

EXPLORACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DE LA RESPUESTA CONVECTIVA A CONDICIONES AMBIENTALES EN SIMULACIONES IDEALIZADAS DE SUPERCELAS CON WRF

Esteban Semino¹, Jorge Gacitúa Gutiérrez^{1,2}, Juan Ruiz^{1,2,3}, Paola Salio^{1,2,3}
esti.semino@hotmail.com

¹ Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina

² CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina

³ CNRS – IRD – CONICET – UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina.

Palabras clave: modos convectivos, simulación numérica de la convección, convección húmeda profunda

1) INTRODUCCIÓN

Predecir la intensidad y estructura de la convección profunda sigue siendo un desafío debido a la sensibilidad de los procesos convectivos a las condiciones termodinámicas y cinemáticas del entorno. Los experimentos numéricos idealizados brindan un marco controlado para investigar teórica y sistemáticamente la sensibilidad, tal como se hizo en el trabajo de Peters et. al. (2022a). Inspirado en trabajos recientes con simulaciones numéricas como los de Sueki (2024) y Peters et. al. (2022b) este estudio explora la influencia de diferentes configuraciones iniciales del entorno en la evolución convectiva y la intensidad de las tormentas utilizando simulaciones idealizadas con el modelo numérico WRF. En particular, el objetivo de este estudio es desarrollar una metodología objetiva para la clasificación de los modos convectivos a partir de simulaciones realizadas con un modelo numérico.

2) METODOLOGÍA

Se utiliza el modelo WRF en modo idealizado con una resolución horizontal de 2 km en un dominio de 80×80 puntos con 41 niveles verticales. Se realizaron un total de 96 simulaciones, cada una de 4 horas de duración, variando parámetros físicos relacionados con la forma del perfil vertical de viento y temperatura. Este conjunto de 96 simulaciones es analizado y clasificado manualmente bajo el criterio de un humano experto, considerando la evolución de variables como reflectividad, velocidad e índices termodinámicos importantes. Se determinaron 6 categorías: celda inhibida, no meteorológico, supercelda, celda ordinaria, supercelda con crecimiento de escala y celda ordinaria con crecimiento de escala. La Figura 1 muestra la evolución temporal de la reflectividad máxima y velocidad vertical máxima, junto con la hodógrafa e índices termodinámicos iniciales, de una de las simulaciones que ha sido clasificada como supercelda.

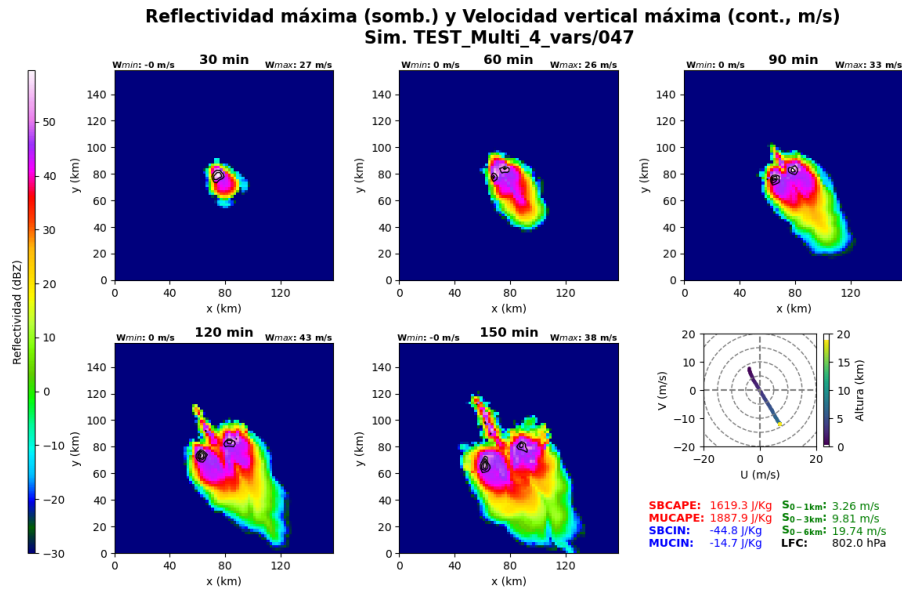


Figura 1: Evolución temporal de la reflectividad máxima (sombreado, dBZ) y velocidad vertical máxima (contornos, m/s) para uno de los casos simulados clasificado como supercelda. Los paneles muestran imágenes cada 30 minutos desde los 30 hasta los 150 minutos. El panel inferior derecho muestra la hodógrafa del entorno y los parámetros derivados de los perfiles verticales iniciales de viento y temperatura, incluyendo S06 (cortante 0–6 km), MUCAPE y el nivel de libre convección.

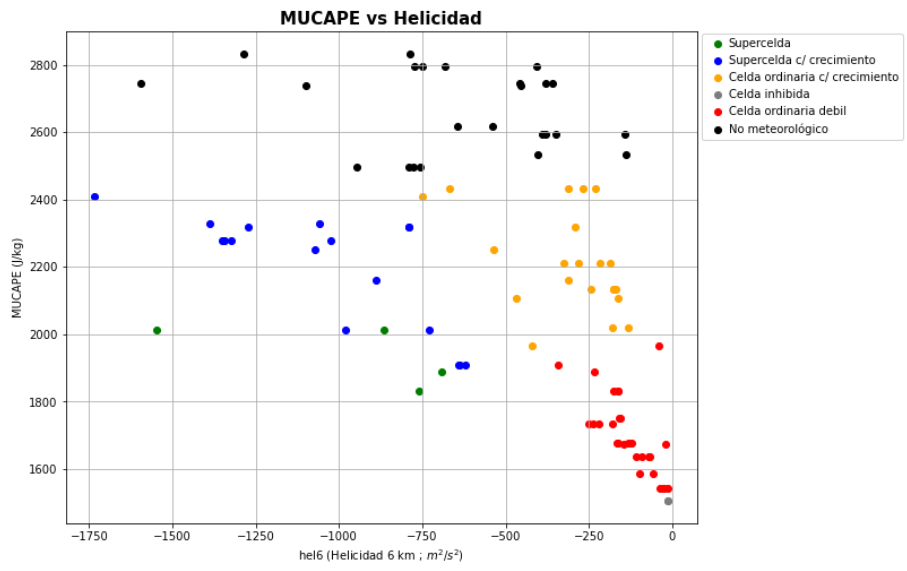


Figura 2: Clasificación basada en expertos de las simulaciones idealizadas en el espacio MUCAPE–helicidad. Cada punto representa una simulación, coloreada según su clasificación subjetiva: supercélula, supercélula en crecimiento, célula creciente ordinaria, célula ordinaria, célula ordinaria débil o simulación no meteorológica.

Posteriormente, se seleccionarán parámetros o métricas individuales en conjunto con series temporales representativas, que serán sometidas a técnicas de reducción de dimensionalidad, para luego generar una clasificación automatizada basada en técnicas de agrupamiento estadísticas (como por ejemplo K-Means) que reproduzca de la forma más fehaciente la clasificación del ojo humano experto.

3) RESULTADOS

El análisis de conglomerados presente en la Figura 2 revela seis regímenes característicos que van desde condiciones no convectivas o eventualmente no meteorológicas hasta superceldas altamente organizadas. Aproximadamente la mitad de las simulaciones no presentan convección significativa, lo que indica que solo combinaciones específicas de parámetros desencadenan el desarrollo de tormentas. Las condiciones iniciales del entorno influyen de forma particular en el tipo de tormenta que se puede generar, por ejemplo, las superceldas requieren de un alto CAPE y helicidad, mientras que las celdas ordinarias se presentan en entornos con poca cortante y CAPE moderado.

4) DISCUSIÓN

Los resultados preliminares sugieren que es posible implementar una clasificación automática confiable que refleje adecuadamente el criterio experto, empleando únicamente información objetiva derivada de las simulaciones. Este enfoque tiene potencial para ser adaptado a contextos operativos, facilitando el diagnóstico temprano y la evaluación de riesgos asociados a tormentas severas, especialmente en situaciones que demandan respuestas rápidas y precisas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se desarrolla en el marco del Proyecto SNF SPIRIT: “UnWeather Wizard: Visualización e Interpretación de la Incertidumbre en Pronósticos Numéricos de Alta Resolución” y del proyecto [PREVENIR](#)

REFERENCIAS

Peters, J. M., Morrison, H., Nelson, T. C., Marquis, J. N., Mulholland, J. P., & Nowotarski, C. J. (2022a). The influence of shear on deep convection initiation. Part I: Theory. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 79(6), 1669-1690.

Peters, J. M., Morrison, H., Nelson, T. C., Marquis, J. N., Mulholland, J. P., & Nowotarski, C. J. (2022b). The influence of shear on deep convection initiation. Part II: Simulations. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 79(6), 1691-1711.

Sueki, K. (2024). Massive parameter sweep experiment on convective cloud environment: Changes in rainfall characteristics in Moisture–Instability–Shear Space. SOLA, 20B(Special_Edition), 1–9.