

# Estudio de vientos intensos en zonas costeras con el modelo HARMONIE-AROME a muy alta resolución

<https://doi.org/10.31978/639-19-010-0.601>

José Ángel Ruiz Pacheco<sup>1</sup> ([jruizp@aemet.es](mailto:jruizp@aemet.es))

Elena Padorno Prieto<sup>1</sup> ([epadornop@aemet.es](mailto:epadornop@aemet.es))

Inés Santos Atienza<sup>1</sup> ([isantosa@aemet.es](mailto:isantosa@aemet.es))

Isabel Martínez Marco<sup>1</sup> ([imartinezm@aemet.es](mailto:imartinezm@aemet.es))

<sup>1</sup>AEMET / Dirección de Producción e Infraestructuras / Área de Aplicaciones

## RESUMEN

En este artículo se estudian los resultados de predicción de vientos del modelo HARMONIE-AROME a 1 km de resolución sobre el litoral del mar Cantábrico para la situación de vientos intensos del día 24 de marzo de 2018, durante el cual la borrasca Hugo alcanzó su mayor intensidad. Para ello, se han comparado las salidas del modelo con resoluciones horizontales de 1 y 2,5 km con las observaciones obtenidas de la red de estaciones meteorológicas automáticas (EMA) de AEMET, tanto cualitativamente mediante mapas como cuantitativamente, empleando verificación estadística.

Se ha comprobado que el modelo HARMONIE-AROME es capaz de predecir con alta fiabilidad el desarrollo del evento, tanto más en el experimento de resolución 1 km por ser capaz de calcular mejor la convección y obtener mayor detalle geográfico.

**PALABRAS CLAVE:** predicción numérica; vientos intensos; alta resolución; HARMONIE; AROME; borrasca Hugo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco del proyecto SAMOA (Sistema de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico para las Autoridades portuarias), se ha configurado el modelo de predicción numérica HARMONIE-AROME con el fin de dotar a los puertos participantes en el proyecto de predicciones meteorológicas a muy alta resolución (PADORNO *et al.*, 2017), concretamente, de variables de superficie, entre las que destaca por su importancia el viento a 10 metros, ya que es fundamental tanto para las operaciones portuarias como para su integración en modelos de oleaje. Con este objetivo, se ha utilizado la versión más reciente del modelo, la v40h1.1 (BENGTSSON *et al.*, 2017), a una resolución de 1 km.

En este artículo se estudia el viento a 10 metros obtenido del modelo HARMONIE-AROME, con resolución de 1 km configurado para el proyecto SAMOA, comparándolo con los resultados de la versión operativa (2,5 km) y las observaciones tomadas por la red EMA de AEMET durante el día 24 de marzo de 2018, coincidiendo con la situación atmosférica de intensa actividad debida al paso de la borrasca Hugo por la zona del mar Cantábrico.

## 2. SITUACIÓN METEOROLÓGICA

Durante los días del 22 al 25 de marzo de 2018 se desarrolló una borrasca sobre el mar Cantábrico a la que se le dio el nombre de Hugo. Esta borrasca se formó a partir de un sistema de bajas presiones sobre Galicia que se profundizó con rapidez, generando una ciclogénesis explosiva, a la vez que se desplazaba hacia el este. El día 24 de marzo Hugo alcanzó su mayor intensidad, presentando vientos de hasta 110 km/h junto con fuertes precipitaciones y oleaje, tras lo cual desapareció rápidamente.

Los análisis de superficie (figura 1) muestran la situación atmosférica del día 24 de marzo a las 00 UTC y a las 12 UTC. Se puede observar el movimiento del sistema de bajas presiones hacia el este a medida que evoluciona la situación, así como el desplazamiento del frente frío que dará lugar a episodios de viento y precipitación en el resto de la Península.

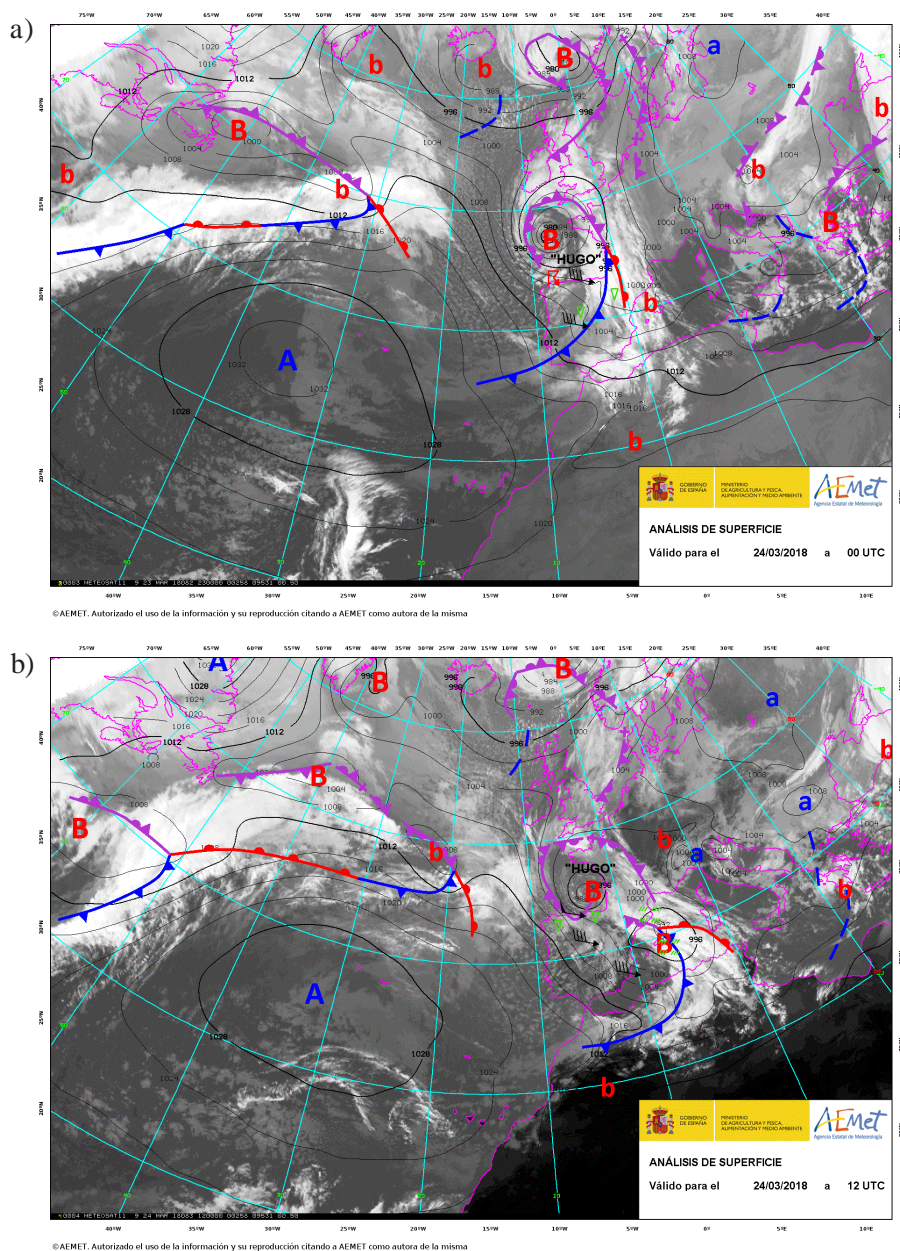


Figura 1. Análisis de la situación atmosférica el 24 de marzo: a) 00 UTC y b) 12 UTC.

En la figura 2 se pueden observar las nubes medias y altas con imágenes de satélite en el canal infrarrojo 10,8 micras: a) 02 UTC, b) 07 UTC y c) 12 UTC del día 24. Se aprecia la fuerte convección presente en el sistema y, de nuevo, el desplazamiento de Hugo hacia el este.

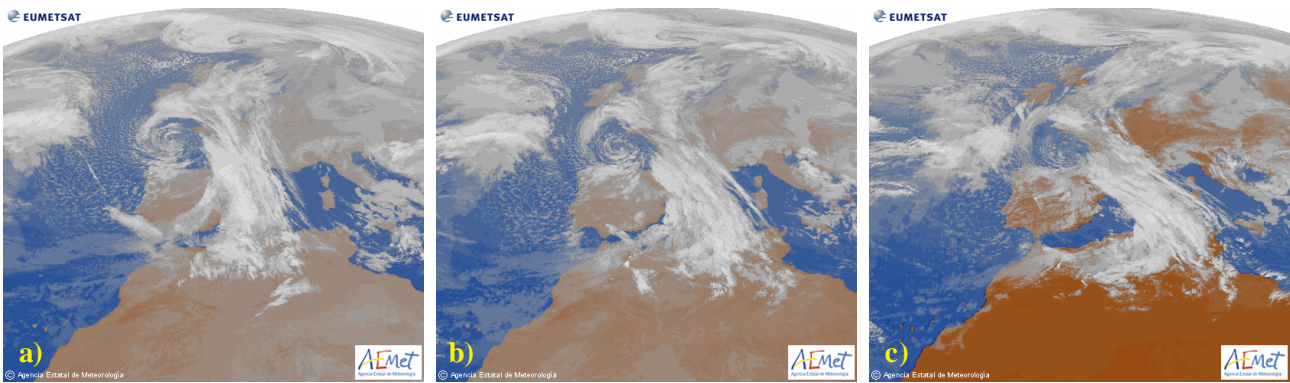


Figura 2. Imágenes de satélite en el canal infrarrojo 10,8 micras del día 24 de marzo: a) 02 UTC, b) 07 UTC y c) 12 UTC.

En la figura 3 se puede observar el estado de la atmósfera a las 00 y 12 UTC del día 24 de marzo, tanto a nivel del mar como a 500 hPa. Se aprecia el ya mencionado desplazamiento hacia el este de la baja situada sobre el mar Cantábrico, tanto en superficie como en altura. La borrasca es profunda, llegando incluso a existir en niveles medios, pero a lo largo del día se debilita, y a las 12 UTC apenas se observa una ligera depresión a 500 hPa, coincidiendo con la disipación de la situación.

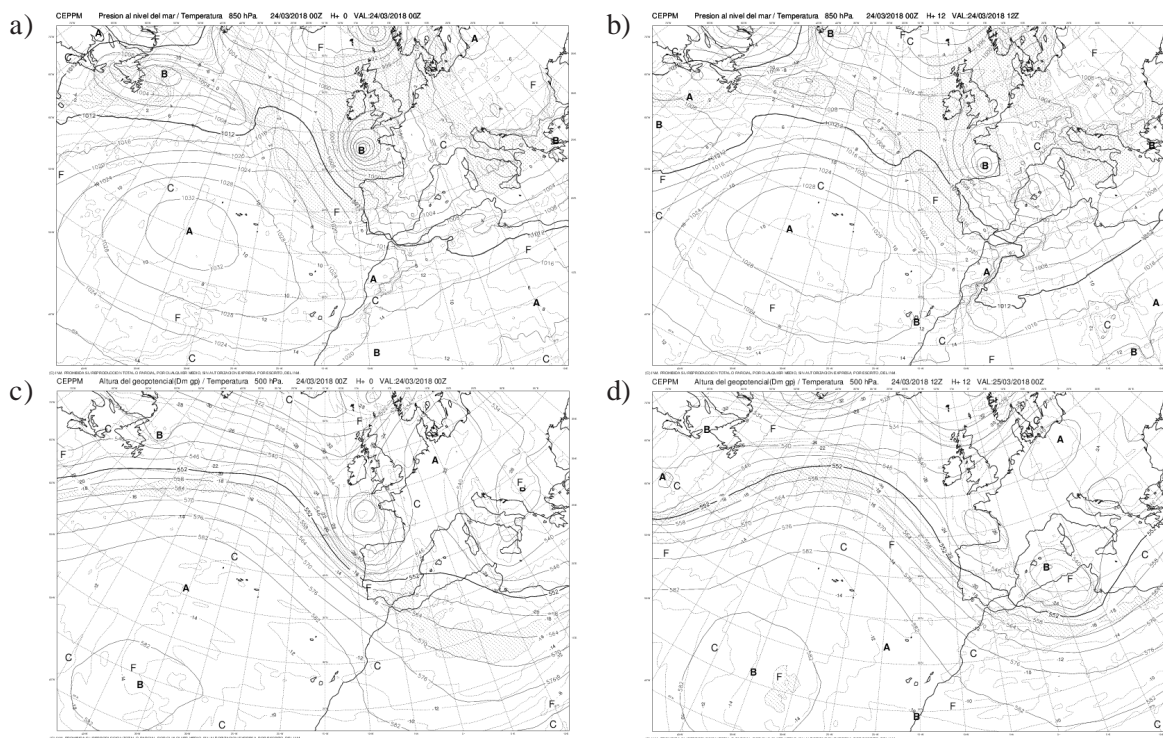


Figura 3. Estado de la atmósfera a las 00 UTC (a) y (c) y a las 12 UTC (b) y (d) del 24 de marzo de 2018. Las gráficas (a) y (b) corresponden a la presión a nivel del mar y temperatura a 850 hPa, mientras que las gráficas (c) y (d) indican la altura del geopotencial y la temperatura a 500 hPa.

### 3. COMPARACIÓN DE VIENTOS

A continuación se muestra una comparativa de los datos de viento proporcionados por el modelo para las dos resoluciones consideradas y una interpolación de los datos recogidos por las estaciones meteorológicas (figuras 4-9). Se han escogido tres momentos del día 24 —las 02, las 07 y las 12 UTC— por ser los de mayor viento registrado. Cada uno de esos momentos tiene asociados los resultados de tres ejecuciones: la iniciada el día 23 a las 00 UTC, a las 12 UTC y la del día 24 a las 00 UTC.

### 3.1. Situación del día 24 a las 02 UTC

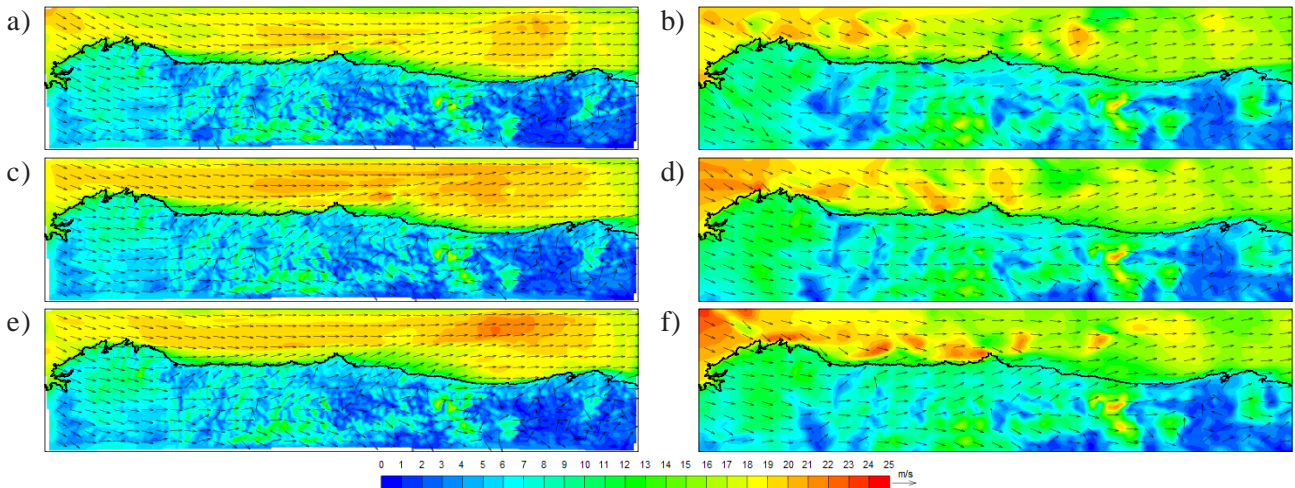


Figura 4. Situación prevista a las 02 UTC del 24 de marzo según el experimento de 1 km, figuras a), c) y e), y de 2,5 km, figuras b), d) y f). En a) y b), resultado de las pasadas del día 23 de marzo a las 00 UTC (alcance 26 h). En c) y d), resultados de las pasadas del día 23 a las 12 UTC (alcance 14 h). En e) y f), resultado de las pasadas del día 24 de marzo a las 00 UTC (alcance 02 h). g) Escala de intensidad de viento.

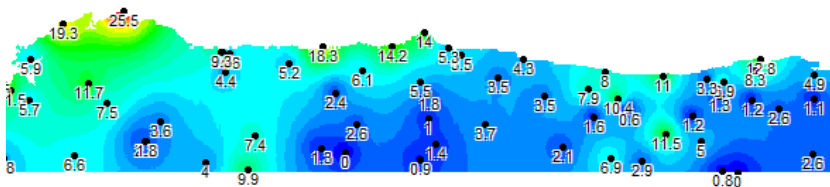


Figura 5. Mapa de interpolación de observaciones para el día 24 de marzo a las 02 UTC.

### 3.2. Situación del día 24 a las 07 UTC

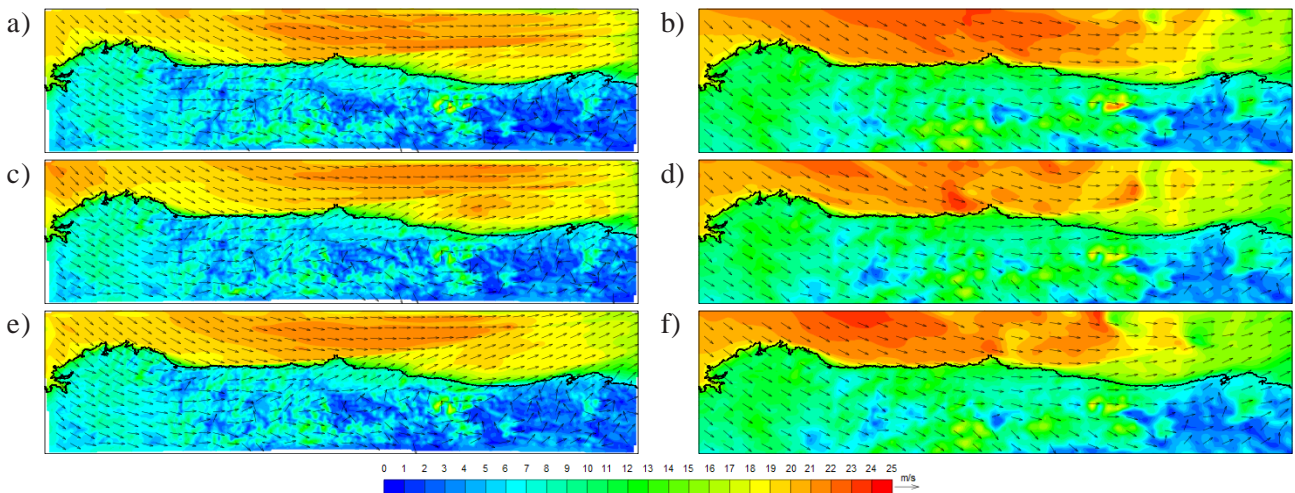


Figura 6. Situación prevista a las 07 UTC del 24 de marzo según el experimento de 1 km, figuras a), c) y e), y de 2,5 km, figuras b), d) y f). En a) y b), resultado de las pasadas del día 23 de marzo a las 00 UTC (alcance 31 h). En c) y d), resultados de las pasadas del día 23 a las 12 UTC (alcance 19 h). En e) y f), resultado de las pasadas del día 24 de marzo a las 00 UTC (alcance 07 h). g) Escala de intensidad de viento.

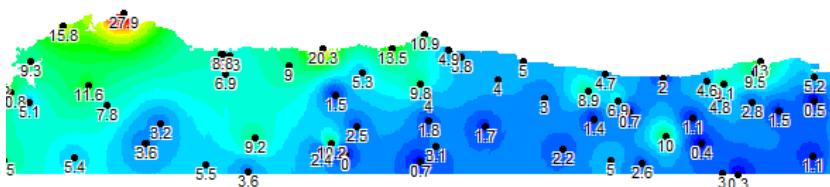


Figura 7. Mapa de interpolación de observaciones para el día 24 de marzo a las 07 UTC.

### 3.3. Situación del día 24 a las 12 UTC

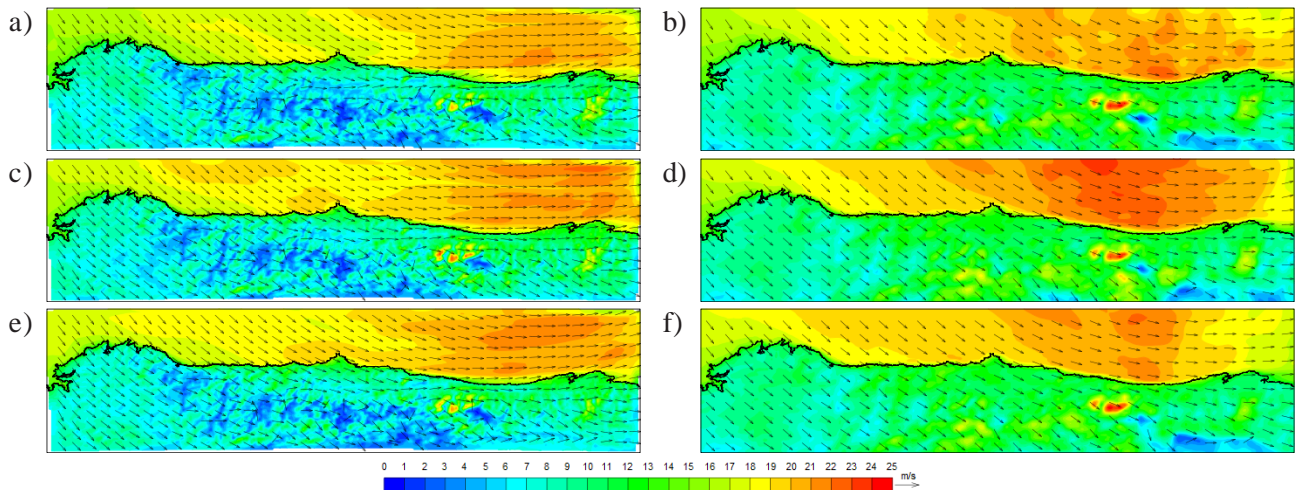


Figura 8. Situación prevista a las 12 UTC del 24 de marzo según el experimento de 1 km, figuras a), c) y e), y de 2,5 km, figuras b), d) y f). En a) y b), resultado de las pasadas del día 23 de marzo a las 00 UTC (alcance 36 h). En c) y d), resultados de las pasadas del día 23 a las 12 UTC (alcance 24 h). En e) y f), resultado de las pasadas del día 24 de marzo a las 00 UTC (alcance 12 h). g) Escala de intensidad de viento.

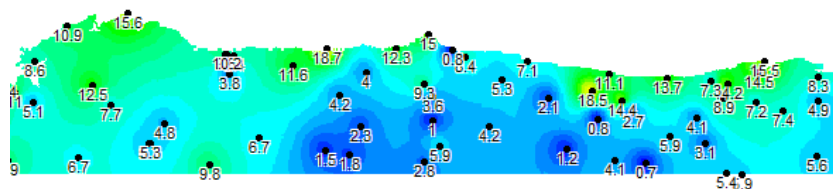


Figura 9. Mapa de interpolación de observaciones para el día 24 de marzo a las 12 UTC.

### 3.4. Análisis de los resultados

En ambos experimentos, a 1 y 2,5 km de resolución, se puede observar el aumento de la intensidad del viento a 10 metros a medida que evoluciona la situación, así como el desplazamiento al este del sistema que se ve en las imágenes de satélite. De igual forma, se observa que los resultados de las pasadas posteriores son más similares a las observaciones que los resultados de las primeras pasadas, lo que es lógico.

Si bien existe una ligera sobreestimación del viento en ambos casos, en el experimento de 2,5 km los valores de viento son mucho más altos que los del experimento de 1 km, así como menos desplazados al este de lo que nos indican tanto las imágenes de satélite y las observaciones como las verificaciones de datos que trataremos en el siguiente apartado. De igual forma, el experimento de 1 km presenta resultados más similares a los obtenidos por las observaciones, además de presentar un mayor detalle debido a la mayor resolución y a la orografía más definida. No obstante, ninguno de los dos modelos es capaz de reflejar los vientos intensos recogidos tanto a las 02 como a las 07 UTC por la estación de Estaca de Bares.

## 4. VERIFICACIÓN

Se estudia ahora la verificación de los resultados obtenidos utilizando el programa MONITOR (YANG, 2008), una *suite* que permite comparar punto a punto los campos de predicción del modelo con datos de observaciones. Para ello se emplean los resultados de las pasadas de las 00 y 12 UTC de los días 23 y 24 de marzo, comparando los experimentos de las dos resoluciones con las observaciones.

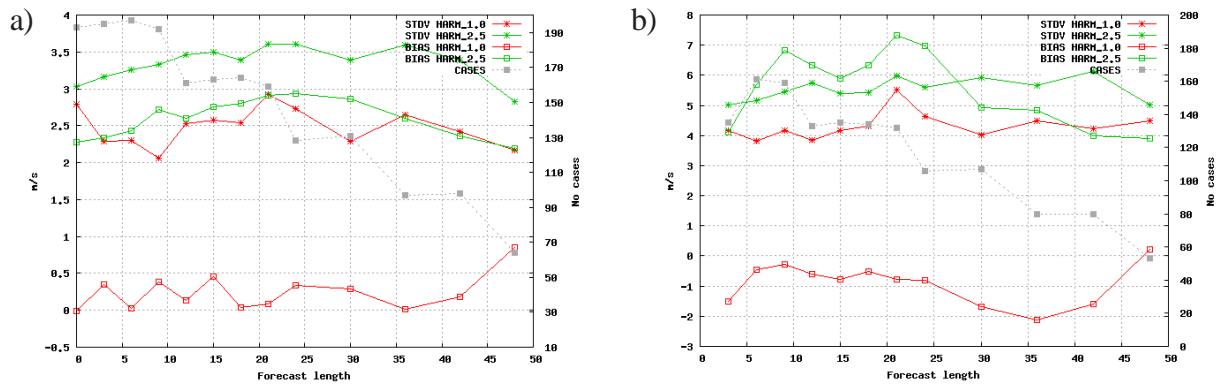


Figura 10. Verificación estadística a) del viento medio a 10 metros y b) de las rachas máximas de viento de los días 23 y 24 de marzo de 2018.

Se puede ver (figura 10) que el experimento de 1 km (en rojo) presenta valores de sesgo (%) y desviación estándar (\*) menores que el experimento de 2,5 km (en verde), tanto para el viento a 10 metros (figura 10a) como para las rachas máximas de viento (figura 10b). También se observa que ambos experimentos sobreestiman los vientos. En el caso del experimento de 1 km el sesgo es muy cercano al cero para el viento medio, pero tiende a subestimar ligeramente las rachas máximas, acercándose, en general, más a la realidad que el experimento de 2,5 km.

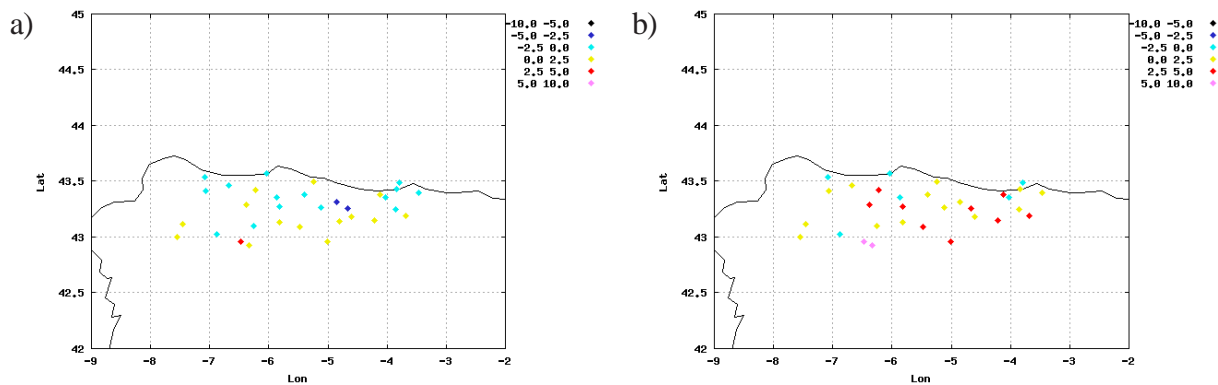


Figura 11. Sesgo medio del viento a 10 metros de las estaciones de observación durante el periodo de los días 23 y 24 de marzo de 2018: a) en el experimento de 1 km, b) en el experimento de 2,5 km.

Al estudiar el sesgo de las predicciones de viento a 10 metros sobre la distribución geográfica de las estaciones de medida (figura 11), se observa que el experimento de 1 km (figura 11a) presenta una menor desviación que el experimento de 2,5 km (figura 11b). En ambos experimentos, los mejores resultados se aprecian cerca del litoral, con un sesgo más elevado para las medidas localizadas en el interior.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados del modelo HARMONIE-AROME durante el paso de Hugo son consistentes tanto con las observaciones como con las imágenes de satélite, especialmente en el experimento de mayor resolución, donde la convección se puede calcular mejor. En este tipo de casos, donde se presenta convección profunda, se obtienen resultados mucho mejores con un modelo no hidrostático de muy alta resolución.

Estos resultados son acertados incluso con 36 horas de antelación al episodio en cuestión y coherentes con la verificación más extensa del modelo de muy alta resolución durante periodos de tiempo prolongados (SANTOS *et al.*, 2018).

## REFERENCIAS

- BENGTSSON, L., ANDRAE, U., ASPELIEN, T., BATRAK, Y., CALVO, J., DE ROOY, W. C., GLEESON, E., HANSEN-SASS, B., HOMLEID, M., HORTAL, M., IVARSSON, K., LENDERING, G., NIEMELÄ, S., NIELSEN, K. P., ONVLEED, J., RONTU, L., SAMUELSSON, P., SANTOS MUÑOZ, D., SUBÍAS, A., TIJM, S. TOLL, V., YANG, X. y ØDEGAARD KØLTZOWB, M., 2017. The HARMONIE-AROME Model Configuration in ALADIN-HIRLAM NWP System. *Monthly Weather Review*, 145, 1919-1935.
- PADORNO PRIETO, E., SANTOS ATIENZA, I., RUIZ PACHECO, J. A., ALLUÉ CAMACHO, M., VAZ DE JESÚS, V. y MARTÍNEZ MARCO, I., 2017. Predicción meteorológica y de dispersión de contaminantes de alta resolución en zonas portuarias. XIV Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos.
- SANTOS, I., PADORNO, E., RUIZ, J. A. y MARTÍNEZ, I., 2018. Verification of HARM-AROME model at 1.0 km over Spanish Harbour Areas. 11th *ALADIN-HIRLAM Newsletter*, pp. 77-87.
- YANG, X., 2008. Development of HIRLAM/HARMONIE monitoring system. *HIRLAM Newsletter*, 54.

