

IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SIMULADOR DE RADAR METEOROLÓGICO POLARÍMETRO PARA EL MODELO WEATHER RESEARCH AND FORECASTING MODEL (WRF)

Victoria S. GALLIGANI ^{1,2,3}, Die WANG ⁴, Paula MALDONADO ^{1,2,3}
victoria.galligani@cima.fcen.uba.ar

¹ Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA, CONICET-UBA)

² UMI-IFAECI, (CNRS-CONICET-UBA)

³ CONICET

⁴ Environmental and Climate Sciences Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, USA

RESUMEN

Se presenta un simulador de radar meteorológico polarimétrico robusto, rápido y de uso libre para ser utilizado en conjunto con el modelo Weather Research and Forecasting model (WRF). Este operador observacional es capaz de transformar las variables meteorológicas simuladas por el modelo WRF a las variables observadas por un radar meteorológico de superficie de banda C, banda S y banda X incluyendo la Reflectividad Horizontal, Reflectividad Diferencial, Diferencial de Fase Específico, atenuación y la Velocidad Doppler. El simulador cuenta con una agenda para la simulación de los radares de la red del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME) de la Argentina. El presente trabajo presenta además una comparación con otro modelo similar, el Cloud Resolving model Radar SIM-ulator (CR-SIM), para casos de estudio donde los radares meteorológicos existentes en la Argentina observen fenómenos convectivos.

ABSTRACT

A forward polarimetric radar operator is presented for the Weather Research and Forecasting model (WRF). This operator, developed in python with a modular design, has been designed with an emphasis on robustness and very fast calculations to meet possible future operational demands. It is able to transform the meteorological variables simulated by WRF to the variables observed by a C-band, S-band and X-band meteorological weather radar including Horizontal Reflectivity, Differential Reflectivity, Specific Differential Phase, Attenuation and Doppler velocity. The model is distributed together with an agenda for the simulation of all the radars integrating the National System of Meteorological Radars (SINARAME) in Argentina. The present work also presents a comparison with another similar model, the Cloud Resolving model Radar SIM-ulator (CR-SIM), for case studies where meteorological radars in Argentina observe convective storms.

Palabras clave: radar meteorológico polarimétrico, sensoramiento remoto, simulación

RESUMEN EXTENDIDO

El principal desafío que presenta el pronóstico de los fenómenos convectivos recae en la dificultad para conocer y diagnosticar adecuadamente el estado inicial de la atmósfera en esta escala. Esto se debe a que la frecuencia espacial y temporal con la que se obtienen las observaciones generalmente no es la adecuada. Radares meteorológicos, satélites y redes de estaciones de superficie de alta densidad son las únicas observaciones que pueden aportar la información necesaria para describir el estado de la atmósfera en la escala de las tormentas. Si bien la red observacional de mesoescala en la región es escasa, cabe destacar que los últimos años han marcado un importante desarrollo, particularmente debido a la incorporación de radares meteorológicos de doble polarimetría en banda C a la llamada red del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME). En la actualidad, la mayoría de los radares existentes en Argentina son radares Doppler, que operan en banda C (i.e. 5.5 GHz). Asimismo, algunos de los radares actuales, como son los radares INTA-Anguil (La Pampa), INTA-Paraná (Entre Ríos), y los radares pertenecientes al proyecto SINARAME son además radares que posean capacidades de obtener

variables polarimétricas. Al combinar observaciones de alta resolución espacial y temporal, como la de los radares meteorológicos, con modelos numéricos de alta resolución capaces de simular la evolución de sistemas convectivos, se puede obtener un diagnóstico detallado del estado de la atmósfera. La asimilación de datos de radares meteorológicos en modelos numéricos de predicción meteorológica es de gran valor para una serie de aplicaciones de pronóstico (por ejemplo pronósticos a muy corto plazo, detección de granizo y hielo, previsión de tiempo severo, etc). Es en este contexto que es necesario contar con un simulador que permita modelar el comportamiento de las diferentes variables de los radares bajo diversos parámetros meteorológicos, ya que uno de los mayores desafíos que presenta la asimilación de datos de radar está relacionado con que las variables que pueden ser asimiladas (e.g., reflectividad, velocidad doppler, y variables polarimétricas) no son directamente comparables con las variables del modelo atmosférico. Entonces, para facilitar la comparación entre las simulaciones numéricas y las observaciones de radar se emplea un operador observacional. Este operador establece la relación entre la información que aporta el modelo y la información proveniente del radar meteorológico mediante la transformación de las variables del modelo en variables observadas, permitiendo de esta forma la comparación directa entre ambas.

Para responder a estas necesidades, como también para facilitar la comparación entre simulaciones numéricas de mesoescala y observaciones reales de radares meteorológicos en el contexto de estudios de verificación y validación de microfísica de nube, el presente trabajo presenta un operador observacional de radar meteorológico polarimétrico de libre uso, desarrollado en python, rápido y robusto, para un fin operativo en la región. Dicha herramienta es capaz de transformar las variables meteorológicas simuladas por el modelo Weather Research and Forecasting model (WRF) (e.g., perfiles de temperatura, perfiles de relación de mezcla de lluvia, etc) a las variables observadas por un radar meteorológico (e.g., Reflectividad Horizontal, Reflectividad Diferencial, diferencial de fase específico, atenuación, Velocidad Doppler) de banda C, banda S y banda X. En el presente trabajo se propone describir el funcionamiento del operador, el cual consiste de diferentes módulos que en su conjunto resuelven los correspondientes procesos físicos, por ejemplo la propagación atmosférica de un haz microondas, su dispersión, su extensión y su atenuación, para los radares de la red del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos (SINARAME). Para estos últimos procesos de interacción de los hidrómetros con el haz del radar, es clave incorporar de manera consistente con WRF las parametrizaciones de la microfísica correspondiente y un cálculo adecuado de las propiedades ópticas de las especies de la misma. El modelo actualmente puede utilizar las salidas del WRF con las parametrizaciones microfísicas WRF-WSM6 (Hong and Lim, 2006) y WRF-Morrison (Morrison et al., 2009).

Finalmente, se presenta una evaluación del operador desarrollado. Para dicha tarea se identificaron casos de estudio donde los radares meteorológicos existentes en la Argentina observen fenómenos convectivos. Se identificó un conjunto de casos y se realizaron simulaciones numéricas del conjunto de casos mediante WRF para luego generar imágenes sintéticas con el modelo desarrollado. Se compararon las observaciones existentes con las imágenes sintéticas simuladas por el modelo desarrollado como también con otro modelo de uso libre: Cloud Resolving model Radar Simulator (CR-SIM) desarrollado en la Universidad de McGill, Stonybrook y Brookhaven National Laboratory. Se presenta un análisis de los enfoques que ambos modelos utilizan para resolver los correspondientes procesos físicos.