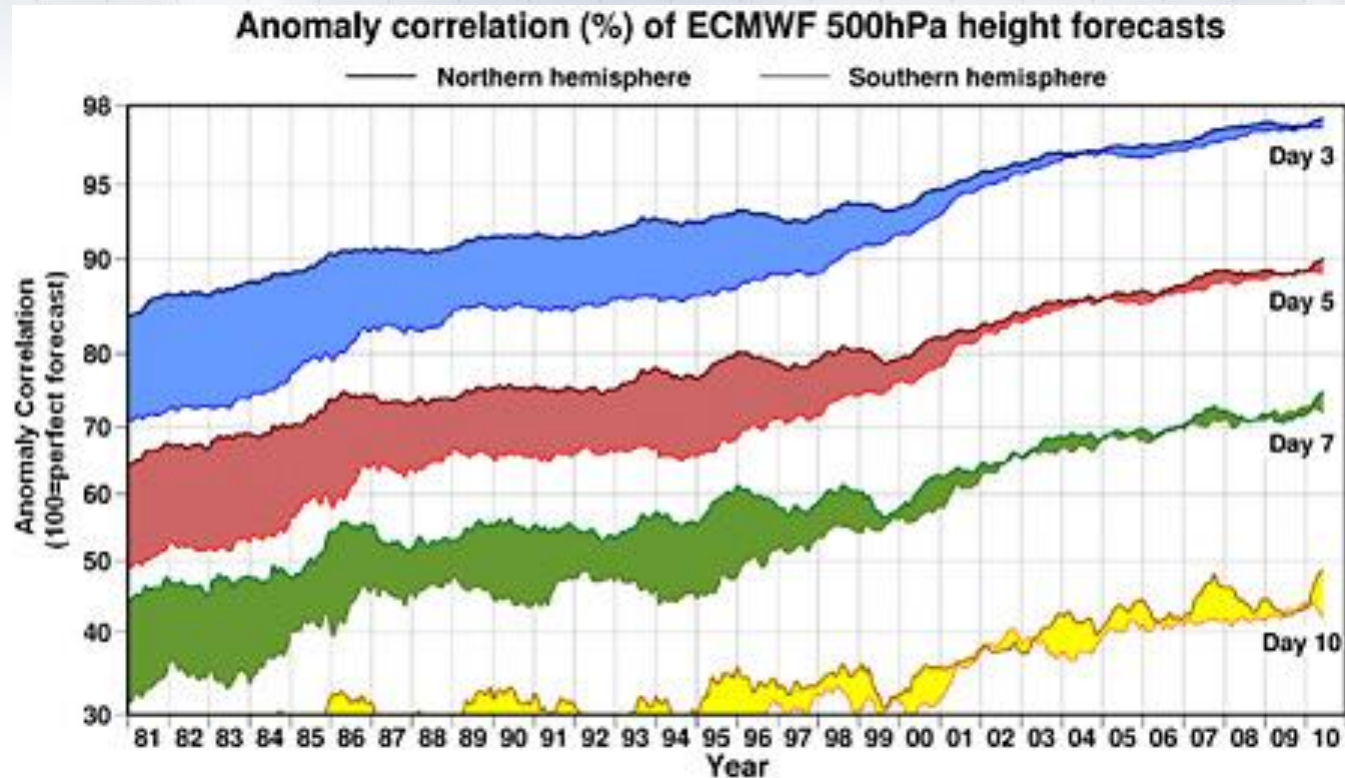
Incluyen modelo acoplado de océano



Modelo del Centro Europeo (2)

- EPS Predicción mensual D+46
 - 36 km
 - 100+1 miembros, se integra todos los días 00 utc
- EPS Predicción estacional
 - 7 meses (mensual)
 - 13 meses (anual)

Todas las versiones incluyen un modelo acoplado de océano



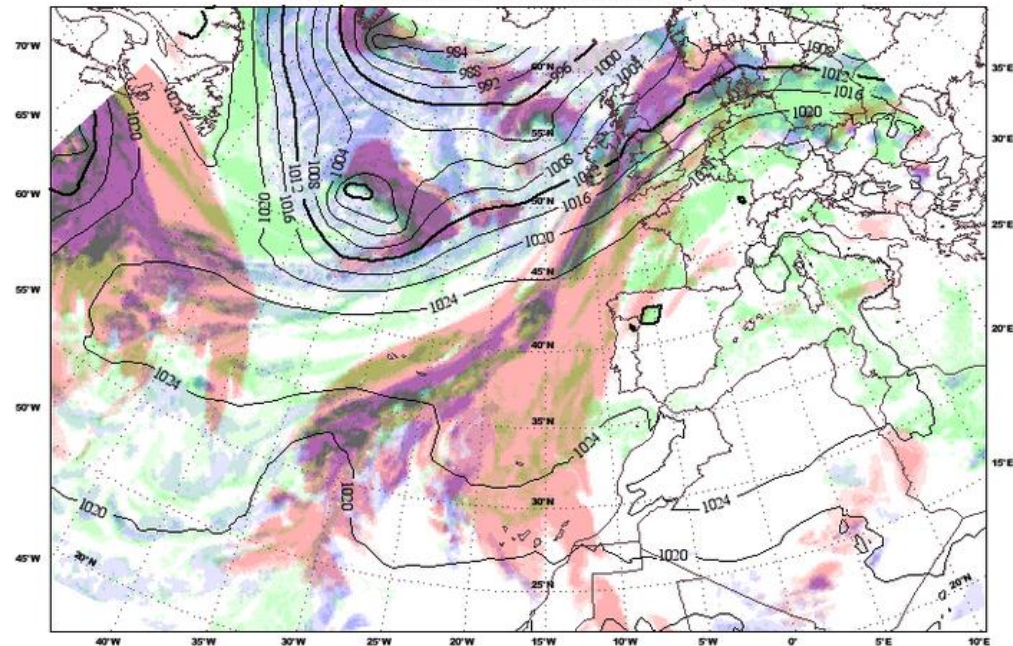
- Los modelos globales han mejorado mucho en las últimas décadas
 - La mejora es mayor en el Hemisferio Sur por el aumento de los datos que entran en los análisis (satélites)

<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/quality-our-forecasts>

Uso modelo del Centro Europeo en AEMET

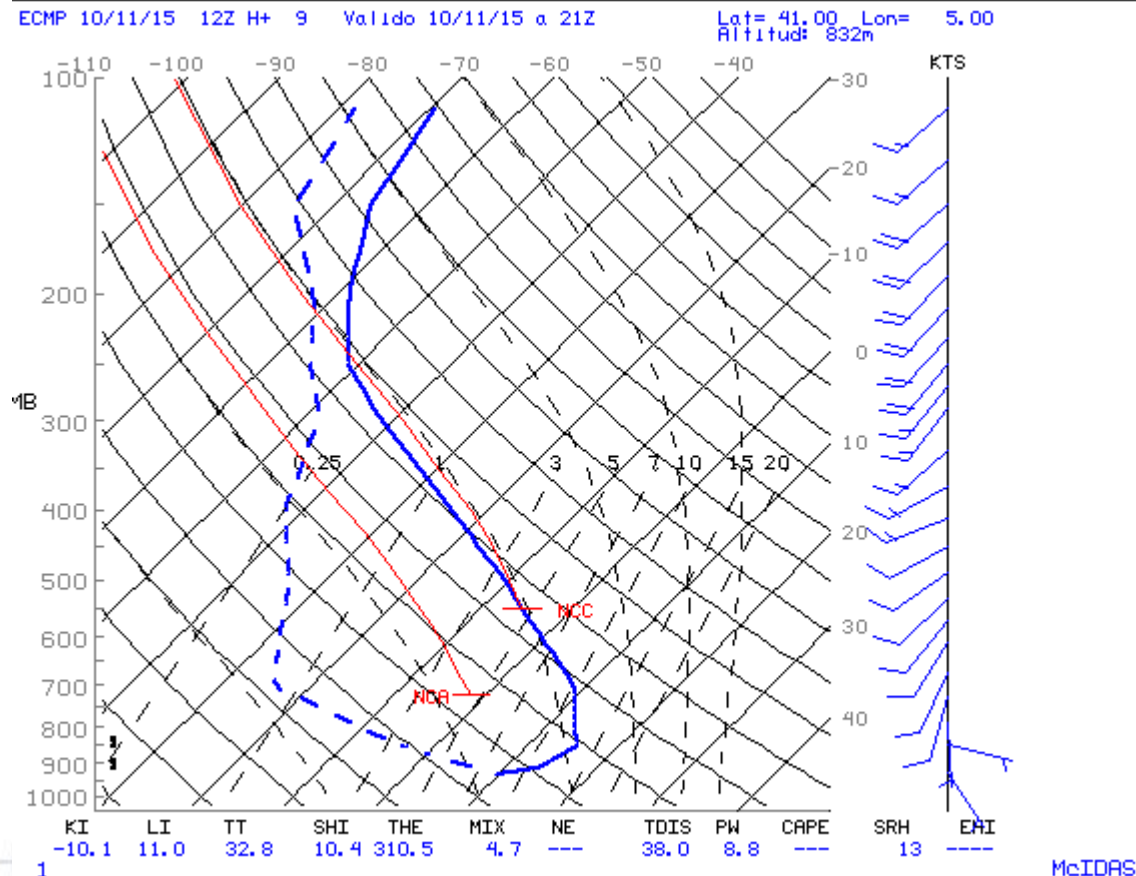
- Componente fundamental en el Sistema de Predicción.
- Condiciones de contorno para los modelos de área limitada
- Productos gráficos generados localmente (Metview/Magics) a partir de las salidas en GRIB (visión via web)
- Ingestión servidores MclDaS
 - Visualización
 - Superposición de campos y obs
 - Campos derivados
- EcCharts
 - Gráficos tiempo real vía Web CE que customiza el usuario

CE (0.125°) 20151110 a 12 UTC. H+024. Validez: Miércoles, 11 de noviembre de 2015, a 12 UTC.
Nubosidad compuesta. Colores verdes: nubes bajas; azules: medias; rosas: altas
Nubosidad mixta: mezcla de los colores correspondientes



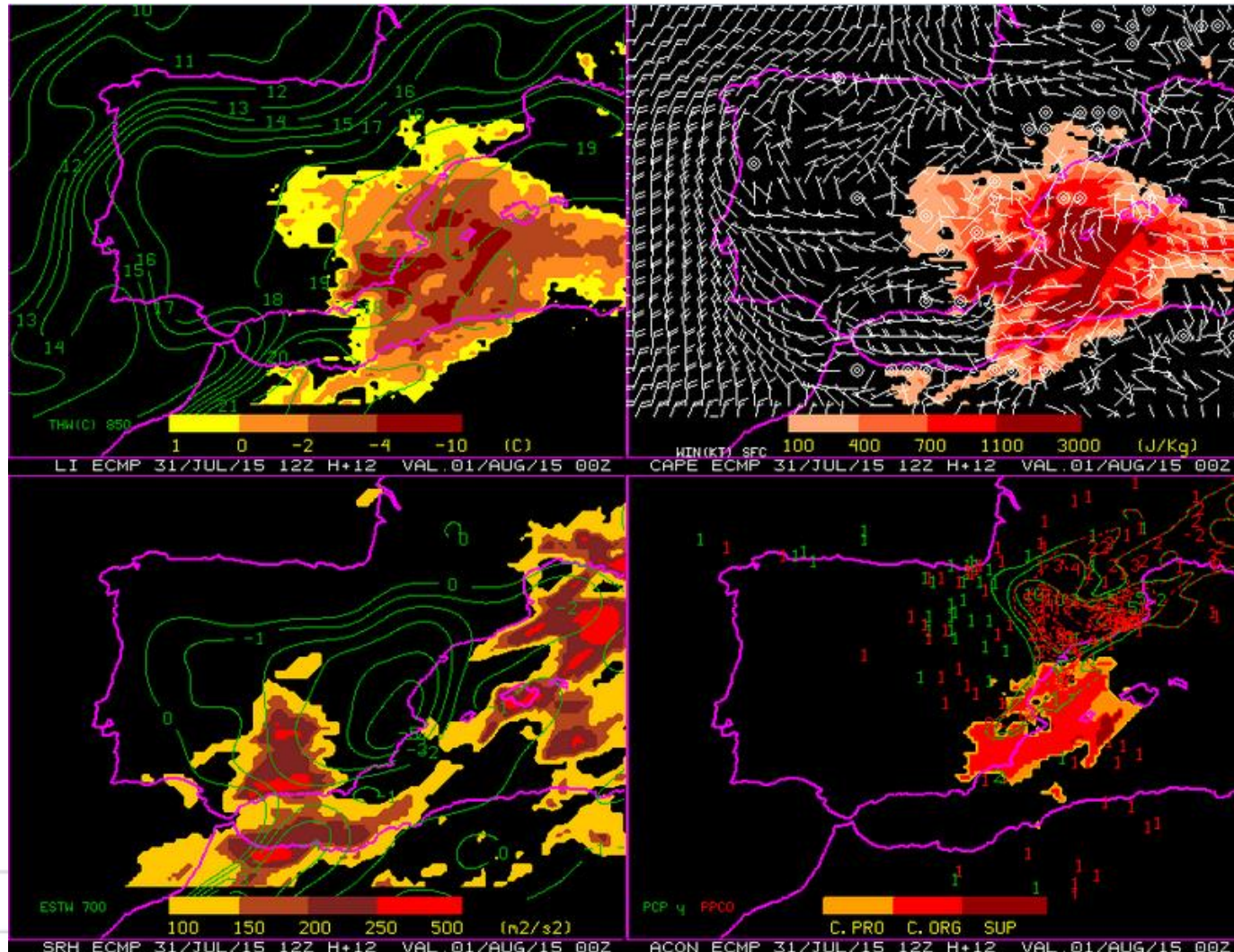
Uso del modelo del Centro Europeo en AEMET

- Productos aeronáuticos, marítimos y para defensa
 - Ej. Pseudo-sondeos a partir de las salidas del modelo determinista



Cálculo de parámetros derivados

- Parámetros específicos para el diagnóstico de la convección



Acceso a los productos del ECMWF

<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/accessing-forecasts>

The screenshot shows the ECMWF website's 'Access to forecasts' page. The navigation bar includes 'Home', 'About', 'Forecasts', 'Computing', 'Research', 'Learning', and 'Publications'. The 'Forecasts' menu is expanded to show 'Charts', 'Datasets', 'Quality of our forecasts', 'About our forecasts', and 'Access to forecasts'. On the left, there are links for 'Ordering', 'Access real-time open data', 'Real-time data delivery', 'Access to archive datasets', and 'Registration vs anonymous access'. The main content area is divided into three columns: 'ECMWF members' with a map of Europe, 'WMO members' with the WMO logo, and 'Commercial customers' with an image of wind turbines and solar panels. Each column contains text explaining access options and links to further information.

ECMWF members
National meteorological services (NMHS) of [ECMWF Member and Co-operating States](#) and their authorised users are granted full access to ECMWF products and services, and to list and download everything in the archive, including special datasets, projects and research experiments.
To obtain access [contact your computing](#)

WMO members
WMO members outside the [ECMWF Member and Co-operating States](#) can access WMO products, some archive datasets (subject to terms and conditions), and some charts, free-of-charge. More products and services are available with a [licence for non-commercial use](#).

Commercial customers
Commercial organisations can obtain a [licence for commercial use](#) of ECMWF forecast products and services. You can explore the datasets that are made available under licence, including those in the operational archive, and buy an archive data licence to download data using the Web API services.

ECMWF: Open-data products

- Open data: Predicciones D+10 de algunas variables de superficie y en niveles de presión y Tropical cyclone tracks
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/open-data>
- Se puede hacer uso libre de estos productos en formato GRIB2 incluso para fines comerciales
- Resolución 0.4 (el modelo se integra alrededor de 0.10)
- La tendencia es a aumentar el número de productos open-data

Non-commercial licences for WMO Members: free data but cost due to the Service and Band fee

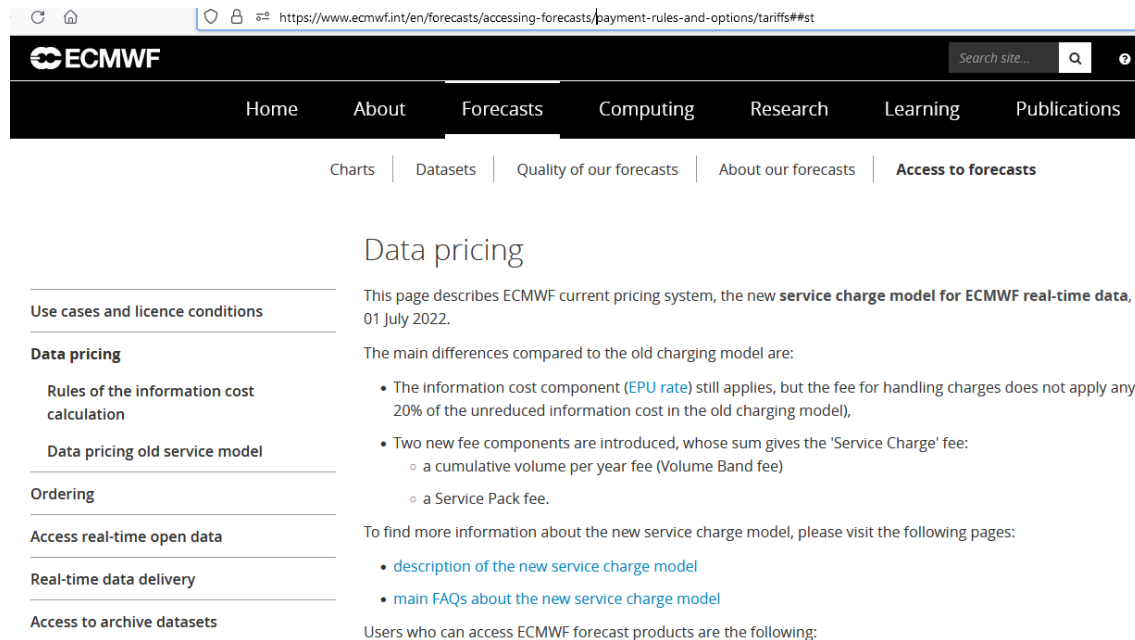
ECMWF: Commercial users

- Full catalogue in real time at full resolution
- Including model levels
- GRIB2 output format
- Fee depending on data volumen, band fee.
- Puede superar a los 100.000 €/año

ECMWF: real time graphics via EcCharts

- Full catalogue and resolution in real time
- Only graphic output via ecCharts
- 1000 € for WMO members

ECMWF Data pricing



The screenshot shows the ECMWF website page for 'Data pricing'. The URL is <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/accessing-forecasts/payment-rules-and-options/tariffs##st>. The page features a navigation menu with 'Home', 'About', 'Forecasts', 'Computing', 'Research', 'Learning', and 'Publications'. Below the menu, there are sub-navigation links: 'Charts', 'Datasets', 'Quality of our forecasts', 'About our forecasts', and 'Access to forecasts'. The main content area is titled 'Data pricing' and includes a sub-section 'Data pricing' with a list of bullet points. The page also has a sidebar with links to 'Use cases and licence conditions', 'Data pricing', 'Ordering', 'Access real-time open data', 'Real-time data delivery', and 'Access to archive datasets'.

Use cases and licence conditions

Data pricing

- Rules of the information cost calculation
- Data pricing old service model

Ordering

Access real-time open data

Real-time data delivery

Access to archive datasets

Data pricing

This page describes ECMWF current pricing system, the new **service charge model for ECMWF real-time data**, w 01 July 2022.

The main differences compared to the old charging model are:

- The information cost component (**EPU rate**) still applies, but the fee for handling charges does not apply anymore (20% of the unreduced information cost in the old charging model),
- Two new fee components are introduced, whose sum gives the 'Service Charge' fee:
 - a cumulative volume per year fee (Volume Band fee)
 - a Service Pack fee.

To find more information about the new service charge model, please visit the following pages:

- [description of the new service charge model](#)
- [main FAQs about the new service charge model](#)

Users who can access ECMWF forecast products are the following:

SRNWP Consortia in Europe

ACC RD

A Consortium for CO₂vection-scale modelling
Research and Development

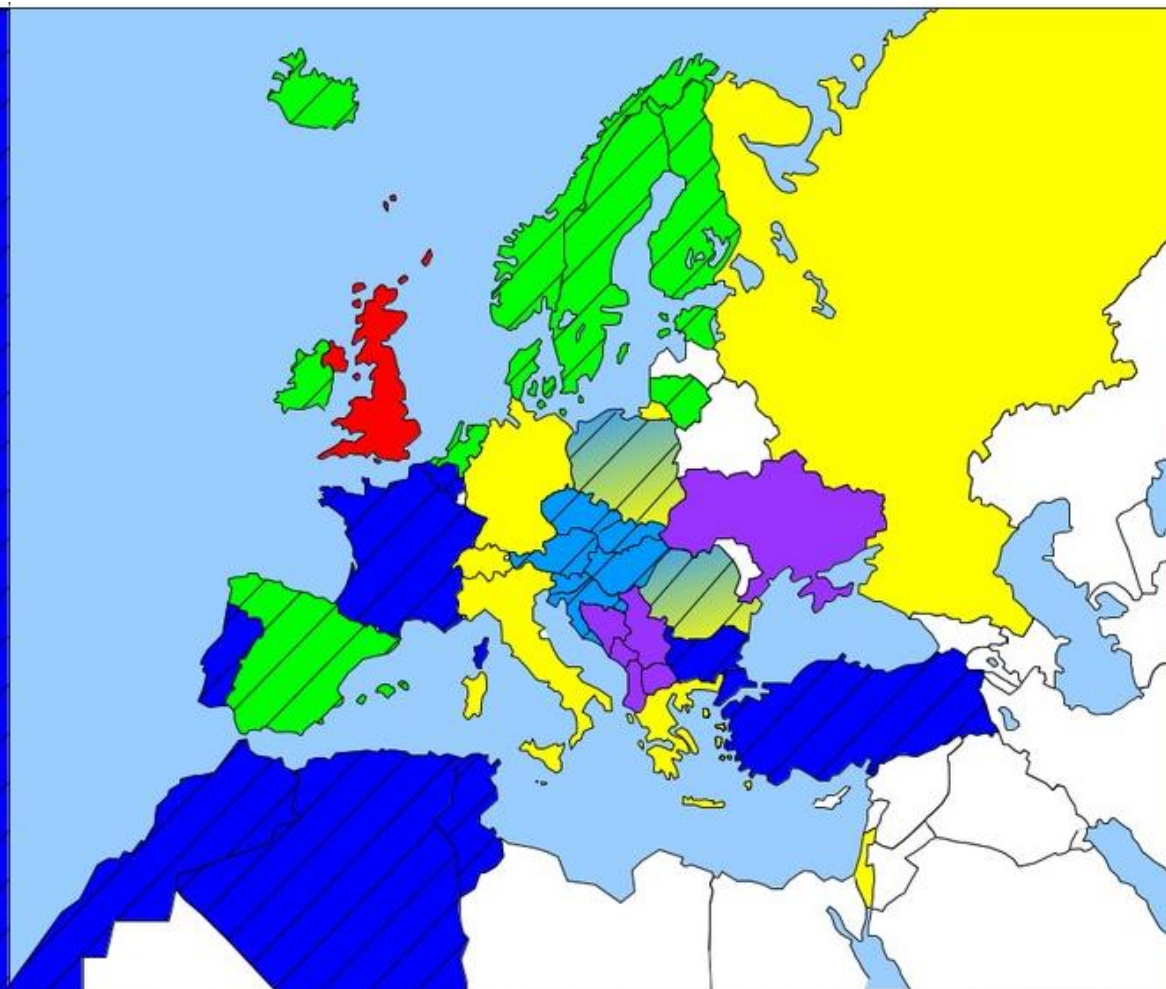
ACCORD

Algeria
Belgium
Bulgaria
France
Morocco
Portugal
Tunisia
Turkey

Austria
Croatia
Czech Rep.
Hungary
Poland
Romania
Slovakia
Slovenia



Denmark
Estonia
Finland
Iceland
Ireland
Lithuania
Netherlands
Norway
Spain
Sweden



SEECOP

Albania
Bosnia-Herzegovina
North Macedonia
Montenegro
Serbia
Ukraine



UKMO
United Kingdom

COSMO

Germany
Greece
Israel
Italy
Poland
Romania
Russia
Switzerland



Modelos Regionales de Área Limitada

Objetivo:

- Mejorar la simulación de los fenómenos locales
 - Uso de observaciones locales y parametrizaciones especiales
- Flexibilidad para generar productos y adaptarse a los usuarios
- Rapidez en la disponibilidad de las integraciones. Se pueden generar productos para el nowcasting

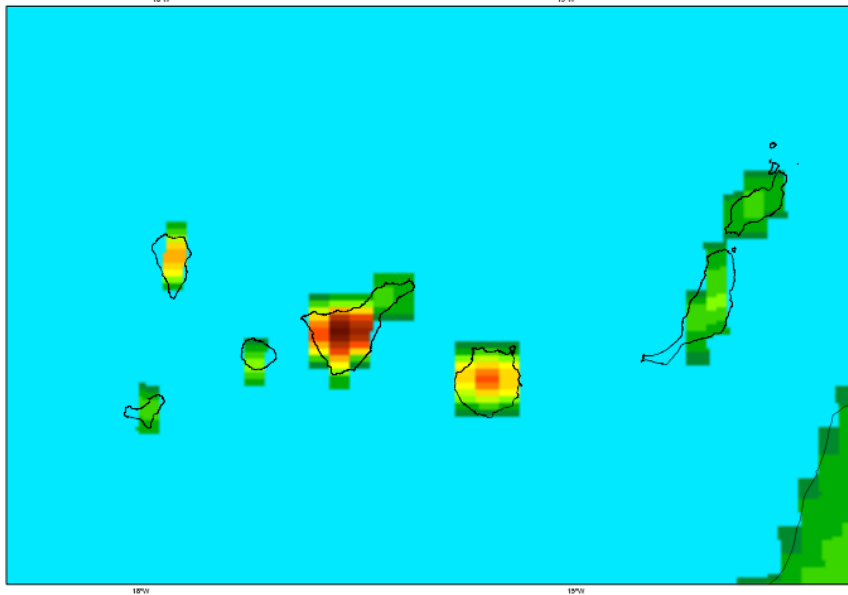
Problema:

- Requiere ordenadores grandes para uso operativo
- Y bastantes recursos humanos para desarrollarlos y mantenerlos
- Necesitan CC de un modelo global

Orografía ECMWF vs HARMONIE-AROME

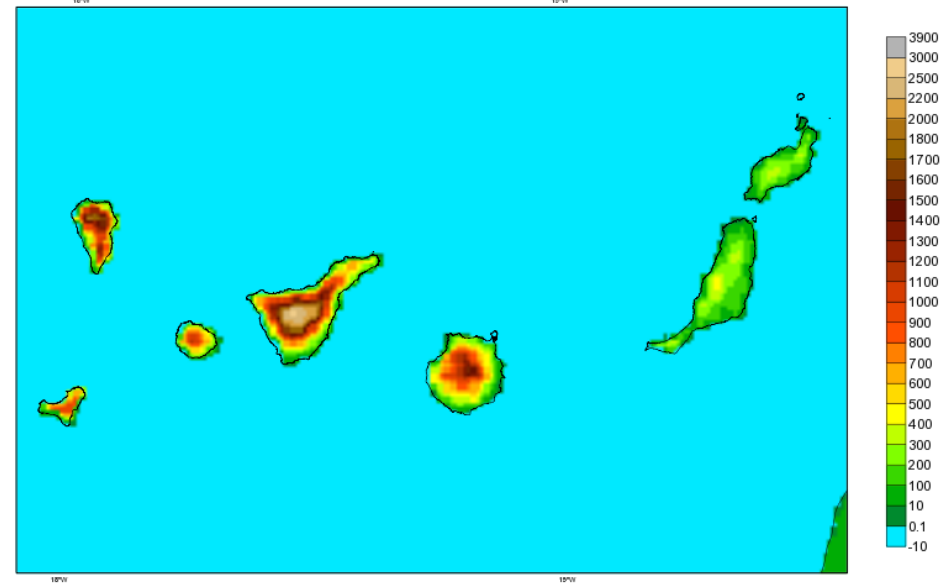
ECMWF T1279

cHAR Orografía
02-08-2016 06z H+0 Valido: Tuesday 02-08-2016 06z



HARM 2.5 km

HARM Harmonie 2.5 km Orografía (m)
12-06-2017 00z H+1 Valido: Monday 12-06-2017 01z



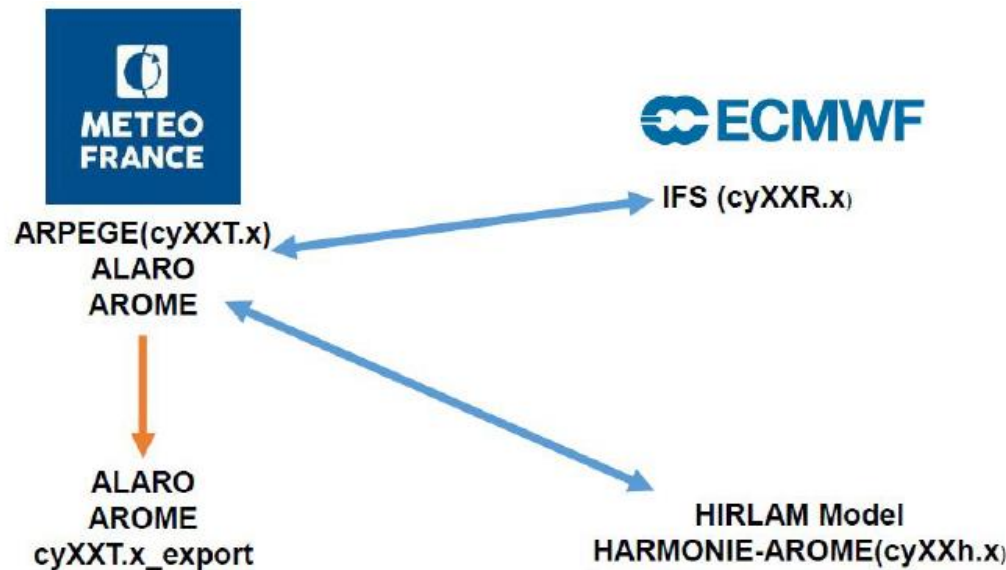
- El aumento de la resolución permite que la **convección profunda pueda tratarse explícitamente**
 - ECMWF todavía es un modelo hidrostático y parametriza al convección profunda
- Aunque todavía lejos de las resoluciones que se necesitan para representar los barrancos de las islas por ejemplo
- El coste del incremento de la resolución (**x8 doblar la resolución**) puede hacer que se utilicen dominios demasiado pequeños lo que puede afectar al desarrollo de la convección

- A Consortium for CONvection-scale modelling Research and Development
- Desde el 1 de enero de 2021
- 26 Servicios Meteorológicos de Europa y el Norte de África
- Desde 1993 AEMET formaba parte de un consorcio más pequeño llamado HIRLAM
- El objetivo del Consorcio es desarrollar un sistema de modelización regional avanzado para la predicción de corto plazo e inmediata
- Por motivos históricos el sistema incluye 3 modelos:
 - AROME-France
 - HARMONIE-AROME
 - ALARO

} *Bastante parecidos*

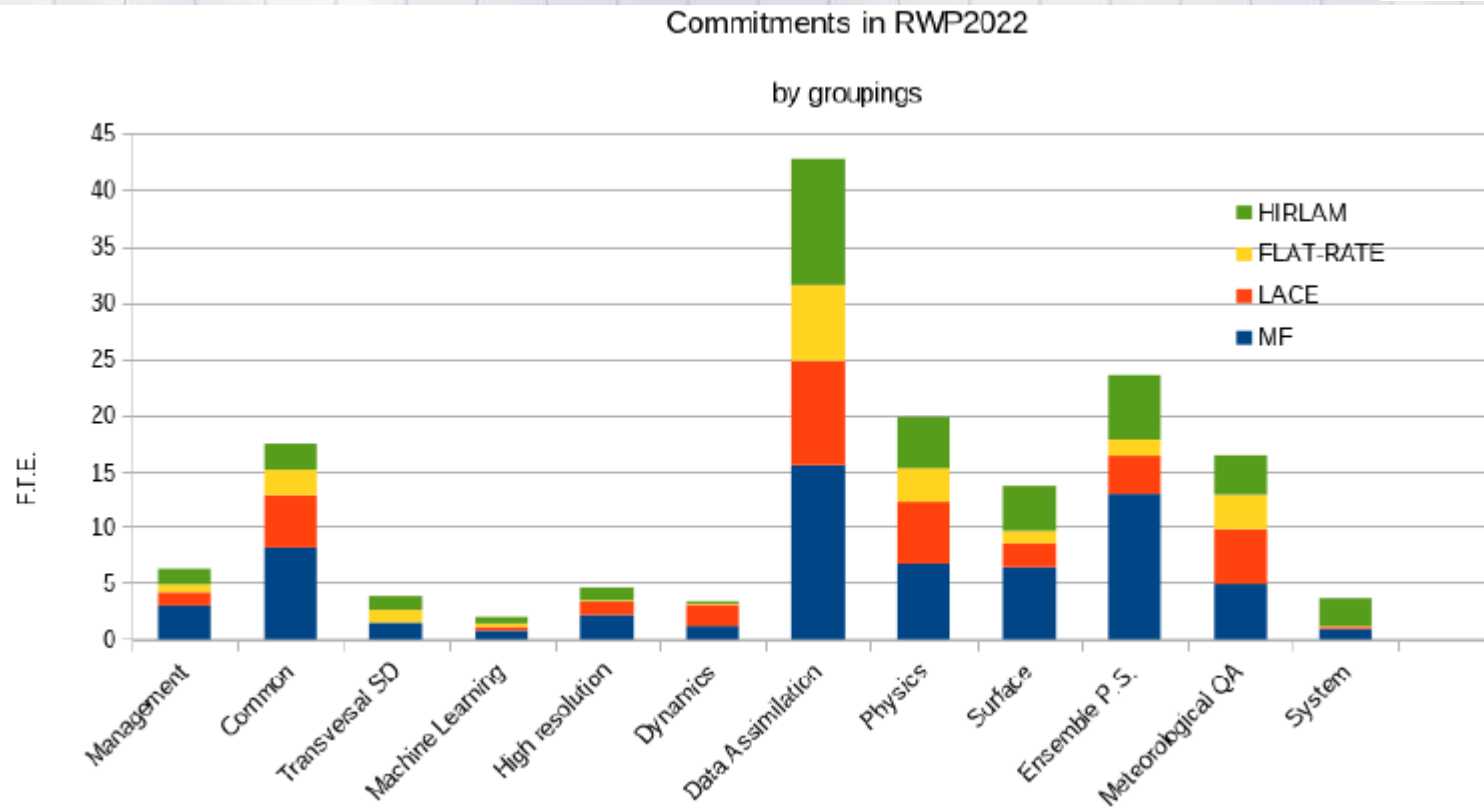


- Se pretende la convergencia entre los LAM de ACCORD pero está siendo un proceso lento y difícil
- Además el código compartido incluye también los modelos globales IFS (ECMWF) y ARPEGE (Meteo-France)



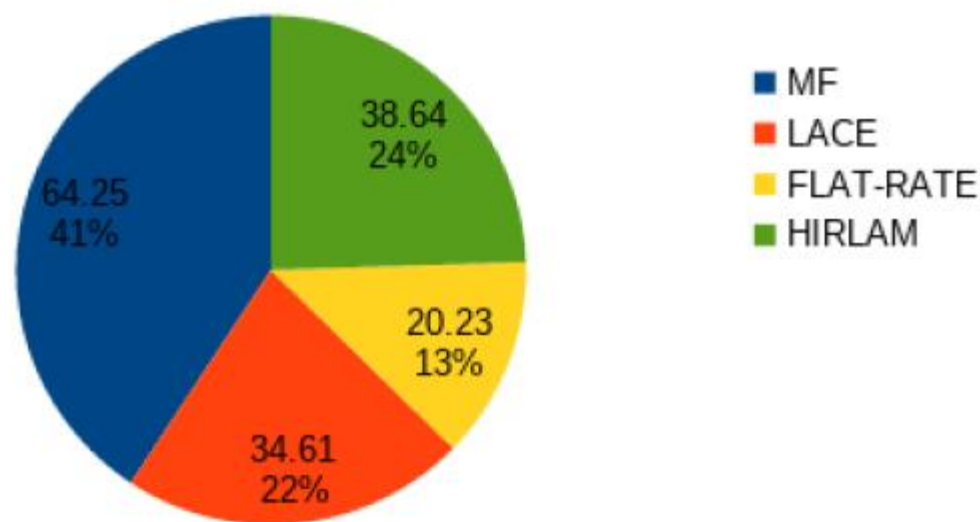
- Evolución del código:
 1. **R cycle:** ECMWF
 2. **T cycle:** Meteo-France y ECMWF juntan las actualizaciones de sus modelos globales
 3. Se incluyen las actualizaciones de los LAM (AROME y ALARO)
 4. **H cycle** se incluyen las actualizaciones de HARMONIE-AROME

- La configuración/integración operativa/sistemas de supercomputación es responsabilidad de cada Servicio Meteorológico
 - Aemet integra operativamente el modelo HARMONIE-AROME a una resolución de 2.5 km y hasta H+72
- HARMONIE-AROME es un sistema completo de modelización: incluye Preproceso, Asimilación de Datos, Modelo de Predicción y EPS
- Los códigos AROME-France y HARMONIE-AROME son bastante parecidos
 - Difieren en los algoritmos de asimilación utilizados
 - Meteo-France integra su modelo operativo a 1.3 km de resolución



- Del orden de **160 científicos a tiempo completo** aunque resultados de muchas contribuciones a tiempo parcial (menos eficiente)
- La **asimilación de datos** supone un % importante: Diversos **algoritmos** en desarrollo (3DVar, 4DVar, EnVar) y muchas **observaciones** (distintos satélites/sensores, nuevas observaciones)
- Nuevas áreas temáticas todavía con dedicación insuficiente: Adaptación a las **nuevas tecnologías** de supercomputación, **Machine Learning**

breakdown by groupings (F.T.E. and percentage)



- Meteo-France tiene un papel destacado en el Consorcio
- La familia HIRLAM representa del orden del 25% de la contribución

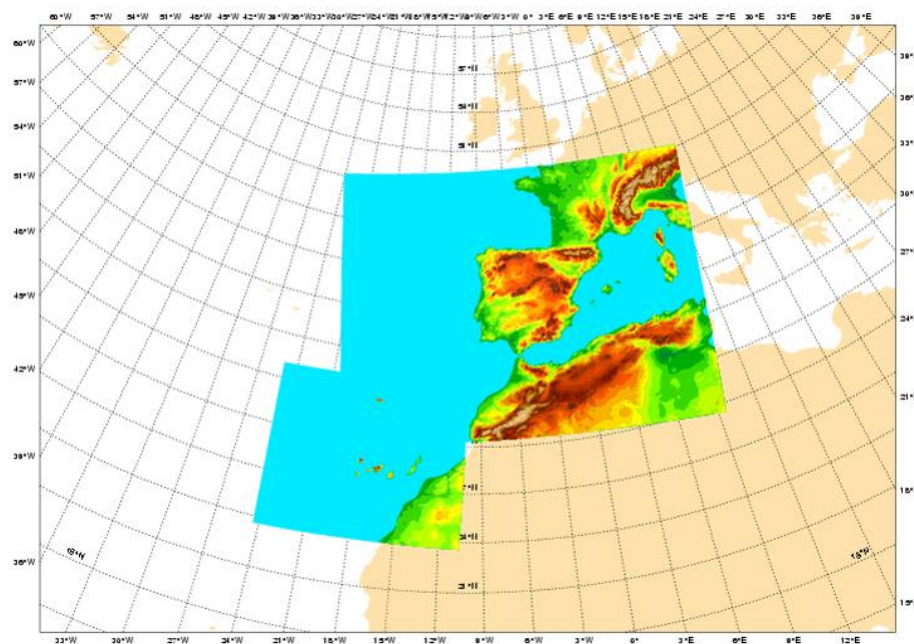
Versión operativa en AEMET

La configuración/mantenimiento de las versiones operativas es responsabilidad de cada Servicio Meteorológico

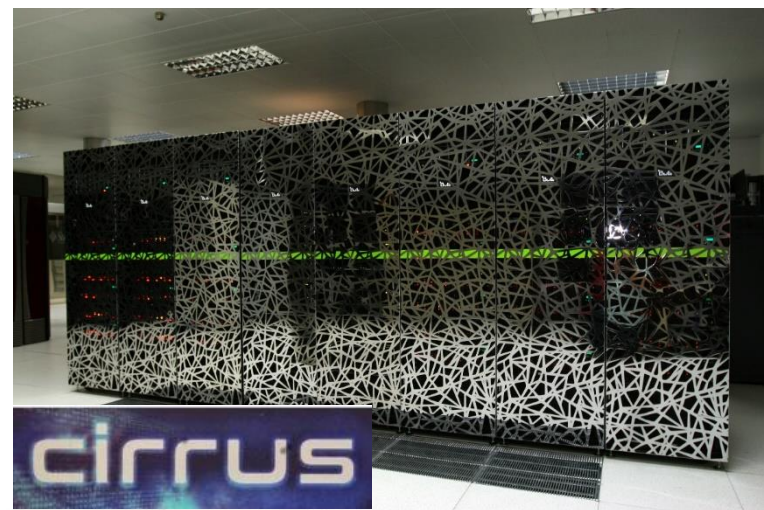
- HARMONIE-AROME cy43h2.1.1
 - **H+72** cada 6 horas

- Nuestro objetivo es incluir las nuevas versiones lo antes posible
- Aumentar el número de observaciones asimiladas
- Necesitamos algunos tunings específicos al tener una climatología distinta

- **Cirrus:** HPC con 2 clusters con 192 nodos de computo cada uno
- Adquirido en leasing para el periodo 2021-2025

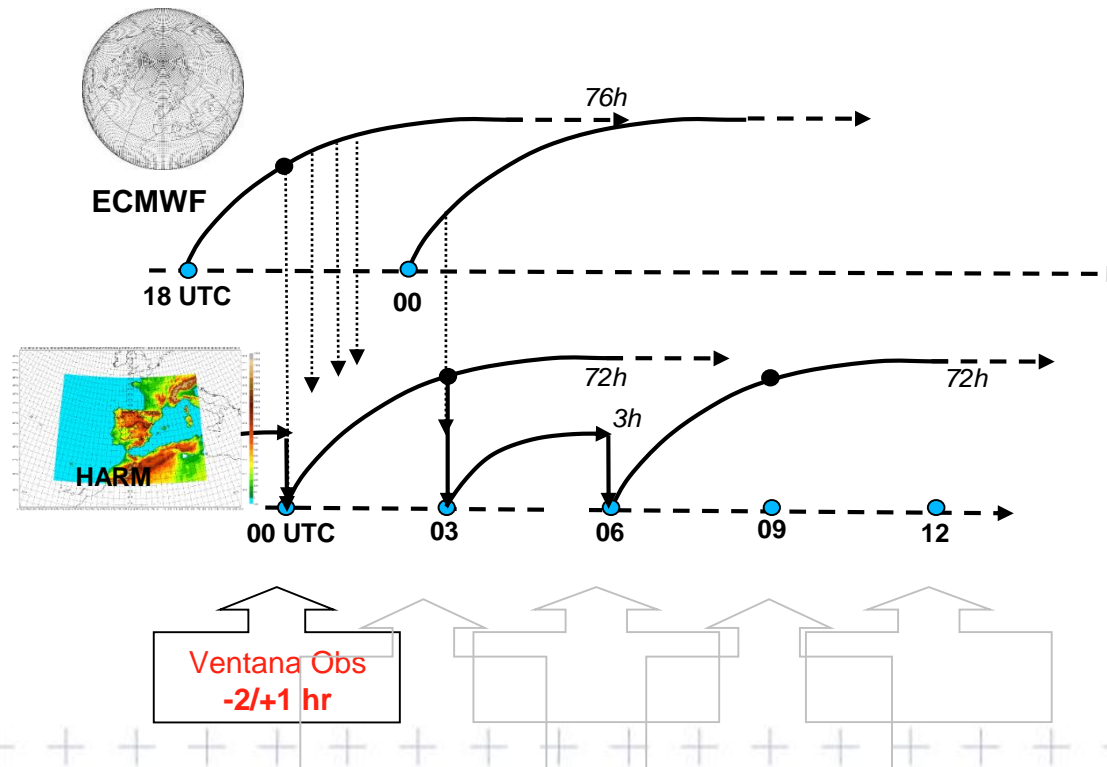


BULL-ATOS HPC



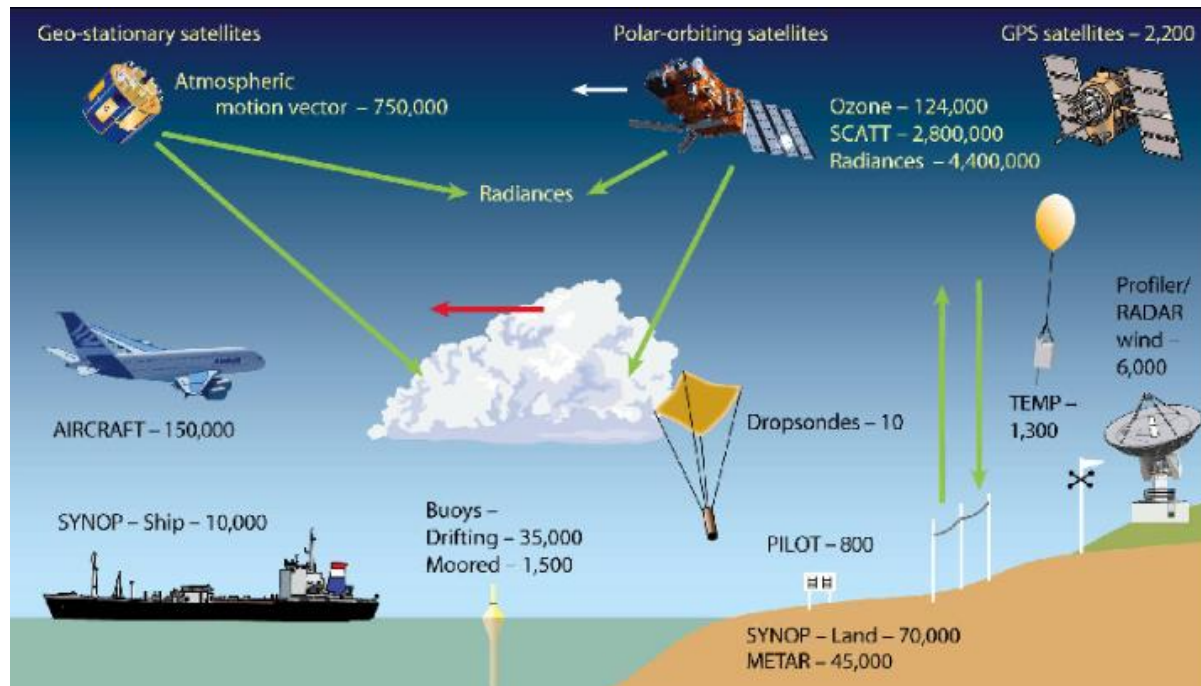
Ciclos de asimilación/predicción

- Los ciclos asimilación/predicción son autónomos pero se tiene en cuenta la predicción H+6 de ECMWF del ciclo anterior en el estado inicial para las escalas grandes (Large Scale Mixing)



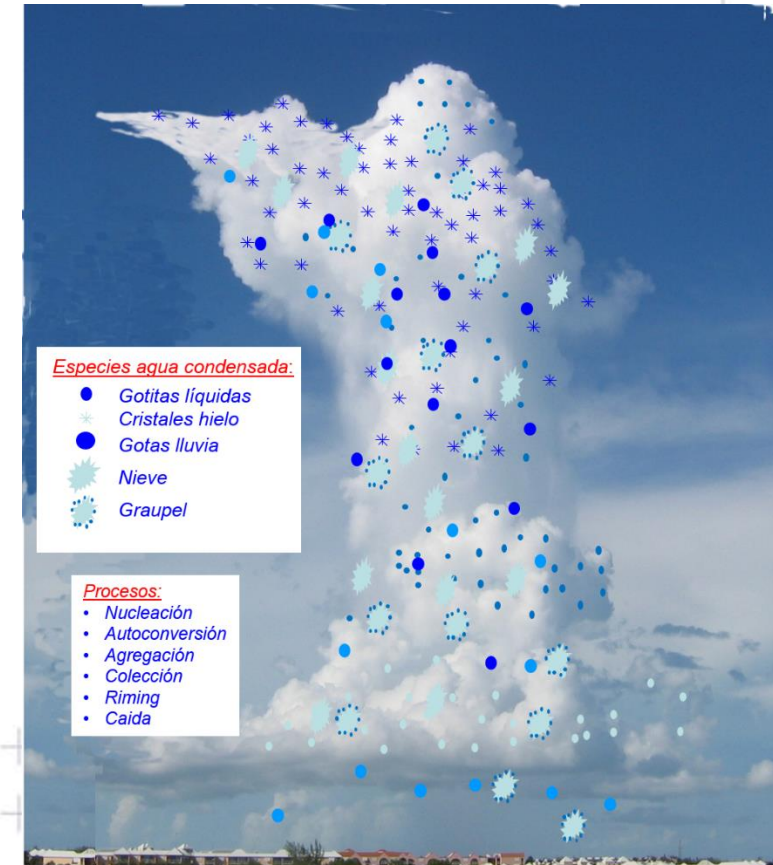
Observaciones asimiladas

- Esquema **3DVar** con análisis **cada 3hr** e integraciones largas cada 6 hr
- Obs de sondeos, aviornes, reflectividades radar, GNSS ZPD, escaterómetros, radiancias satélite (AMSU, IASI y SEVIRI).
- En desarrollo vientos radar y datos Mode-S aviones, esquema 4DVar



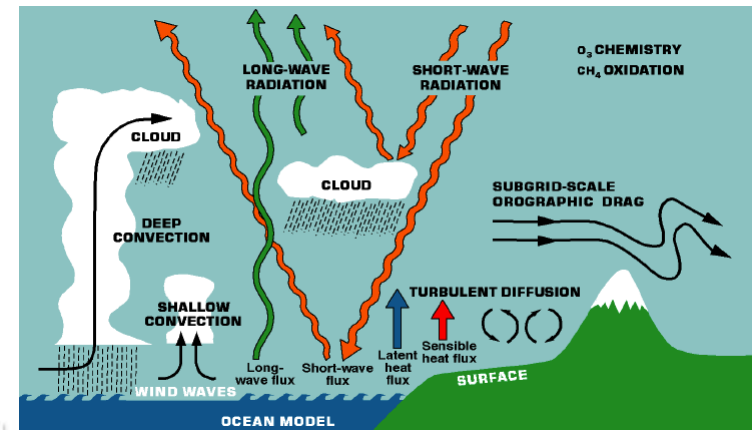
Parametrizaciones físicas

- **Modelos convection-permitting: la convección profunda se trata explícitamente**
- La tratan la dinámica/microfísica/turbulencia
- **Microfísicas bastante complejas: 5 variables de predicción para distintas especies de agua condensada**
- **Este tipo de modelos no representan bien la convección que se inicia en niveles medios**
- El ciclo diurno de la precipitación se representa mucho mejor que en modelos que parametrizan la convección



Parametrizaciones físicas

- En estos modelos las parametrizaciones físicas siguen siendo **unidimensionales** (vertical) despreciando la variabilidad horizontal
 - Esta aproximación deja a ser válida al aumentar la resolución horizontal
 - < 500 m la **convección somera** empieza a resolverse explícitamente
 - < 200 m hay que considerar los efectos horizontales en la **turbulencia**
 - En la **radiación** los efectos 3D (sombras) pueden ser relevantes

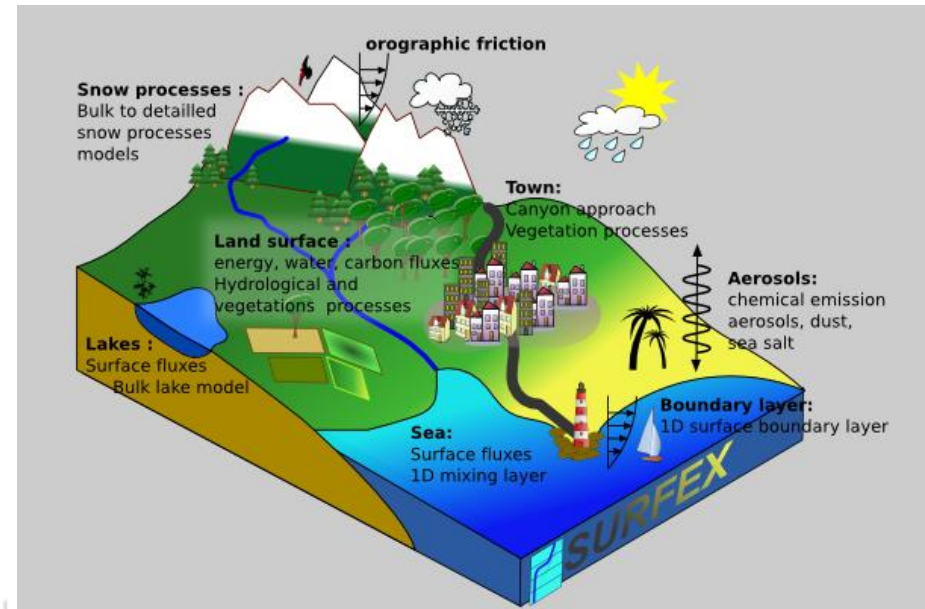


Inclusión de aerosoles en tiempo casi real

- Suelen considerarse aerosoles climatológicos (constantes) tanto en la radiación como en la microfísica
- Está bastante avanzado la inclusión de aerosoles predichos por modelos globales (Copernicus).
 - Impacto en la radiación
 - Impacto en las nubes y la microfísica

Parametrizaciones de Superficie

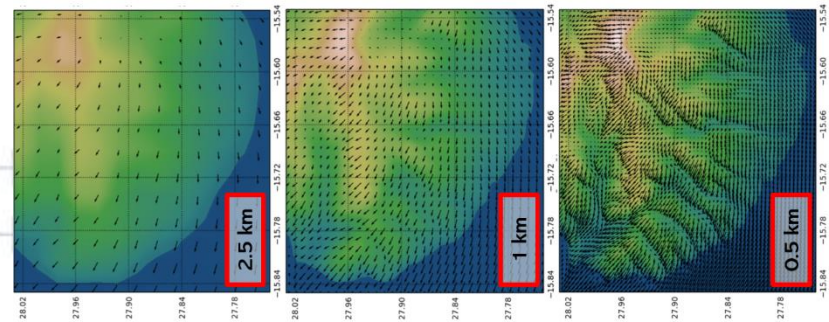
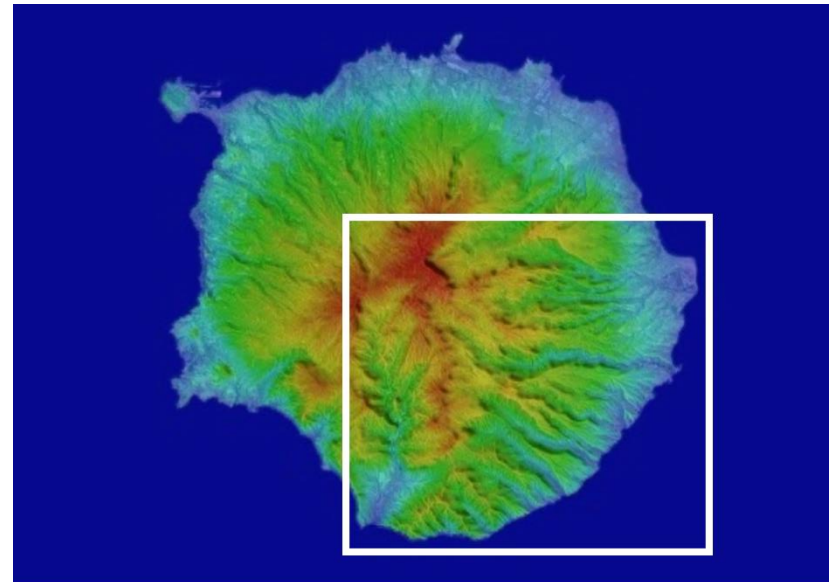
- Modelo de teselas: HARMONIE-AROME considera 4 sub-rejillas en cada grid del modelo
- Esquema muy sofisticados que incluyen varios modelos
 - Modelo vegetación
 - Modelo urbano
 - Modelo de nieve
- Además se incluye un análisis para las variables de superficie que inicializa las variables de superficie (Interpolación Óptima)



Muy alta resolución (km and sub-km)

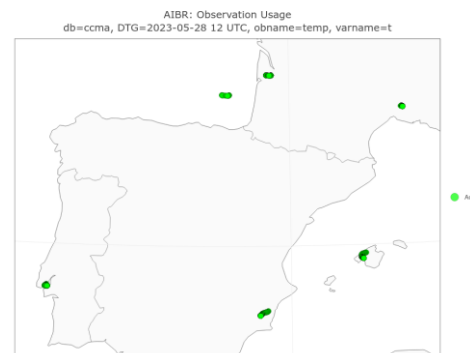
- Actualmente hay mucha actividad en Europa tratando de adaptar los modelos **para escalas sub-kilométricas**: Los modelos corren pero el problema no está bien resuelto todavía
- Gran impulso de la union Europea con la Iniciativa Destination Earth: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth>

Hay que tener en cuenta que para **duplicar** la resolución hay que aumentar el numero de puntos/memoria. Recursos de computo necesarios **x8**. Se necesitan ordenadores muy potentes



En desarrollo un Ensemble para Nowcasting

- Integraciones que tienen que estar **disponibles en menos de 1 hora** para que las predicciones sean útiles para la **predicción inmediata**
- Sólo pueden utilizar **observaciones de disponibilidad rápida (tempo de espera máx 25 minutos)**
 - Observaciones de superficie
 - Algunos sondeos (aprox la mitad) →
 - Observaciones aviones
 - Observaciones radar
 - GNSS GPS
- En pruebas **versión de 1.25 km con integraciones H+12 cada hora**
- **Ensemble de hombre pobre: Combinar estas integraciones para tener una predicción probabilística H+6 cada hora**
- **Muy útiles en la generación de avisos y en las predicciones para el transporte**



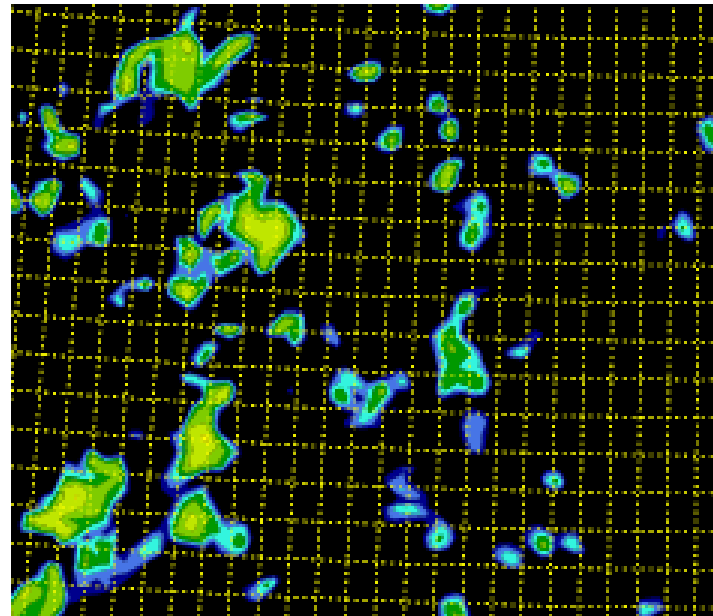
United Weather Centers: Colaboración entre SMN para cooperar también a nivel operativo



- Contexto: Sistemas de modelización cada vez más complejos
- Cambio en las tecnologías de supercomputación: Ordenadores exascale, GPUs
- **Aemet se ha integrado en un nuevo consorcio** los llamados United Weather Centers para compartir recursos no sólo en el desarrollo de los modelos si no también en su uso operativo
 - También se incluye el preproceso y postproceso
 - Se comparten los recursos de supercomputación

Resolución efectiva (procesos resueltos)

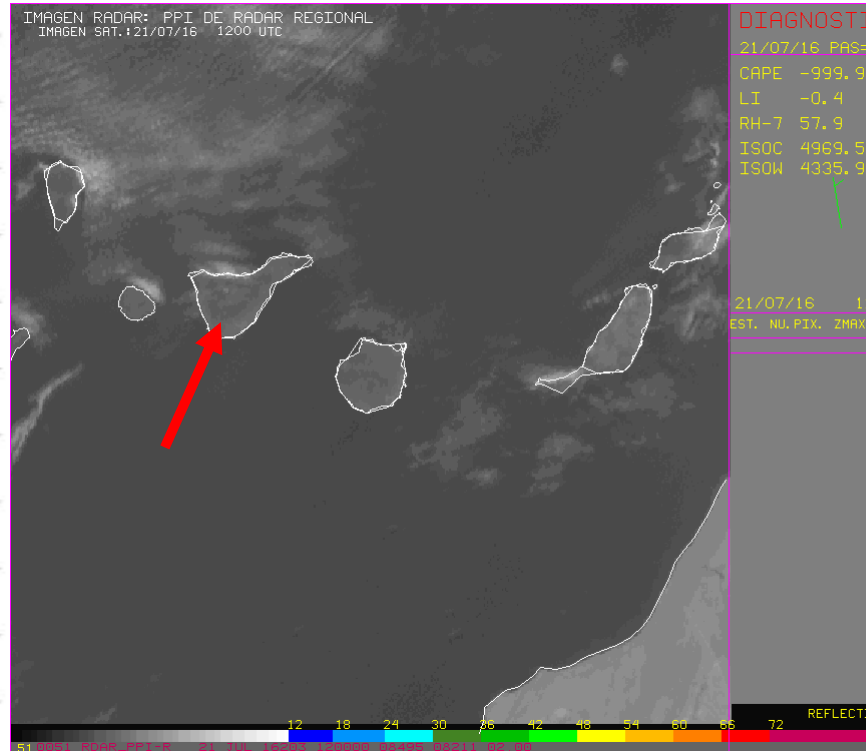
- Debido a las aproximaciones numéricas, discretizaciones, limitaciones de las parametrizaciones , un modelo sólo será capaz de resolver procesos que ocurran a escalas de al menos 6 veces su resolución horizontal
- HARMONIE- AROME ~ 15 km ECMWF-HRES ~ 50 km



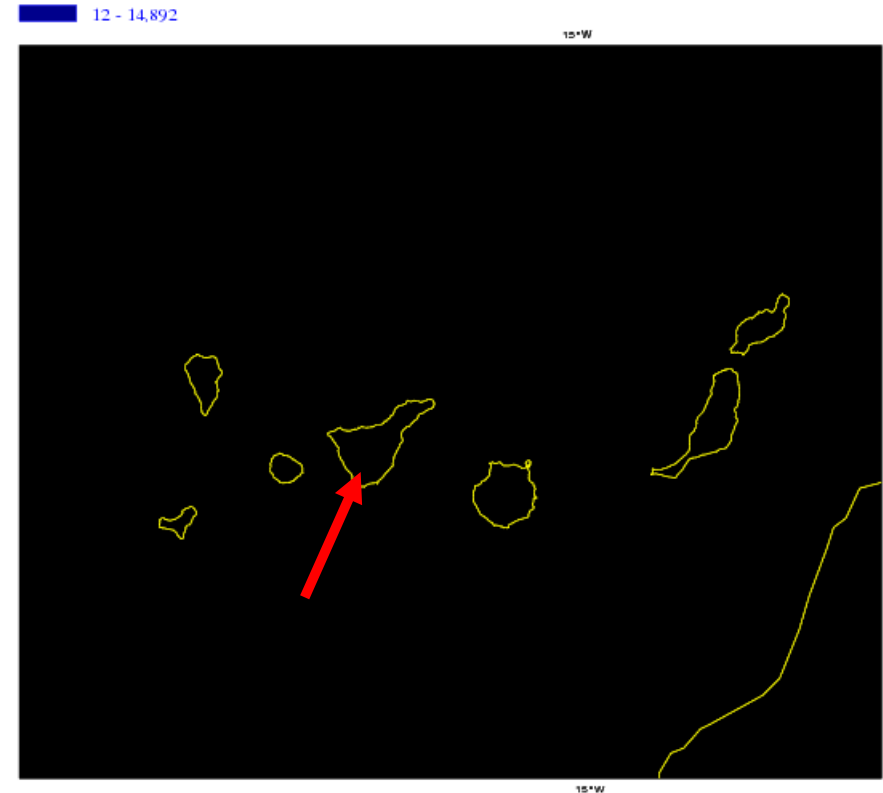
Convección superponiendo una malla de 15 km de resolución que podría considerarse la resolución efectiva del modelo

Convergencia de brisas/convección

Convección de pequeña escala pero con un claro forzamiento geográfico/orográfico

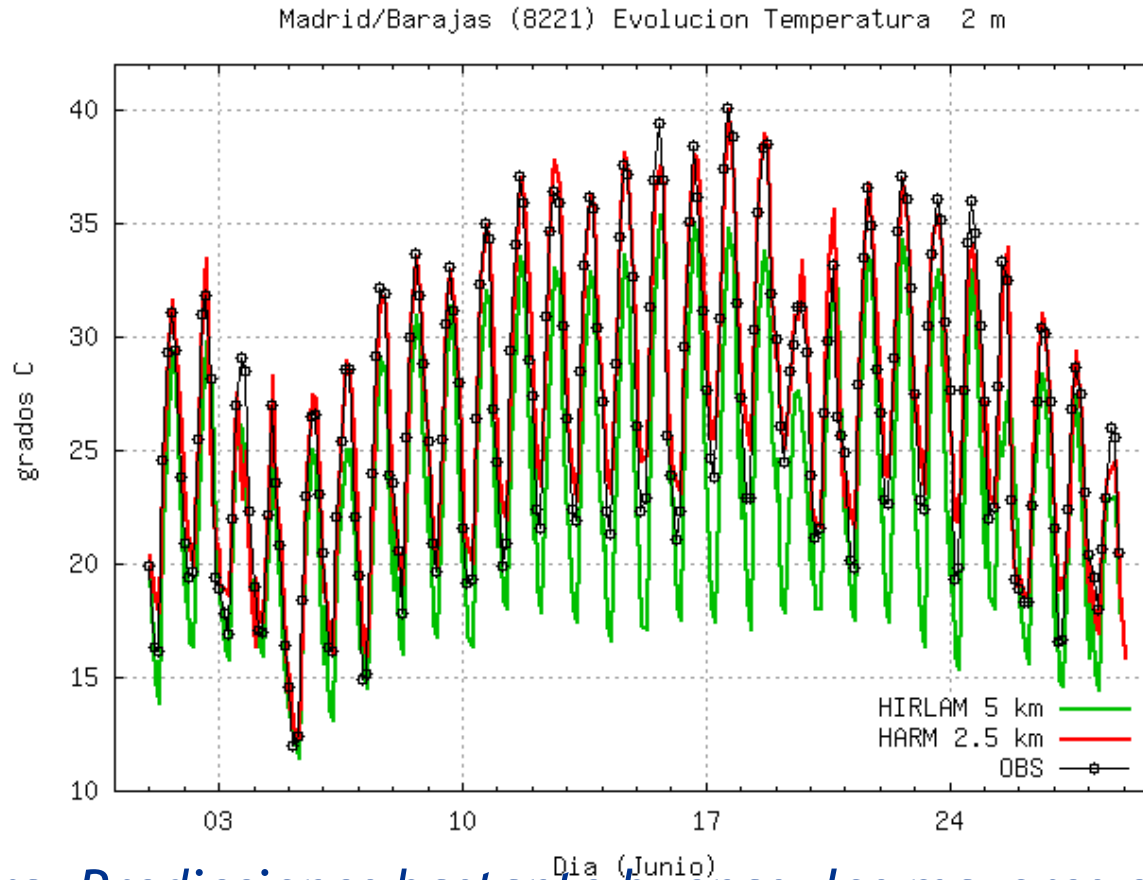


CHAR Reflectividad 300m (dBZ)
21/07/2016 00z H+ 12 Valid: 21/07/2016 12z



Cuando existe un forzamiento orográfico la predecibilidad es mucho mayor

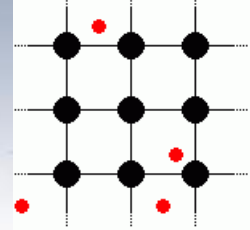
Predicción de las temperaturas de Junio 2017



- *Temperatura: Predicciones bastante buenas, los mayores errores se encuentran en situaciones con mucha estabilidad*
- *Los efectos urbanos se incluyen de una forma sencilla (parcial)*
- *Todavía hay espacio para postprocesos de tipo estadístico que mejoren las predicciones*

Verificación objetiva frente al modlo global

Utilizando obs de synops: T2m, RH2m



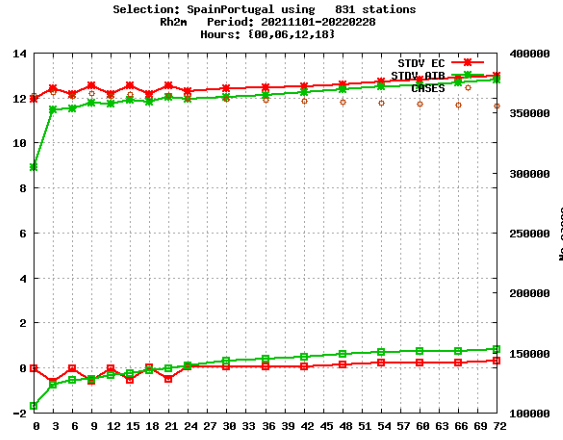
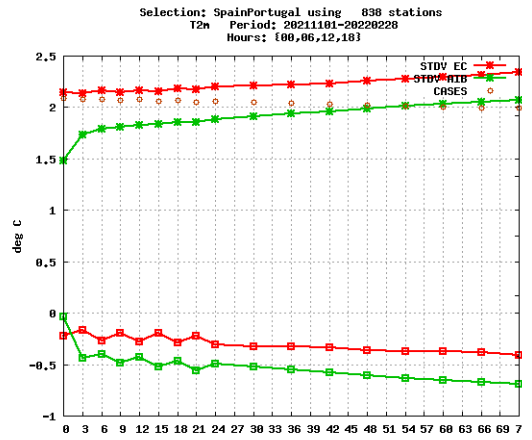
En función del alcance de la predicción

- ECMWF
- HARM-AROME
- Gridpoints = Target locations
- Stations = Source locations

T 2m

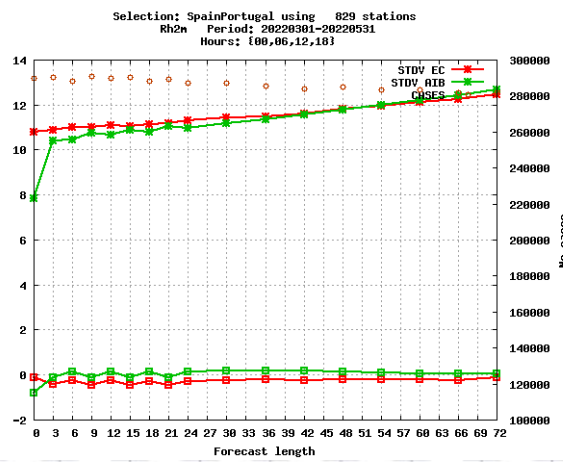
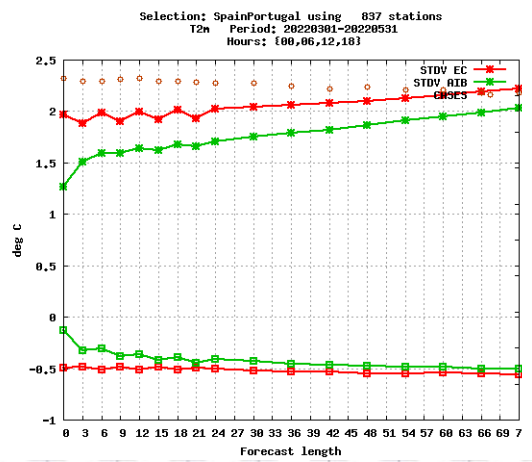
RH 2m

STDV, Bias



Nov-Feb 2022

STDV, Bias



Mar-May 2022

Difícil de verificar estas resoluciones ya que las redes oficiales de observación no tienen suficiente resolución

Verificación frente a synops: V10m, Rachas

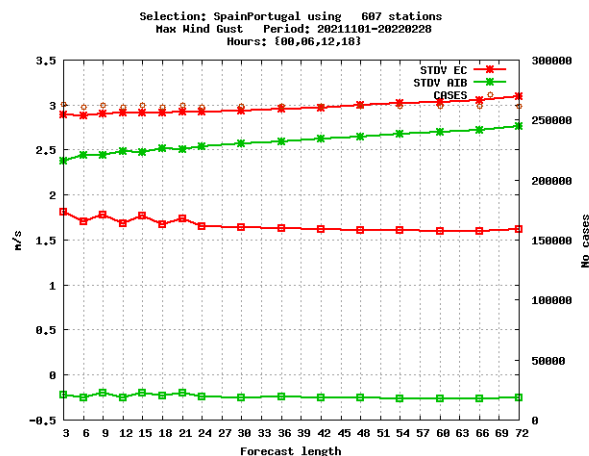
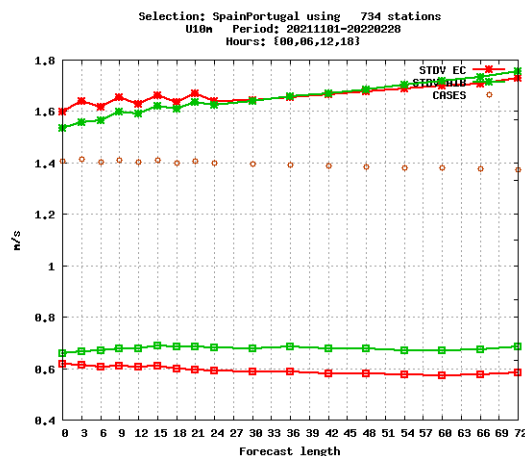
En función del alcance de la predicción

FF

Racha

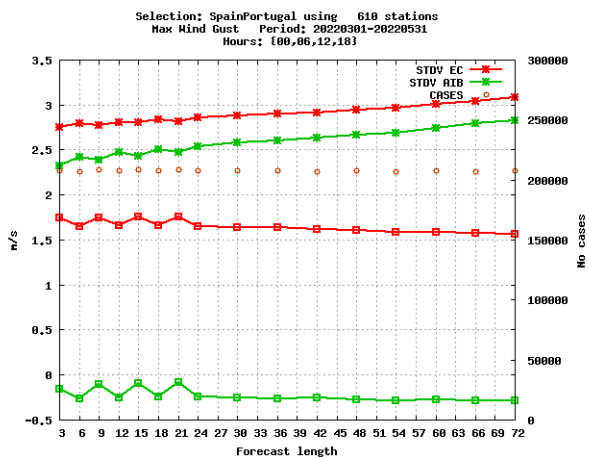
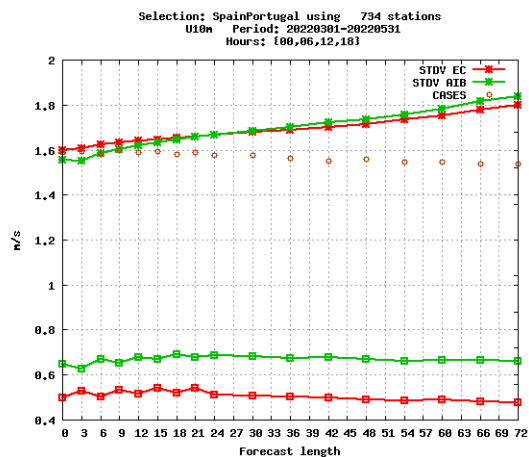
- ECMWF
- AIB

STDV, Bias



Nov-Feb
2022

STDV, Bias



Mar-May 2022

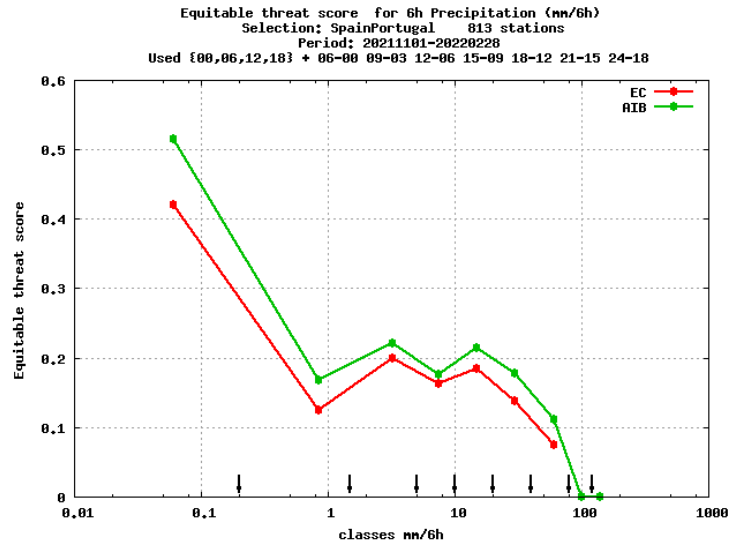
El valor añadido de las predicciones LAM se encuentra en las variables de superficie, no de altura

ETS Precipitación 6hr

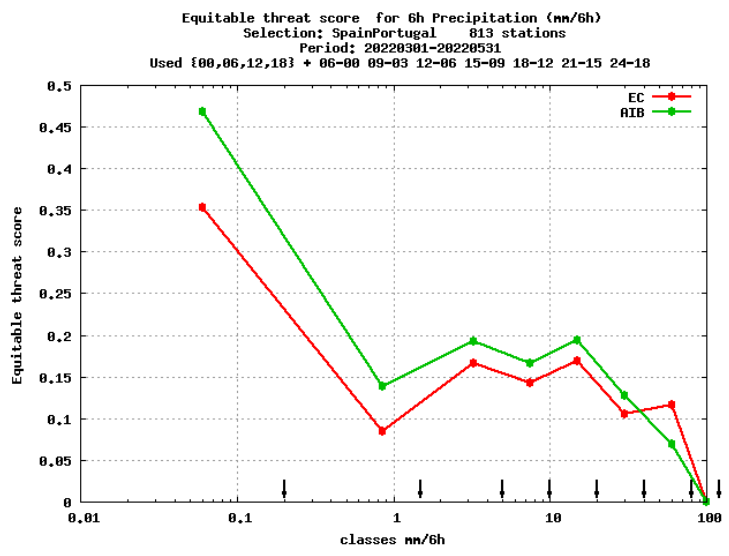
Verificación categórica por intensidades

- ECMWF
- HARM-AROME

Nov-Feb 2022



Mar-May 2022



+
↑
ETS

Clara mejora para todas las categorías lo que sorprende por el problema de la doble penalidad que sufre HARMONIE-AROME

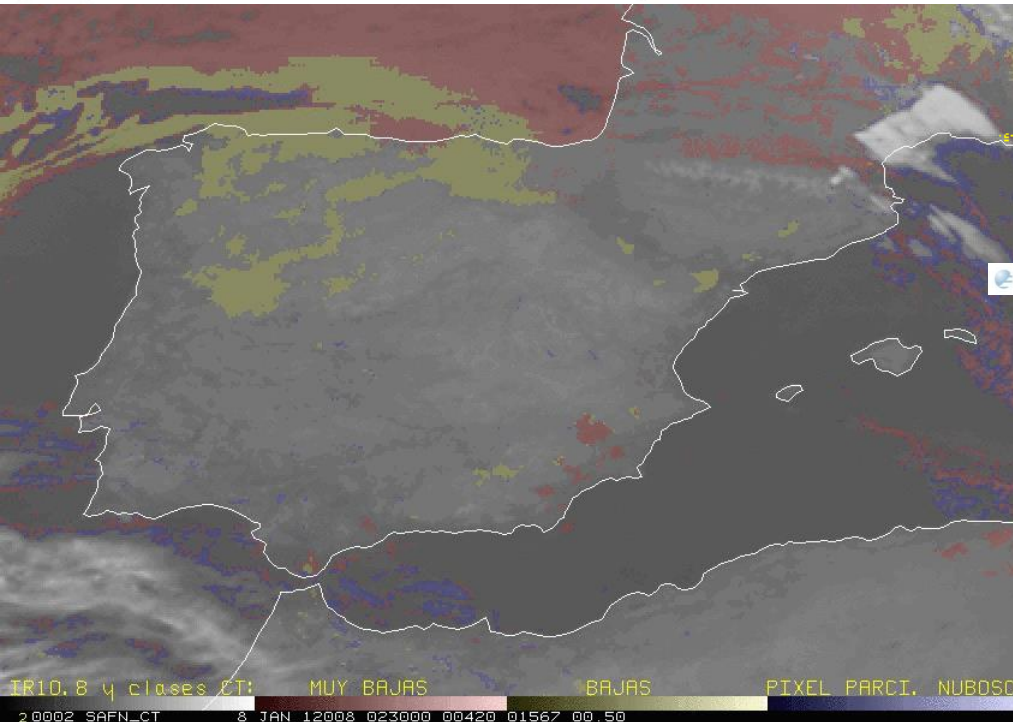
AROME-Harmonie: Nubes bajas/nieblas

8 enero 2013 H+03/30

Obs: *Cloud Type*

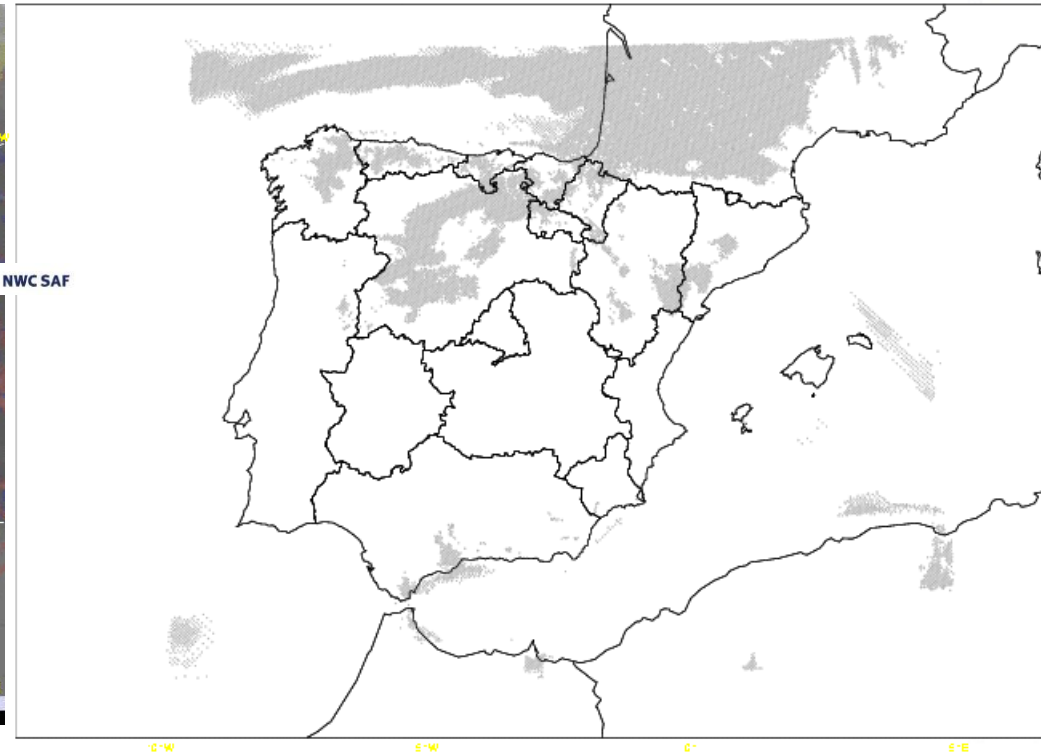
<http://www.nwcsaf.org>

The EUMETSAT
Network of
Satellite
Application
Facilities



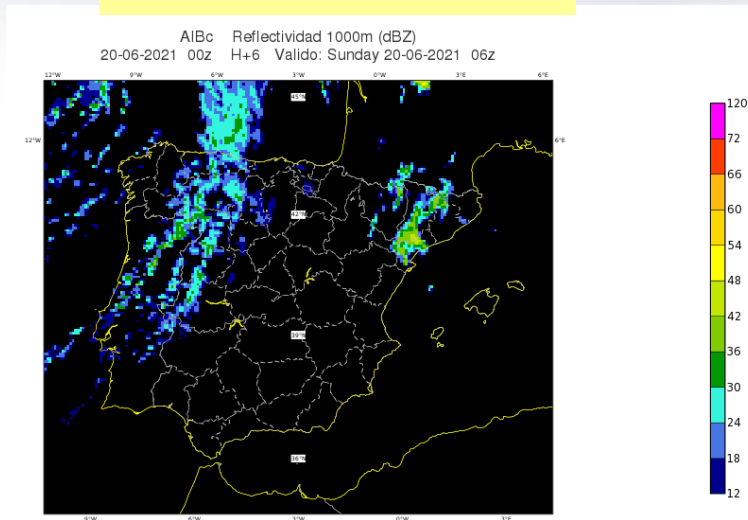
HARM Nubes bajas
08/01/2012 00z HARM H+ 03 Valid: 08/01/2012 03z

20-40 LOW 40-60 LOW 60-80 LOW 80-90 LOW 90-100 LOW



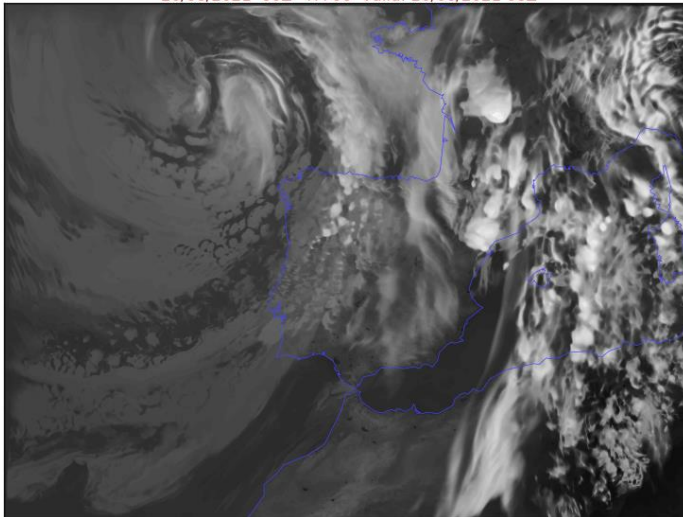
- Todavía con **errores significativos** en la predicción de nieblas (**falsas alarmas**) pero **mejor** que ECMWF

HARMONIE-AROME

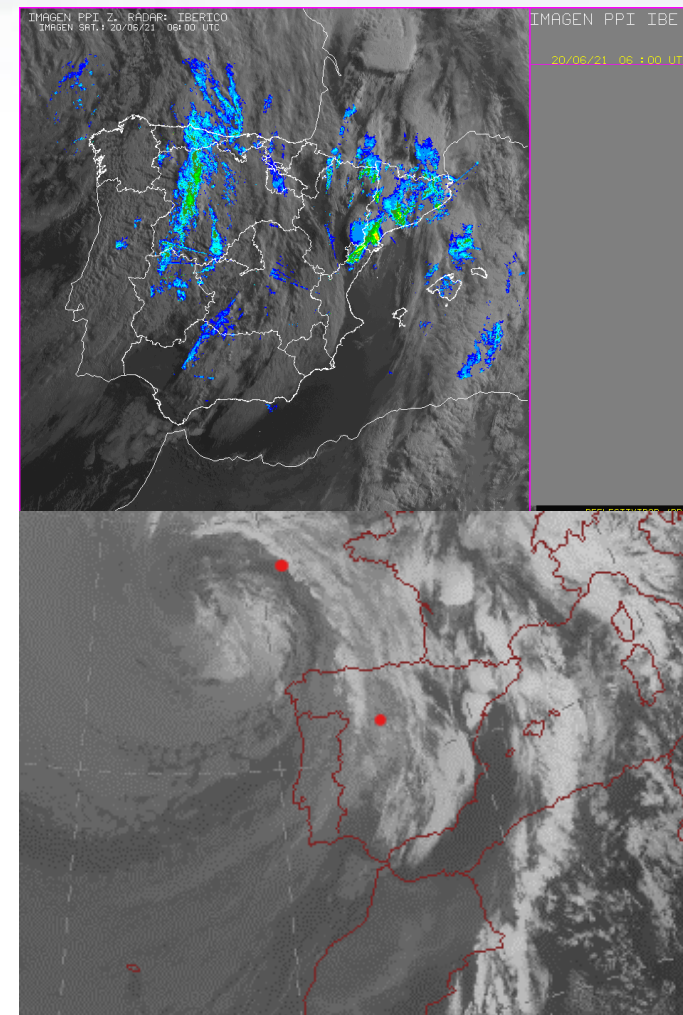


AIBc Pseudo Imagen IR

20/06/2021 00Z H+06 Valid: 20/06/2021 06Z



20-06-2021 at 06 UTC

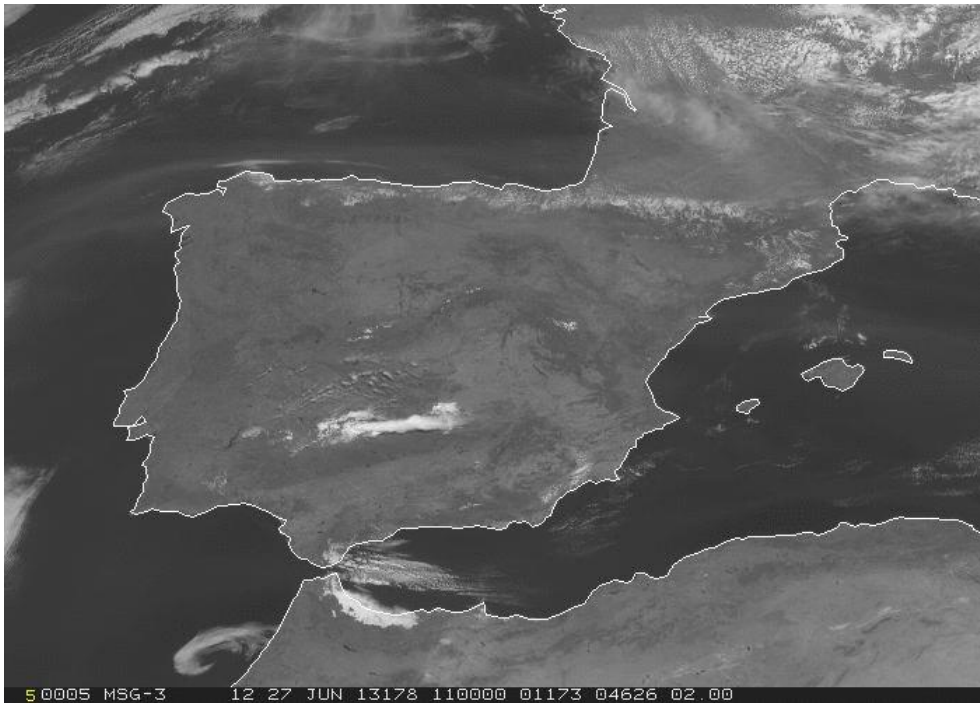


Patrones de precipitación bastante realistas aunque con errores espaciales y temporales. Necesidad de **interpretación probabilística**

Convección masa de aire: Ciclo diario

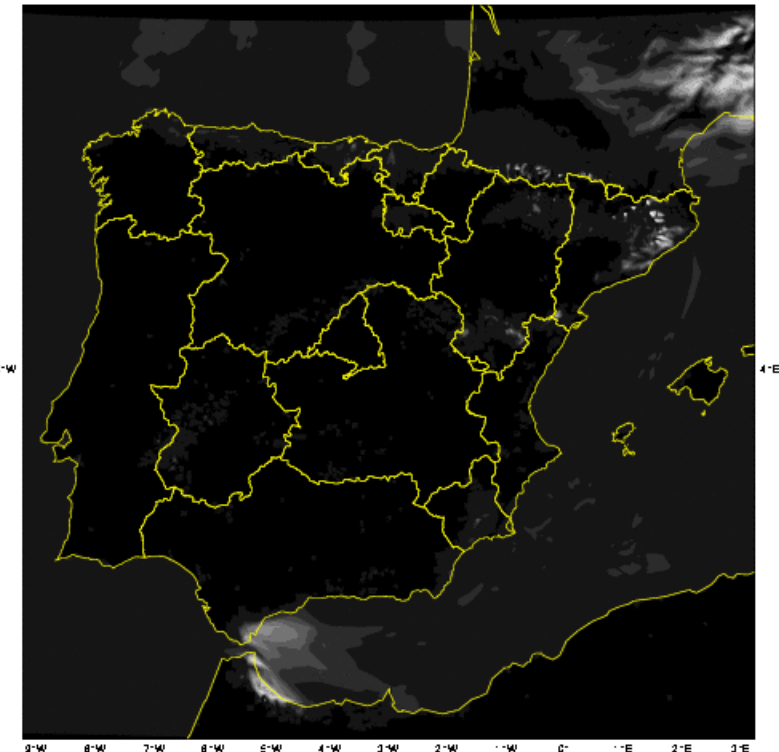
Convección verano (sin forzamiento dinámico).

MSG HRVIS



HARM H+15

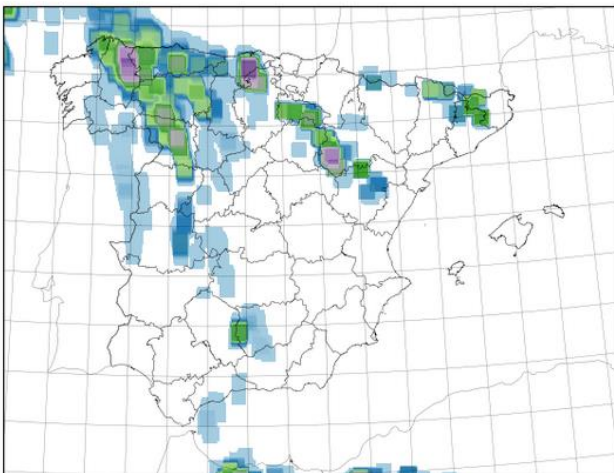
HARM pseudo VISIBLE
27/06/2013 06z HARM H+ 05 Valid: 27/06/2013 11z



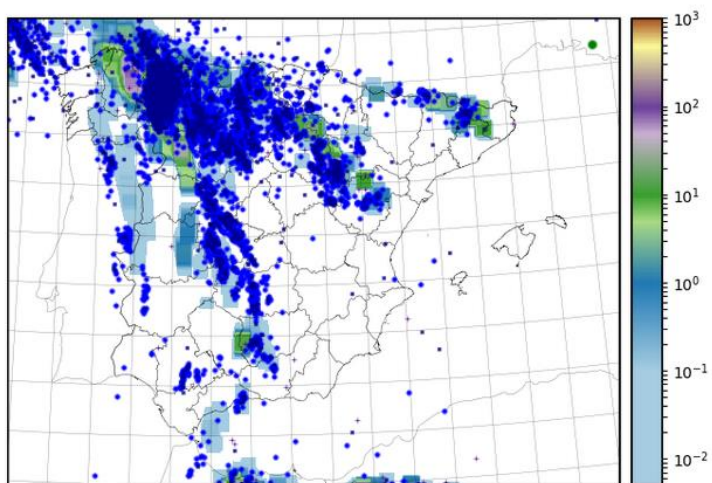
- El ciclo diario de la convección está mucho mejor resuelto en modelos que no parametrizan la convección profunda que tienden a adelantar la ocurrencia de la precipitación

Descargas eléctricas (acumuladas en 24hr)

HARMONIE c43: Densidad de rayos nube-tierra (rayos/100km²)
Pasada: 17-06-2022 00Z Integracion 17-06-2022 00 - 17-06-2022 23Z

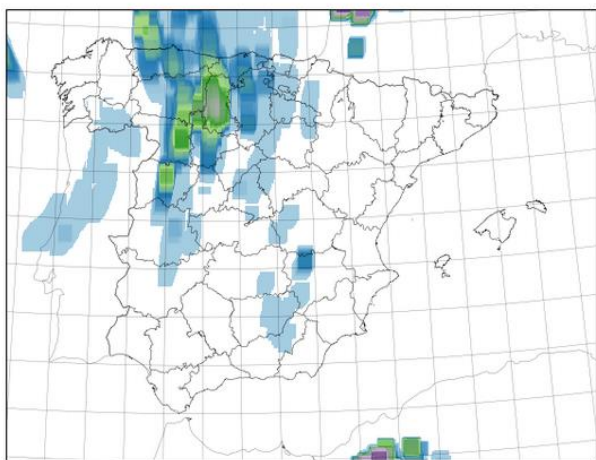


HARMONIE c43: Densidad de rayos nube-tierra (rayos/100km²)
Pasada: 17-06-2022 00Z Integracion 17-06-2022 00 - 17-06-2022 23Z

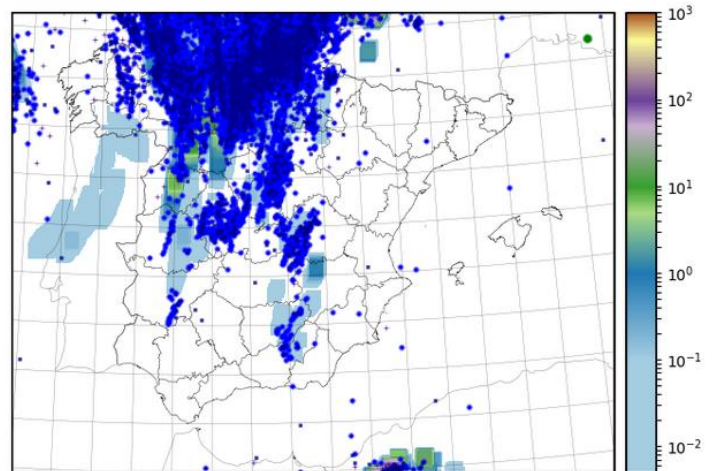


17 jun
2022

HARMONIE c43: Densidad de rayos nube-tierra (rayos/100km²)
Pasada: 18-06-2022 00Z Integracion 18-06-2022 00 - 18-06-2022 23Z



HARMONIE c43: Densidad de rayos nube-tierra (rayos/100km²)
Pasada: 18-06-2022 00Z Integracion 18-06-2022 00 - 18-06-2022 23Z



18 jun 2022

Se usa en la
predicción
aeronáutica

HARMONIE-AROME

OBS

Predecibilidad de las escalas convectivas

Las escalas convectivas son menos predecibles que las escalas sinópticas

- Aunque los modelos No-Hidrostáticos que resuelven la convección producen estructuras de precipitación realistas, la incertidumbre en la localización espacial y temporal puede ser grande.
- Se recomienda una interpretación probabilística de las predicciones
 - Utilizar un ensemble de predicciones
 - O utilizar varios modelos o varias pasadas de un mismo modelo para evaluar la predecibilidad de la situación
- Hay situaciones que son más predecibles que otras :
 - Los sistemas de gran escala como los frentes, los forzamientos orográficos.
 - En cambio la convección de menor escala es muy difícil de predecir

Conclusiones HARMONIE-AROME

- Supone una mejora significativa en las predicciones locales
 - Precipitación y especialmente lluvias fuertes
 - Viento
 - Temperaturas
 - Nubes bajas/Nieblas
- Escalas convectivas son menos predecibles que escalas sinópticas y es conveniente utilizar ensembles o al menos interpretación probabilísticas
- La resolución efectiva de los modelos numéricos puede ser 6 veces mayor que su resolución nominal
 - Para variables relacionadas con las nubes y especialmente con los fenómenos convectivos, la predecibilidad se encuentra en escalas muy por encima del espaciado de grid y es conveniente utilizar promedios en un área mayor en vez de valores puntuales
 - Dependen de la situación geográfica y el régimen atmosférico

Modelos de Área Limitada comparados con los modelos globales

- Los modelos No Hidrostáticos de escala convectiva tienen **valor añadido en la predicción de los fenómenos locales** y especialmente en la precipitación en comparación con los modelos globales
 - Pero **requieren muchos recursos** de ordenador para su uso operativo y bastantes recursos humanos para su desarrollo y mantenimiento. Se necesita colaboración internacional
- De todas formas, los modelos globales actuales aunque todavía son hidrostáticos, tienen ya resoluciones buenas (~ 9 km ECMWF), asimilan gran cantidad de datos y producen predicciones muy buenas tanto en el corto como el medio plazo
 - El ECMWF proporciona una serie de productos básicos como Open-Data (Service fee)
 - El ECMWF tiene un **Flat rate** que permite acceder a sus predicciones en tiempo real en formato Web usando **ecCHARTS**.

Documentación

Documentación versiones del modelo IFS (ECMWF)

<http://www.ecmwf.int/en/forecasts/documentation-and-support/changes-ecmwf-model>

Guia de uso del modelo IFS

<https://confluence.ecmwf.int/display/FUG/1+Introduction>

Acceso a los productos del ECMWF

<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/accessing-forecasts/payment-rules-and-options/tariffs>

Sobre ACCORD y el modelo HARMONIE-AROME

<http://www.umr-cnrm.fr/accord>