



HARMONIE-AROME: modelo operativo de escala convectiva de AEMET. Parte II: Asimilación de Datos

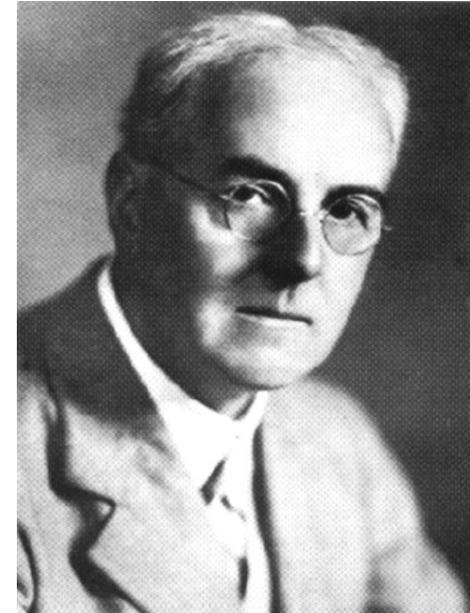
Maria Diez (AEMET)

XXXV Jornadas Científicas de la
Asociación Meteorológica Española

¿Por qué es importante la asimilación de datos en los modelos numéricos?

- Según Bjerknes (1911) se deben cumplir dos condiciones para tener éxito en la predicciones.
 - Que el estado inicial de la atmósfera sea lo mas exacto posible.
 - El desarrollo de las leyes intrínsecas que rigen la atmósfera
- **La predicción numérica también es un problema de condiciones iniciales.**

- Richardson. 1922.
 - Fue el primero en intentar realizar un pronóstico a partir de las ecuaciones que gobiernan la atmósfera.
 - Realizo el **primer análisis objetivo**.
 - No obtuvo los resultados esperados. No tuvo en cuenta los problemas derivados de la discretización.
 - Actualmente se evitan en el proceso de inicialización.



- La solución para las condiciones iniciales fue una **interpolación** de las observaciones a los puntos P y M.
- Él mismo reconoció que este sistema era muy inexacto.
- Tipos observaciones:
 - Estaciones meteorológicas.
 - Observaciones tomadas en aviones militares.
 - Globos pilot.
 - Recogían sus datos cuando encontraban el globo (aprox. 1 semana después).

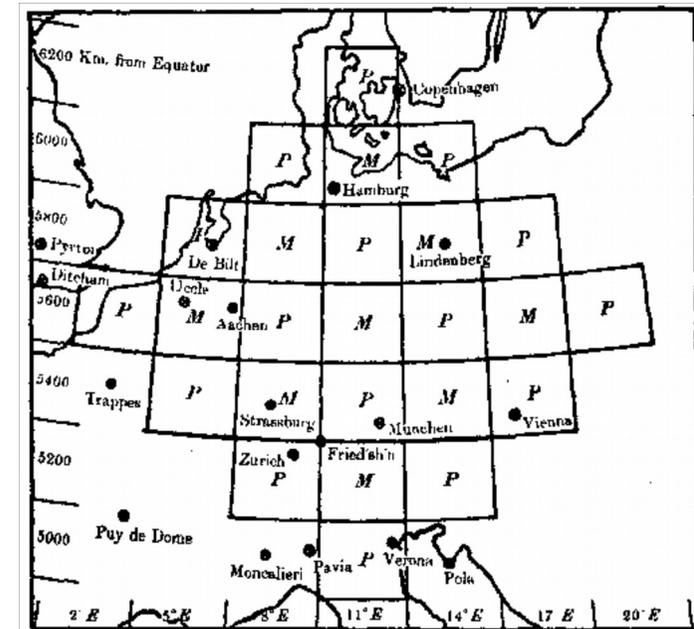


Figure 1.8 Forecast grid and observation stations for Richardson's experiment. (After Richardson 1922)

- Esta técnica se basa en la teoría de Bayes y en el principio de máxima verosimilitud.

$$p(x|y_0) = \frac{p(y_0|x)p_B(x)}{p(y_0)}$$
$$p_B(x) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2}|B|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}[(x_B-x)^T B^{-1}(x_B-x)]}$$
$$p(y_0|x) = \frac{1}{(2\pi)^{n/2}|R|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}[(y_0-H(x))^T R^{-1}(y_0-H(x))]}$$

- La mejor estimación es aquella que maximice la probabilidad $p(x_A)$.

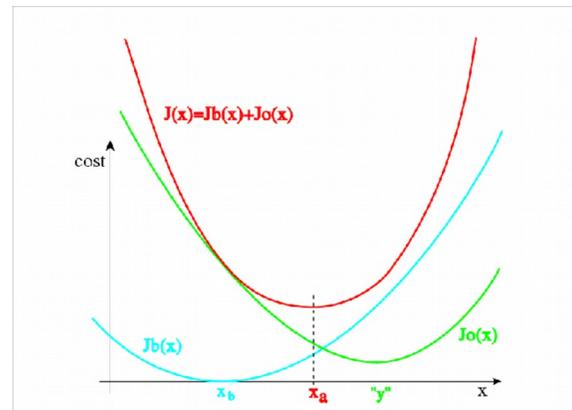
$$p(x_A) = C * e^{-\frac{1}{2}[(y_0-H(x))^T R^{-1}(y_0-H(x)) + (x_B-x)^T B^{-1}(x_B-x)]}$$

Función coste de las observaciones J_o

Función coste del background J_B

- Minimizando la función de coste obtenemos el valor de las variables analizadas:

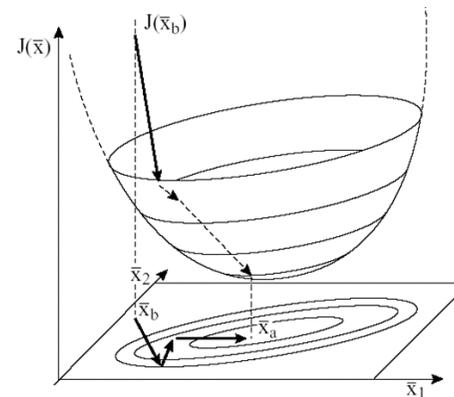
$$\nabla_x J(x_A) = 0$$



ECMWF Data Assimilation Lecture Notes

F.Boutier & P.Courtier

- Se resuelven por un método iterativo



ECMWF Data Assimilation Lecture Notes.

Elías Hólm

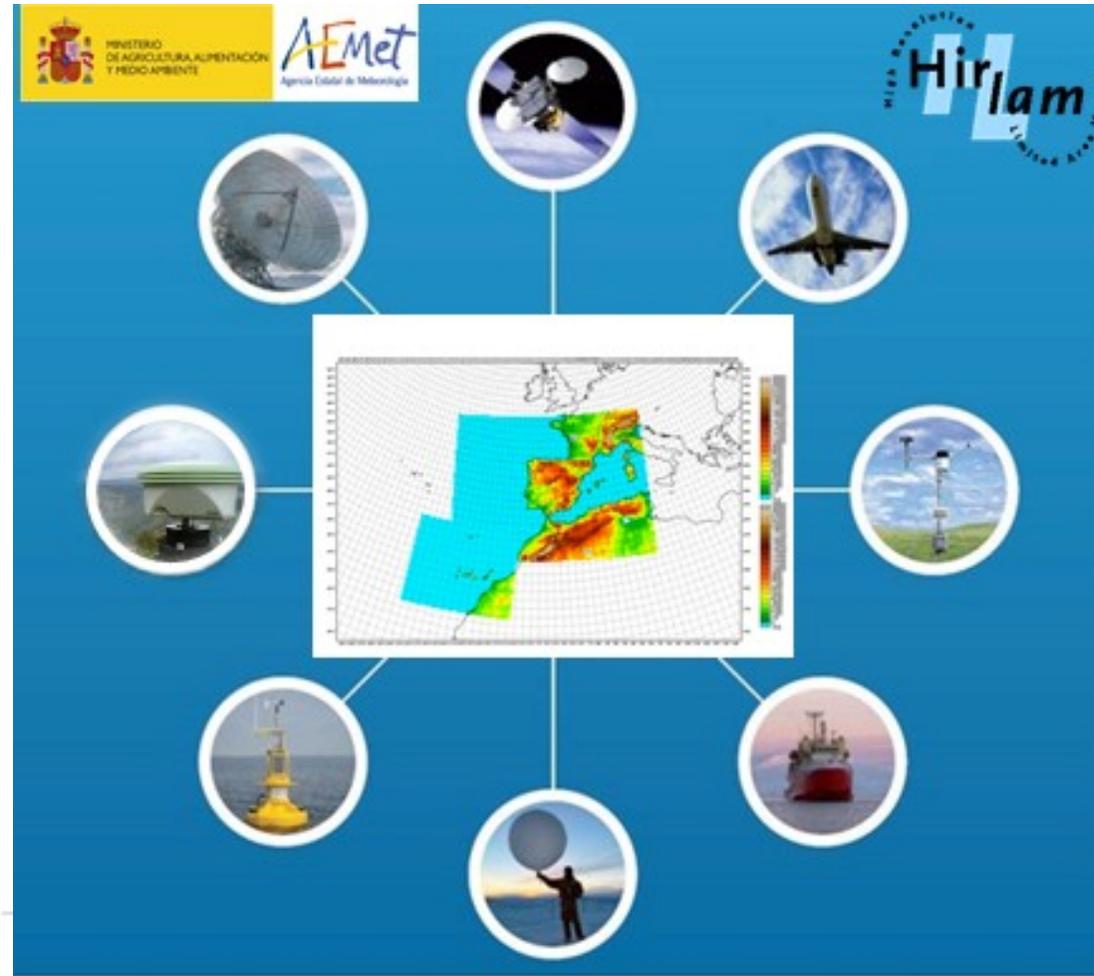
- ¿Cuáles son las principales características de la asimilación variacional?
 - Es multivariante.
 - Es decir, se realiza para diferentes variables y con tipos de observación diferentes en un mismo proceso.
 - Las variables analizadas son: viento, temperatura, humedad específica y presión en superficie.
 - Necesitamos un campo previo (suele ser la predicción a tres horas de la pasada anterior de nuestro modelo), para tener información de las áreas que no están bien cubiertas con las observaciones.
 - Ej: Zonas de tierra con poca población y zonas de océano.
 - Afortunadamente las observaciones de satélite han ayudado a cubrir muchos huecos.

- ¿Cuáles son las principales características de la asimilación variacional?
 - Errores de observación y de campo previo.
 - Sabemos que tanto las observaciones como el campo previo tienen errores.
 - Las predicciones no son perfectas!!!
 - Los instrumentos de medida pueden tener problemas de calibración.
 - Las observaciones tienen problemas de representación de la escala meteorológica.
 - Realiza un control de calidad de las observaciones.
 - En primer lugar comprueba que la codificación de la parte sea correcta. Es decir, que el formato de la observación es el que se recomienda desde la Organización Meteorológica Mundial.
 - Si la diferencia entre el campo previo y la observación es demasiado grande se considera que la observación es errónea y se rechaza.

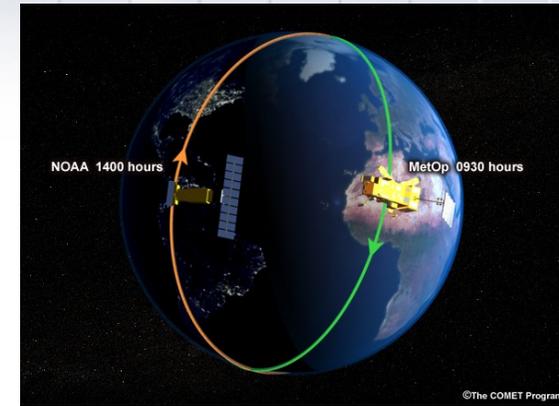
¿Qué técnica se utiliza en la actualidad? Uso de observaciones.

¿Qué observaciones se usan en la asimilación de HARMONIE-AROME?

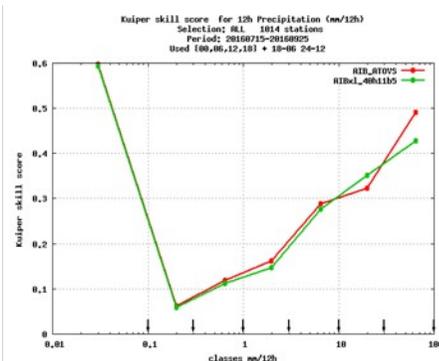
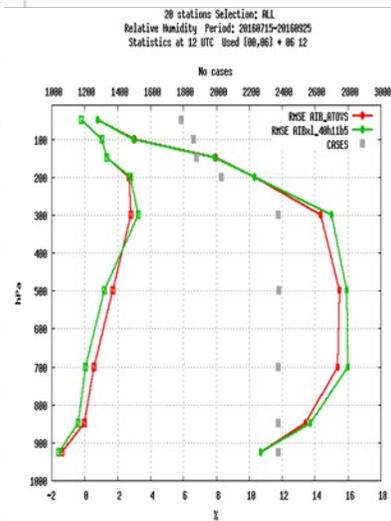
- Operativas:
 - Estaciones synop:
 - Tierra y mar.
 - Boyas.
 - Radiosondeos.
 - Partes AMDAR.
 - GNSS. (ZTD)
 - ATOVS.
 - Instrumentos AMSU-A & AMSU-B MHS.
- En desarrollo:
 - Radar. Reflectividad y vientos radiales.
 - SEVIRI. MSG.
 - IASI.
 - ASCAT.



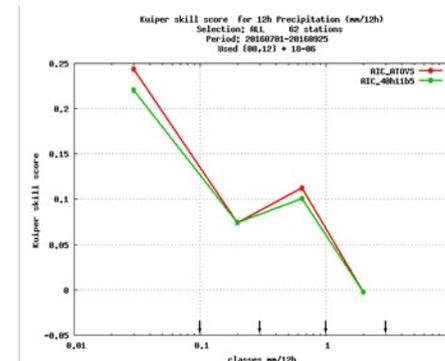
- Los sensores AMSU-A & AMSU-B MHS están a bordo de los satélites polares de la NOAA y en los METOP.
- Tenemos datos en casi todas las pasadas!!
- Las observaciones de AMSU-A nos dan información del perfil de temperatura, mientras que los AMSU-B MHS de la humedad.
- Al asimilar observaciones de ATOVS, vemos que el mayor impacto se produce sobre la humedad.



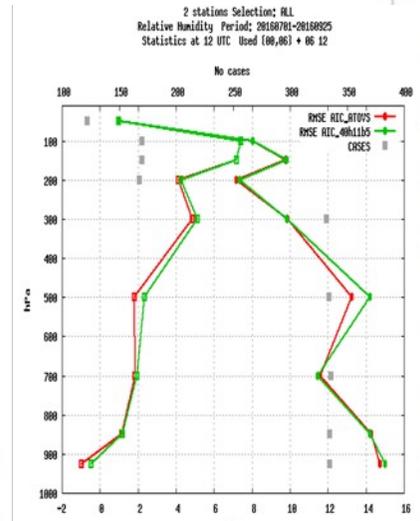
<https://www.eumetsat.int/>



En la Península Iberica.



En las Islas Canarias



- GNSS(Global Navigation Satellite System), son un sistema satelital inicialmente pensado como sistema de navegación.
- Pero el sistema GNSS también tiene aplicaciones en la meteorología.
- El retraso de la señal de los satélites GNSS esta relacionado con el vapor de agua integrado a lo largo del camino.
- La red de estaciones GNSS en superficie es muy densa!!!!
 - Es necesario aplicar técnicas de thinning.



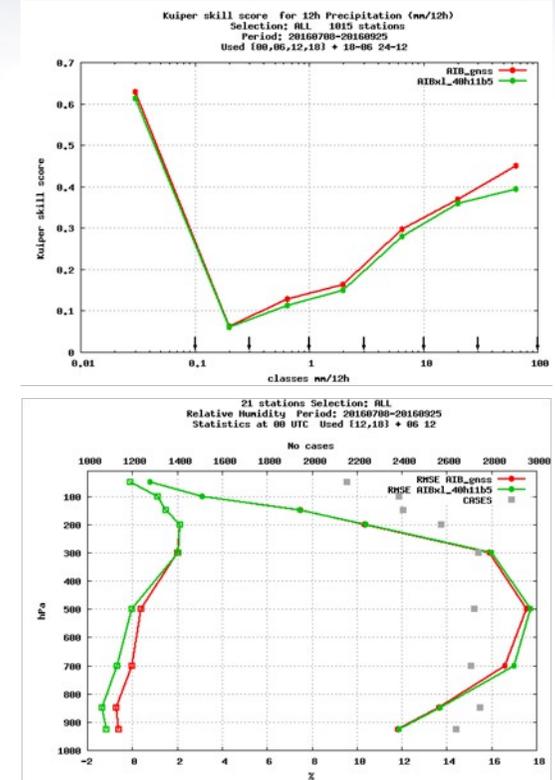
Mapa de los receptores GNSS



Sistema Galileo.

Actualmente hay 18 satélites en órbita, aunque la constelación completa incluye 24 satélites.

Fuente:
<https://www.esa.int/>



Impacto en la península

- En solo una hora las observaciones llegan en a los centros de NWP (usando GTS y EuMetCast), en algunos casos se modifica el formato.

En una hora están preparadas para usarlas!!!

- El modelo HARMONIE-AROME se ejecuta cada **tres horas**. Objetivo: Mejorar el campo previo aprovechando mejor las observaciones con alta resolución temporal.
- El tiempo que tarda la asimilación de datos es de aproximadamente 20 minutos mientras que la parte de predicción del modelo tarda aproximadamente una hora.

Bibliografía recomendada:

- Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Eugenia Kalnay. Cambridge University Press.
- Lecture Notes of Data Assimilation training course. ECMWF.

- Three-dimensional variational data assimilation for a limited area model. Nils Gustafsson et. al. Tellus-A. Vol 53, Issue 4. August 2001.

DOI:10.1111/j.1600-0870.2001.00425.x

- Survey of Data Assimilation methods for convective-scale numerical weather prediction at operational centres. Nils Gustafsson et. al.

DOI:10.1002/qj.3179.

Muchas gracias!!