



ANÁLISIS COMPARATIVO DE SIMULACIONES A 72 HORAS MEDIANTE EL MODELO WRF PARA EL HURACÁN IANOS (2020)

Edson Raúl GALLARDO PALMEROS, María Inés MOTA GÓMEZ, Ulises
Ramsés PRADO VALDERRÁBANO

Universidad Veracruzana

zS18009675@estudiantes.uv.mx, zS19011413@estudiantes.uv.mx,

zS19011411@estudiantes.uv.mx

RESUMEN

El huracán Ianos se desarrolló sobre el Mar Mediterráneo del 15 al 21 de septiembre de 2020 teniendo un gran impacto sobre el occidente y centro de Grecia. Mediante el modelo WRF-4.3.3 se realizó un total de cuatro experimentos con integraciones de 72 horas del 16 al 19 de septiembre de 2020. La fuente de datos utilizada para inicializar el modelo fue NCEP GDAS/FNL. Para cada experimento se modificaron parametrizaciones físicas con el fin de observar la variabilidad entre cada uno, asimismo, se emplearon datos de observaciones in situ y datos de reanálisis ERA5 con la finalidad de comparar la humedad relativa e intensidad del viento, así como la trayectoria de cada experimento. Finalmente, el experimento 1 muestra una mejor simulación de rapidez de viento y el experimento 3 una simulación más acertada en humedad relativa y trayectoria realizada.

Palabras clave: WRF, Ianos, NCEP GDAS/FNL, ERA5.

ABSTRACT

Hurricane Ianos developed over the Mediterranean Sea from September 15 to 21, 2020, having a great impact on western and central Greece. Using the WRF-4.3.3 model, a total of four experiments with 72-hour integrations were performed from September 16 to 19, 2020. The data source used to initialize the model was NCEP GDAS/FNL. For each experiment, physical parameterizations were modified in order to observe the variability between each one, likewise, data from in situ observations and ERA5 reanalysis data were used in order to compare relative humidity and wind intensity, as well as the trajectory of each experiment. Finally, experiment 1 shows a better simulation of wind speed and experiment 3 a more accurate simulation of relative humidity and trajectory.

Key words: WRF, Ianos, NCEP GDAS/FNL, ERA5.

1. INTRODUCCIÓN

Ocasionalmente se generan ciclones sobre el mar Mediterráneo que cuentan con características similares a los ciclones tropicales, presentan convección profunda, un ojo en calma y velocidades sostenidas del viento tan grandes como los conocidos huracanes. Ciclones de este tipo son denominados “medicane” debido al lugar donde se desarrollan.

Uno de los medicane más intensos observados en los últimos 25 años ha sido Ianos de 2020, su presión central observada fue de 984.3 hPa y la velocidad del viento alcanzó los 54 m/s, mientras que los vientos sostenidos registrados fueron de 44 m/s (Lagouvardos et al. 2022), que lo permiten clasificar como un huracán de categoría 2 en la escala de Saffir-Simpson.

Inicialmente, Ianos se desarrolló cerca de un cúmulo de tormentas en el Golfo de Sidra sobre una región del mar con aguas cálidas el 15 de septiembre de 2020, su fase de desarrollo duró 48 horas y para las 03UTC del 17 de septiembre de 2020 se convirtió en Medicane (Lagouvardos et al. 2022). Como se observa en la Fig. 1, Ianos siguió una trayectoria hacia Grecia occidental y finalmente se disipó sobre las costas de Egipto 7 días después de su formación.

Su recorrido total sobre aguas mediterráneas excedió los 1900 km y las precipitaciones diarias acumuladas superaron los 600 mm en el oeste de Grecia y 300 mm en algunas zonas del centro del país, lo que provocó cuatro víctimas y grandes daños materiales e infraestructurales causados por inundaciones y deslaves (Lagouvardos et al. 2022).

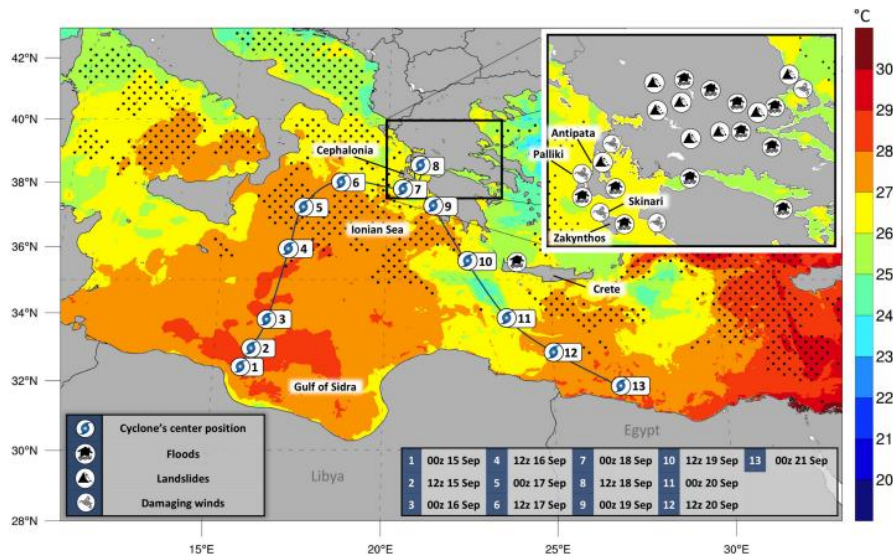


Fig. 1: Trayectoria de Ianos y temperatura superficial del mar. Fuente: Lagouvardos et al. (2022).

2. MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El área de estudio comprende un primer dominio correspondiente al mar Mediterráneo, y un segundo dominio que pertenece al territorio sur de Grecia (Fig.2). Esta zona se eligió debido a que fue donde el huracán Ianos impactó con mayor intensidad, dejando afectaciones socioeconómicas considerables.

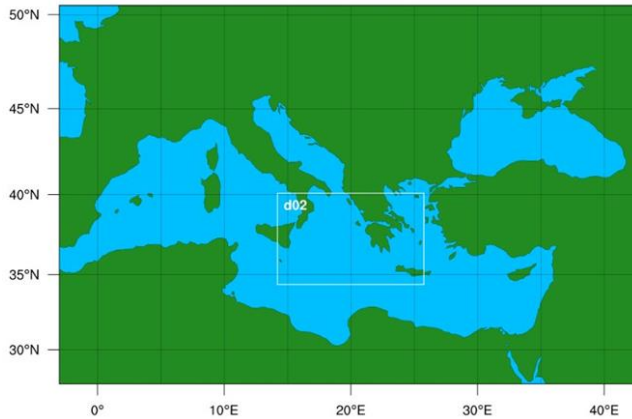


Fig. 2: Dominio 1 (21 km) y 2 (7 km).

2.2 Descripción de los experimentos

Se llevaron a cabo cuatro experimentos con diferentes parametrizaciones como se muestra en la Tabla 1, tomando en cuenta fechas establecidas del 16 al 19 de septiembre de 2020, periodo del desarrollo más significativo del evento.

Tabla 1: Parametrizaciones para cada experimento.

| Parametrización | Experimento 1 | Experimento 2 | Experimento 3 | Experimento 4 |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| mp_physics | 4 | 6 | 4 | 3 |
| ra_lw_physics | 1 | 4 | 1 | 4 |
| ra_sw_physics | 1 | 4 | 1 | 4 |
| radt | 30 | 30 | 50 | 15 |
| sf_sfclay_physics | 1 | 91 | 5 | 1 |
| sf_surface_physics | 2 | 2 | 2 | 4 |
| bl_pbl_physics | 1 | 1 | 5 | 1 |
| cu_physics | 5 | 16 | 1 | 1 |

De acuerdo con la guía de usuario del modelo WRF (2021), las parametrizaciones utilizadas para los experimentos realizados describen lo siguiente:

Microfísica de nubes (mp_physics); (4) Esquema de Kessler. Esquema de lluvia cálida, utilizado comúnmente en modelos de lluvia idealizada. (3) WRF Single-Moment (WSM) esquema de hielo simple de 3 clases y eficiente con procesos de hielo. (6) Esquema de graupel de clase 6 de WSM: esquema para procesos de hielo, nieve y graupel adecuado para simulaciones de alta resolución.

Radiación de onda larga (ra_lw_physics); (1) Esquema RRTM: Modelo de Transferencia Radiativa Rápida. (4) Esquema de RRTMG: Incluye un método de superposición aleatorio de nubes.

Radiación de onda corta (ra_sw_physics); (1) Esquema Dudhia: Integración descendente simple que permite una absorción y dispersión eficiente de nubes y cielo despejado. (4) Esquema de RRTMG: Incluye un método de superposición aleatorio de nubes.

Capa superficial (sf_sfclay_physics); (1) Esquema MM5. (5) MYNN: Esquema de capa superficial de Nakanishi y Niino PBL. (91) Longitud de la rugosidad térmica Chen-Zhang sobre el terreno, que depende de la altura de la vegetación.

Superficie terrestre (sf_surface_physics); (2) Modelo de superficie terrestre de Noah: esquema unificado NCEP/NCAR/AFWA.

Capa límite (bl_pbl_physics); (1) Esquema YSU. (2) Esquema TKE de Mellor-Yamada-Janjic (Eta). (5) Esquema TKE de nivel MYNN 2.5

Cumulos (cu_physics); (1) Esquema Kain-Fritsch (nuevo Eta): utiliza un enfoque de flujo de masa con corrientes descendentes y escala de tiempo de eliminación de CAPE. (5) Esquema de conjunto Grell 3D.

Todos los experimentos fueron ejecutados con una resolución de 21 km para el dominio padre y 7 km para el dominio anidado, y una frecuencia de 3 horas. Así mismo, el modelo fue inicializado con datos del NCEP GDAS/FNL.

2.3 Evaluación estadística.

Con el objetivo de evaluar el desempeño del modelo y de los cuatro experimentos realizados, se optó por abordar dicha tarea de distintos modos.

Por un lado, a través de la red ASOS de la Universidad Estatal de Iowa se obtuvieron datos de rapidez del viento y humedad relativa de la estación de Zakyntos, situada en 37.7°N y 20.8°E. Con las salidas numéricas de cada experimento se compararon las variables mencionadas, posteriormente se calculó el coeficiente de correlación lineal de Pearson, la Raíz cuadrada del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Error Absoluto Medio (MAE).

Para cada experimento y haciendo uso de datos de reanálisis ERA5 se trazaron las trayectorias de Ianos durante el lapso estudiado, y para poder cuantificar el error de las respectivas trayectorias se calcularon el Error de Trayectoria Promedio (MFE), el Error Absoluto Medio latitudinal (MAE lat) y el Error Absoluto Medio longitudinal (MAE lon). El MFE está definido como la magnitud de la distancia entre el punto simulado y el punto observado o best track, mientras que el MAE lat/lon está definido como la magnitud de la distancia existente entre la latitud/longitud observada y la latitud/longitud simulada, al ser un error absoluto no considera la dirección (Monterde y Jiménez, 2018).

3. RESULTADOS

Como resultado de las métricas de error utilizadas y como se observa en la Fig. 3, los experimentos 1 y 2 arrojaron una RMSE de 2.81 m/s y 5.59 m/s, mientras que para los experimentos 3 y 4 se obtuvo una RMSE de 6.13 m/s. En cuanto al MAE, se encontraron valores correspondientes a los experimentos 1, 2, 3 y 4, que fueron 2.34, 5.04, 5.40 y 5.61, respectivamente, esto para la rapidez del viento. Por otro lado, para la humedad relativa los valores de la RMSE fueron 16.57, 17.09, 14.55 y 18.08 %, hablando del MAE los resultados fueron de 13.00, 13.11, 11.35 y 12.93 %.

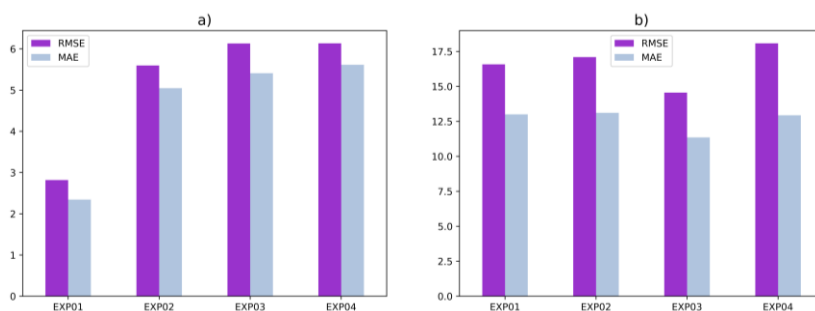


Fig. 3: RMSE y MAE para a) rapidez del viento (m/s) y b) humedad Relativa (%) en la estación de Zakynthos.

En cuanto al coeficiente de correlación lineal (ver Fig. 4) calculado entre los datos observados y cada experimento se obtuvieron valores de 0.8 (EXP01), -0.45 (EXP02), -0.68 (EXP03) y -0.69 (EXP04) para la rapidez del viento, mientras que para la humedad relativa los resultados fueron de 0.57 (EXP01), 0.63 (EXP02), 0.67 (EXP03) y 0.58 (EXP04).

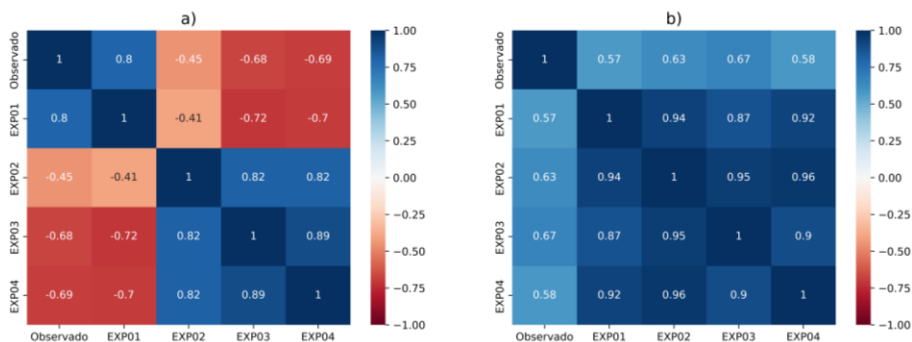


Fig. 4: Matriz de correlación entre los experimentos y datos observados para a) rapidez del viento (m/s) y b) humedad Relativa (%)

Las trayectorias de Ianos simuladas por cada experimento y la obtenida a partir de datos de reanálisis ERA5 se muestran en la Fig. 5.

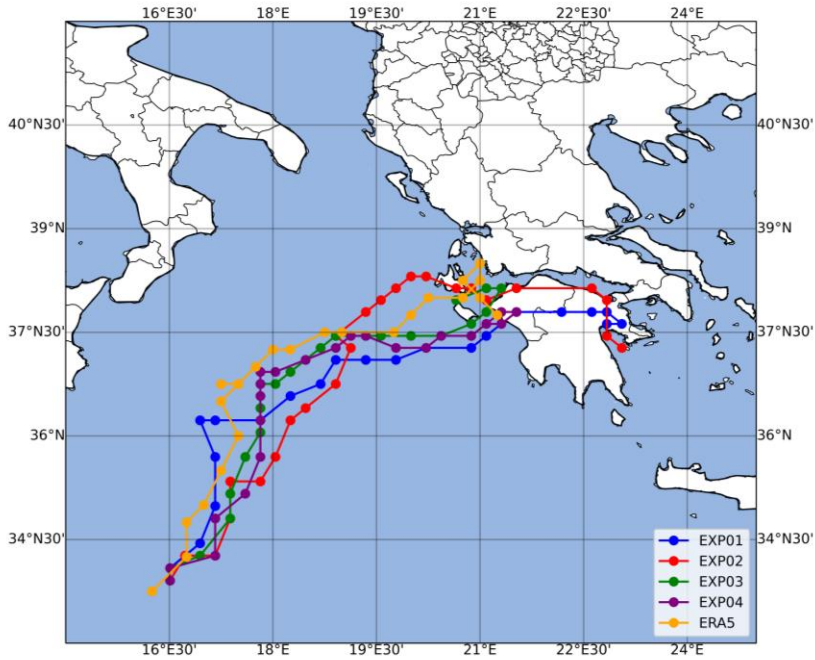


Fig. 5: Trayectorias de Ianos (experimentos vs ERA5)

El MFE (km) para los experimentos 1 y 2 fue de 86.36 y 90.49, respectivamente; los experimentos 3 y 4 arrojaron por igual un valor 41.89. Por otra parte, el MAE longitudinal (°) para cada experimento fue: 0.75, 0.82, 0.34 y 0.37. Por último, el MAE latitudinal (°) tuvo valores de 0.33, 0.36, 0.19 y 0.26 para los experimentos uno, dos, tres y cuatro respectivamente.

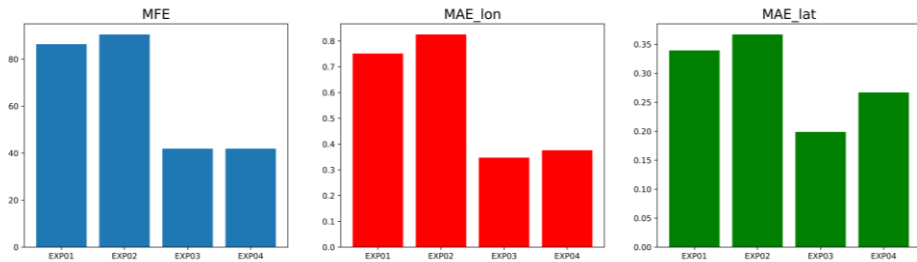


Fig. 6: Métricas de error de trayectoria (MFE y MAE lat/lon) para cada experimento

4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos se encontró que el experimento 1, cuyas parametrizaciones se muestran en la Tabla 1, fue el que menor error mostró en términos del RMSE (2.81) y del MAE (2.34) para la rapidez del viento, sin embargo para la humedad relativa el que presentó un mejor desempeño fue el experimento 3 (ver Tabla 1), con una RMSE de 14.55 y un MAE de 11.35.

Lo anterior mencionado se vio reflejado a través del coeficiente de correlación (ver Fig. 4) donde para la rapidez del viento el mayor valor (0.8) se obtuvo con el experimento 1. Por otro lado, el mayor valor para la humedad (0.67) se dio con el experimento 3.

En cuanto a las trayectorias, aunque los experimentos 3 y 4 presentaron un valor igual del MFE (41.89), no lo fue para el MAE longitudinal donde el experimento 3 tuvo un valor de 0.34 contra 0.37 del experimento 4. Por otro lado, el MAE latitudinal el experimento 3 presentó un valor de 0.19 y el experimento 4 un valor de 0.26, por lo que, el experimento 3 fue el que mostró el mejor rendimiento.

Por lo anterior, se puede concluir que el experimento 1 fue el mejor para simular la rapidez del viento y el experimento 3 fue el mejor para la humedad relativa y para el recorrido realizado por Ianos.

REFERENCIAS

Copernicus climate data store. (s/f). Copernicus.Eu. Recuperado el 27 de abril de 2023, de <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels>

Herzmann, D. (s/f). IEM :: Download ASOS/AWOS/METAR data. Iastate.edu. Recuperado el 27 de abril de 2023, de https://mesonet.agron.iastate.edu/request/download.phtml?network=CO_ASOS

Lagouvardos, K., Karagiannidis, A., Dafis, S., Kalimeris, A., & Kotroni, V. (2022). Ianos—A Hurricane in the Mediterranean, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 103(6), E1621-E1636. doi: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0274.1>

Monterde, D. y Jiménez S. (2018). *Implementación del esquema de sembrado de vórtices en el modelo WRF para dos casos de estudio: Huracán Patricia (2015) y Huracán Matthew (2016)*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Veracruzana

Webmaster, M. M. M. (s/f). WRF USER SUPPORT. Ucar.edu. Recuperado el 23 de marzo de 2023. https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/physics/wrf_physics_suites.php

WRF Portal NAMELIST.INPUT options. (s/f). Noaa.gov. Recuperado el 23 de marzo de 2023. https://esrl.noaa.gov/gsd/wrfportal/namelist_input_options.html