

IBERA: REANÁLISIS REGIONAL SOBRE ESPAÑA A 2.5 KM DE RESOLUCIÓN

Javier CALVO¹, Joan CAMPINS¹, María DíEZ¹, Alberto JIMÉNEZ¹, Ana MONTORO MENDOZA², Gema MORALES¹, Beatriz NAVASCUÉS¹, Candelas PERAL¹ y Jana SÁNCHEZ-ARRIOLA¹

¹Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). España

² Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Instituto de Geociencias (IGEO), Madrid, España

mdiezm@aemet.es, mperalg@aemet.es

RESUMEN

El reanálisis IBERA (IBERian ReAnalysis) es un proyecto de reanálisis con resolución 2.5 km que se inició en 2020 con la creación de un prototipo de alta resolución basado en HARMONIE-AROME, acompañado de un análisis de superficie *offline*. Actualmente, el prototipo inicial, que presentaba un valor añadido en comparación con otros reanálisis disponibles, se está perfeccionando mediante una versión actualizada de HARMONIE-AROME, un incremento en el número de niveles verticales considerados y una expansión del dominio. Asimismo, se está aumentando el número de observaciones utilizadas y se estudia la incorporación de datos de satélite y GPS GNSS Zenit Total Delay (ZTD).

Inicialmente, el reanálisis abarcará el periodo 1990-2024 con intención de continuar produciéndolo en tiempo real con un retraso aproximado de dos meses para optimizar la recepción y control de calidad de las observaciones. Se estima que la producción finalice durante el tercer trimestre de 2026. Se espera una mejora en la representación de fenómenos a pequeña escala y estimación de precipitación, campos hidrológicos y energía eólica y solar. En esta comunicación se describe la configuración del sistema y se especifican las observaciones utilizadas. Además, se muestran las primeras pruebas de impacto y se describen los planes de producción.

Palabras clave: reanálisis regional, reanálisis España, asimilación datos, ERA-5, CERRA.

ABSTRACT

The IBERA (IBERian ReAnalysis) project is a reanalysis initiative with a 2.5 km resolution that began in 2020, featuring a high resolution prototype based on HARMONIE-AROME and supplemented with an offline surface analysis. Currently, the initial prototype, which demonstrated added value compared to other available reanalysis, is being refined with an updated version of HARMONIE-AROME, an increase in the number of vertical levels considered and an expansion of the domain. Additionally, the number of observations used is being increased, and the inclusion of satellite and GPS GNSS Zenit Total Delay (ZTD) data is under consideration.

Initially, the reanalysis will cover the period from 1990 to 2024, with the intent to continue real-time production with an approximate two-months delay to optimize the reception and quality control of observations. Production is expected to be completed by the third quarter of 2026. Improvements are anticipated in the representation of small-scale phenomena, precipitation estimation, hydrological fields, and wind and solar energy. This report details the system configuration and specifies the observations used. Moreover, initial impact tests are presented, and the production plans are described.

Key words: regional reanalysis, Spain reanalysis, data assimilation, ERA-5, CERRA.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de datos de reanálisis está cada vez más extendido. Los reanálisis utilizan un modelo atmosférico de predicción para extender espacialmente la información que proporcionan las observaciones, lo cual aporta una estimación del estado de la atmósfera completa y físicamente consistente (Dee et al., 2014). La realización de estos reanálisis para tiempo pasado permite una recopilación más completa de observaciones, además de permitir un control de calidad de las observaciones más exhaustivo. Comparados con los modelos operativos, los reanálisis tienen la ventaja de que utilizan una versión fija del modelo para todo el periodo del reanálisis, lo que permite evaluar variaciones climáticas y facilita la calibración de modelos estadísticos. Por otra parte, en los últimos años se ha visto que estos datos sirven para entrenar los modelos de Inteligencia Artificial/ *Machine Learning* (IA/ML), cuya calidad está mejorando rápidamente (Bazile et al., 2017; Hersbach et al., 2020; Ridal et al., 2024).

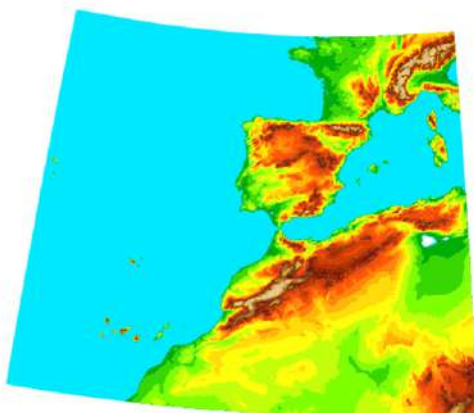


Figura 1: Dominio del reanálisis IBERA basado en el modelo HARMONIE-AROME a 2.5 km de resolución horizontal.

AEMET está desarrollando un reanálisis regional a una resolución de 2.5 km sobre un dominio que incluye la Península Ibérica, Baleares y las Islas Canarias (Fig. 1).

Reanálisis similares para otras regiones son CARRA y MERA (Gleeson et al., 2017; Køltzow et al., 2022). El reanálisis presentado se denomina IBERA (IBERian ReAnalysis). El plan es realizar análisis desde 1990 hasta la actualidad.

En la sección 2 de esta comunicación se describe la configuración del sistema, en la sección 3 se detallan las observaciones utilizadas, en la sección 4 se muestran las primeras pruebas de impacto, en la sección 5 se describen los planes de producción y se finaliza con las principales conclusiones.

2. CONFIGURACIÓN

El sistema está basado en el modelo HARMONIE-AROME (Bengtsson et al., 2018), que es una de las configuraciones posibles dentro del código compartido que desarrolla el consorcio ACCORD. Se utiliza la versión cy43h2.1 con 2.5 km de resolución horizontal, 90 niveles en la vertical y condiciones de contorno de ERA5 (Hersbach et al., 2020). Para el análisis de altura se utiliza un sistema 3DVar (Gustafsson et al., 2018). Además, el sistema es complementado con IBERA-Land, un análisis offline basado en el sistema de Interpolación óptima SPAN (Peral-García et al., 2017) que se utilizó para generar las rejillas ROCIO_IBEB de precipitación y temperaturas extremas desde 1951 hasta la actualidad y se encuentran disponibles en la web externa de AEMET. Este análisis offline permite el uso de una sintonización específica para nuestra región, poder incluir observaciones adicionales y extender las variables analizadas incluyendo temperaturas extremas y precipitación. El prototipo de este sistema fue descrito en Calvo et al. (2021).

3. USO DE OBSERVACIONES

Aparte de las observaciones convencionales (SYNOPS, TEMPS, Boyas y AMDAR), se está evaluando el impacto de incluir GPS GNSS Zenit Total Delay (ZTD) y observaciones de satélite. También se está trabajando en las funciones de estructura óptimas para extender la información de las observaciones en el proceso de análisis. En la Fig. 2 aparecen las observaciones utilizadas en el análisis de superficie de HARMONIE-AROME.

- Respecto a las observaciones utilizadas en las versiones operativas del modelo, se va a aumentar significativamente el número de observaciones de superficie incluyendo la red climatológica de AEMET (Banco Nacional de Datos Climatológicos).
- Probablemente también se dispondrá de las observaciones de las redes mesoescales de Meteo-France e IPMA (Portugal).

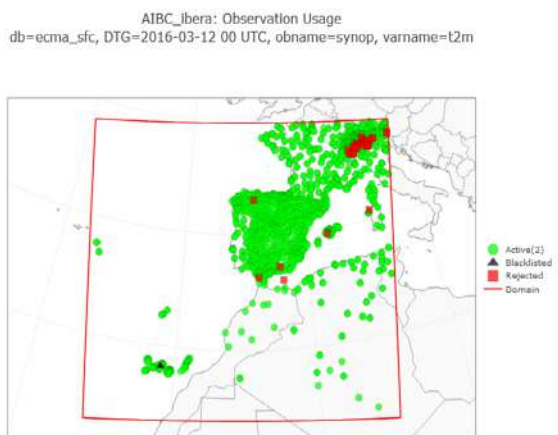


Figura 2: Observaciones utilizadas en el análisis de superficie de HARMONIE-AROME. En verde las observaciones activas.

El análisis de superficie *offline* utiliza observaciones adicionales de temperaturas extremas y precipitación cedidas por distintos Organismos (Fig. 3):

- Dirección General del Agua (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH).
- Banco Nacional de Datos Climatológicos (BNDC, AEMET).
- Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).



Figura 3: Observaciones utilizadas en el análisis de superficie offline IBERA_Land para la precipitación. Las estaciones corresponden a BNDC (rojo), SiAR (negro) y SAIH (azul).

4. PRUEBAS DE IMPACTO

De acuerdo con los resultados de otros reanálisis, se estima que es necesario un periodo de warmup de un año aproximadamente para conseguir que los campos de superficie se equilibren. La comparación con otros reanálisis para un periodo de prueba (enero de 2016) muestran un claro valor añadido de IBERA (Fig. 4), pues los resultados son mejores cuando los puntos están más cerca de la diagonal. IBERA se ha comparado con los reanálisis: ERA5 (33km), UERRA (11km), UERRA-MESCAN (5.5km) e IBERA HARMONIE-AROME (2.5 km).

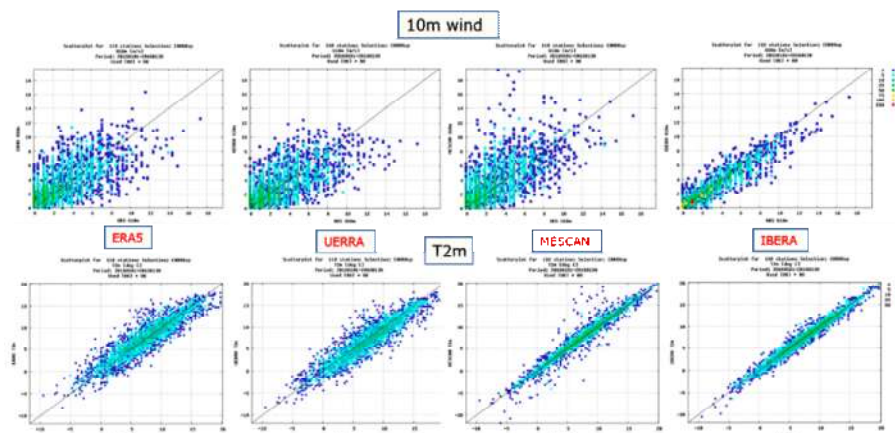


Figura 4: Scatterplots comparando diferentes reanálisis con observaciones SYNOPS de viento a 10 m (fila superior) y temperatura a 2m (fila inferior). Se muestran los pares observación-análisis para distintos reanálisis: ERA5 (primera columna), UERRA (segunda columna), UERRA-MESCAN (tercera columna) e IBERA HARMONIE-AROME (cuarta columna).

Estos estudios de impacto fueron realizados con una versión inicial del sistema (Calvo et al., 2021). Los estudios de sensibilidad se están repitiendo para una configuración actualizada y con un dominio ampliado.

El valor añadido del análisis de superficie *offline* IBERA-Land puede verse en la Fig. 5, donde se muestra la verificación (*Equitable Thread Score*; ETS) de la precipitación en 24-horas utilizando observaciones independientes que no entraron en los análisis. Mayor ETS indica un mejor resultado. Se aprecia que IBERA-Land, utilizando como campo previo el reanálisis CERRA, es mejor que las salidas directas del reanálisis CERRA.

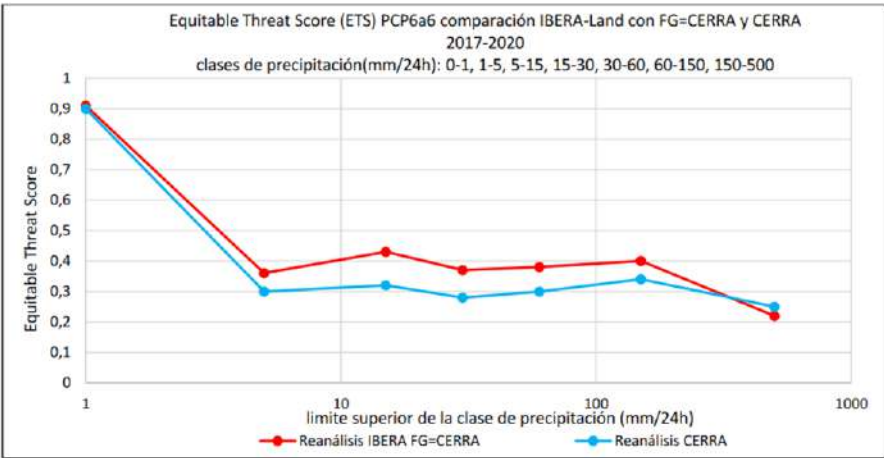


Figura 5: Equitable Threat Score de la precipitación acumulada en 24 horas para un periodo de 4 años (2017-2020). Comparación del reanálisis CERRA (azul) con las salidas de IBERA-Land utilizando como campo previo (FG) CERRA (rojo).

Variable	Sesgo	STDV
Precip. 06/06 UTC	0.2 mm	3.2 mm
Tmax	0.1 K	1.1 K
Tmin	0.8 K	1.8 K

Tabla 1: Validación de IBERA-Land, utilizando como campo previo el modelo HARMONIE-AROME, para la precipitación acumulada en 24h y temperaturas máxima y mínima diarias frente a un conjunto de observaciones independientes para enero de 2016. Índices de verificación: Sesgo (columna central) y Desviación estándar (STDV; columna derecha).

En la Tabla 1 se muestran los errores del prototipo de reanálisis IBERA-Land utilizando las predicciones de HARMONIE-AROME como campo previo para un mes de prueba (enero 2016). Esta verificación se ha hecho a partir de un conjunto de observaciones independientes, es decir, que no fueron asimiladas para la generación de dicho reanálisis.

5. PLAN DE PRODUCCIÓN

El plan de trabajo se esquematiza en la Fig. 6. Hasta el primer trimestre de 2025 se seguirá trabajando en la definición final de HARMONIE-AROME, así como del análisis de superficie *offline*. Además, se continuarán compilando y adecuando los formatos de distintos tipos de observaciones. Se espera que la producción comience en el segundo trimestre de 2025 y continúe hasta el tercer trimestre de 2026. El proceso de producción irá acompañado de un proceso de supervisión y control de calidad de las observaciones y los resultados. Posteriormente, se pretende seguir realizando el reanálisis en tiempo casi real con un retraso de 2 meses aproximadamente para maximizar la llegada y el control de calidad de las observaciones climatológicas.

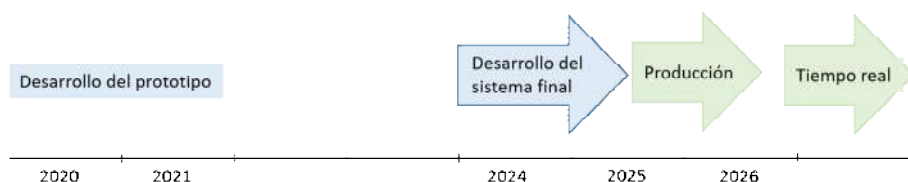


Figura 6: Plan para el desarrollo y producción del reanálisis IBERA.

Los resultados del reanálisis, tanto de IBERA como de IBERA-Land, se almacenarán en el sistema de archivo de AEMET y estarán a disposición de los usuarios que los reclamen según la Resolución de precios públicos de la Agencia Estatal de Meteorología vigente en el momento de la petición. Todavía no hay una decisión tomada respecto al formato en el que se salvarán los ficheros, la comunidad internacional usa el formato GRIB2, pero otros formatos pueden ser más adecuados para la comunidad de usuarios de datos de reanálisis para recuperar y usar los datos. Entre estos formatos cabe destacar ZAPP, que ha demostrado su eficacia en la recuperación de ficheros que contienen grandes volúmenes de datos.

6. CONCLUSIONES

El proyecto de reanálisis de 2.5 km de resolución empezó en 2020 con la configuración de un prototipo basado en HARMONIE-AROME, complementado con un análisis de superficie *offline*. El prototipo mostró muy buenos resultados con claro valor añadido respecto a otros reanálisis disponibles (Calvo et al., 2021). Durante el último año, la relevancia de los reanálisis de alta resolución ha aumentado con el auge de los modelos de IA/ML. Por lo tanto, el prototipo de reanálisis está siendo mejorado con una versión más reciente de HARMONIE-AROME, el aumento de niveles en la vertical, la ampliación del dominio del sistema para incluir Canarias y la sintonización específica para nuestro dominio. Además, se está incrementando el número de observaciones utilizadas y se está considerando la inclusión de datos de satélite y GPS GNSS ZTD.

El periodo inicial del reanálisis será 1990-2024 y se pretende continuar después en tiempo real con un retraso de unos 2 meses para maximizar la llegada y el control de calidad de las observaciones. Se estima que la producción esté terminada en el tercer trimestre de 2026. Se espera que el nuevo reanálisis mejore la representación de la pequeña escala y que permita mejorar las estimaciones de precipitación, campos hidrológicos y energía eólica y solar. Además, los reanálisis podrán ser utilizados para la evaluación y desarrollo de los modelos climáticos de alta resolución.

Este reanálisis estará integrado en un sistema de información climática regionalizada que AEMET podrá a disposición de todos los potenciales usuarios. El sistema en su conjunto dará soporte a múltiples servicios climáticos futuros, favoreciendo la reproducibilidad y reusabilidad de todos los desarrollos llevados a cabo con él.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a Xiaohua Yang, Swapan Mallick, Martin Ridal y Per Dalghren por su ayuda y sugerencias.

We would like to thank Xiaohua Yang, Swapan Mallick, Martin Ridal, Per Dalghren for their help and fruitful conversations.

Este trabajo de investigación ha sido financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y la Comisión Europea NextGenerationEU (Reglamento UE 2020/2094), a través de la Plataforma Temática Interdisciplinar Clima y Servicios Climáticos (PTI-Clima) del CSIC.

REFERENCIAS

- Bazile, E., Abida, R., Verelle, A., Le Moigne, P., & Szczypka, C. (2017). MESCANSURFEX surface analysis, deliverable D2. 8 of the UERRA project. *Final Report*.
- Bengtsson, L., Andrae, U., Aspelien, T., Batrak, Y., Calvo, J., de Rooy, W. et al. (2017) The Harmonie-AROME model configuration in the ALADIN-HIRLAM NWP system. *Monthly Weather Review*, 145, 1919–1935. Available from: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0417.1>
- Calvo J., Díez M., Escribà P., Jiménez A., Martín D., Morales G., Navascués B., Peral M., Sánchez-Arriola J. and Viana S. Prototype of a high resolution regional reanalysis for Iberian Peninsula and Balearic Islands (IBERA). *1st ACCORD All Staff Workshop*, 12-16 April 2021.
- Dee, D.P., Balmaseda, M., Balsamo, G., Simmons, R.E.A.J. & Thepaut, J.-N. (2014) Towards a consistent reanalysis of the climate system. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95, 1235–1248.
- Gleeson, E., Whelan, E. & Hanley, J. (2017) Met Éireann high resolution reanalysis for Ireland. *Advances in Science and Research*, 14, 49–61
- Gustafsson, N., Janjić, T., Schraff, C., Leuenberger, D., Weissmann, M., Reich, H., ... & Fujita, T. (2018). Survey of data assimilation methods for convective-scale numerical weather prediction at operational centres. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 144(713), 1218-1256.

- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049.
- Køltzow, M., Schyberg, H., Støylen, E. & Yang, X. (2022) Value of the Copernicus Arctic regional reanalysis (CARRA) in representing near-surface temperature and wind speed in the north-east Euro-pean Arctic. *Polar Research*, 41, 1–15.
- Peral García, M. C., Navascués, B., & Ramos Calzado, P. (2017). Serie de precipitación diaria en rejilla con fines climáticos. https://www.aemet.es/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/publicaciones/detalles/NT_24_AEMET
- Ridal, M., Bazile, E., Le Moigne, P., Randriamampianina, R., Schimanke, S., Andrae, U., ... & Wang, Z. Q. (2024). CERRA, the Copernicus European Regional Reanalysis system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Doi: <https://doi.org/10.1002/gj.4764>