

EL MODELO DE PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL TIEMPO WRF – ARW: SU USO OPERATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE METEOROLOGÍA DEL SHN

Estela A. COLLINI¹ - Paula B. MARTIN^{1y2}

eacollini@ara.mil.ar - pmartin@ara.mil.ar

(1) Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Argentina

(2) Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN - UBA)

Resumen

En el Departamento de Meteorología del Servicio de Hidrografía Naval (SHN), se ha implementado desde principios de 2007 una de las versiones del Modelo de Pronóstico Numérico del Tiempo WRF-ARW (NCAR). Este modelo es un ejemplo de la nueva generación en modelos numéricos de mesoescala para la predicción numérica del tiempo, y fue diseñado para ser utilizado, tanto en el pronóstico operativo como en la investigación de la atmósfera. Se caracteriza por ser modular, y presentar múltiples núcleos dinámicos que permite adecuarlo para distintos propósitos de investigación y operativos.

La configuración implementada presenta una resolución espacial de 45 km, el dominio comprende toda Sudamérica y los océanos adyacentes y se producen los pronósticos a 48 horas con un intervalo de 3 horas, de las variables meteorológicas de interés, tales como presión a nivel del mar y precipitación. Dentro de los pronósticos especiales se encuentra los de apoyo a rutas aéreas, siendo la que une Ezeiza con Espora la de uso más frecuente. Los campos pronosticados por el WRF-ARW de viento y temperatura en todos los niveles de vuelo se utilizan para este tipo de pronóstico. Otros resultados de uso cotidiano, son los campos de viento a 10 metros pronosticados sobre distintas regiones costeras de la Argentina y el océano Atlántico circundante para apoyo de la navegación

Abstract

This work describes the implementation of one version of the numerical prediction model WRF-ARW at the Department of Meteorology of the Naval Hydrographic Service (SHN).

The model domain covers South America and the surrounding oceans with 45 km of spatial resolution. A 48-hours forecast of precipitation and mean sea level pressure every 3 hours is implemented on daily basis. In addition, a 48-hours forecast of wind and temperature at all flight route levels for the Ezeiza-Espora flight route, and a 48-hours forecast of 10-meters winds over selected regions of the Argentine coasts and nearby South Atlantic Ocean, every 3 hours, are publicized. Some studies of meteorological extreme events using the WRF-ARW forecast fields are started, as well as a daily forecasts data base is created. One of the main issues of this implementation is the operational insight into the resulting model forecast fields obtained as a consequence of the interaction with the operational forecasters.

Introducción

Los modelos de pronóstico numérico del tiempo, constituyen en la actualidad las principales herramientas, que utilizan los científicos para analizar el comportamiento de eventos meteorológicos y postular explicaciones de su formación y desarrollo. El WRF (Michalakes et al., 2004; 2001) en sus versiones ARW (Advanced Research Weather) y NMM (Nonhydrostatic Mesoscale Model) es la nueva generación en sistemas de mesoescala de predicción numérica del tiempo, diseñado para ser utilizado tanto en el pronóstico operativo como en la investigación en Ciencias de la Atmósfera. Se caracteriza por ser modular y presenta múltiples núcleos dinámicos, un sistema de asimilación variacional de datos tridimensional, y una arquitectura de software que permite procesamiento paralelo

y extensibilidad. La comprensión del sistema acoplado océano-atmósfera depende en parte de las escalas en las que ambos fluidos interactúan, y de los procesos de realimentación. El sistema de alta resolución WRF (Weather Research and Forecasting) provee de una herramienta efectiva de modelado de dispersión y transporte en la atmósfera y de modelado de la costa oceánica en los que se incluye los efectos de la orografía costera y de la capa límite planetaria. Este modelo de alta resolución incluye desarrollos físicos de los procesos que contribuyen a la alta variabilidad temporal y espacial de los procesos de superficie, proporcionando análisis y pronósticos de mesoescala eficaces.

El WRF fue diseñado para ser utilizado en un amplio espectro de aplicaciones de las ciencias de la atmósfera, con resoluciones espaciales que van de metros a cientos de kilómetros. Tales aplicaciones incluyen la investigación y predicción numérica del tiempo, la asimilación de datos e investigación de las parametrizaciones de la física, las simulaciones climáticas con la técnica de downscaling, el acople atmósfera-océano, y las simulaciones idealizadas (turbulencia en la capa límite, convección, ondas baroclínicas, etc.).

Algunos antecedentes de la aplicación del modelo WRF

Como antecedente del procesamiento del WRF tenemos las diferentes versiones del modelo WRF con el fin del pronóstico experimental diario y de investigación, que fueron instaladas y se procesan diariamente en forma experimental a partir del 2004 en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la Universidad de Maryland (UMD) y se publican en la página web: <http://www.atmos.umd.edu/~berbery/>.

Entre los estudios de las aplicaciones del WRF sobre Sudamérica, podemos citar a Ferreira et al (2006) quienes encontraron que la depresión del noroeste Argentino es sensible a cambios en los parámetros de superficie y en consecuencia en la circulación asociada. Esta última produce un claro impacto en el régimen de la precipitación principalmente sobre la cuenca del Plata. Asimismo, Galvéz and Douglas, (2006) utilizaron el modelo WRF para estudiar el impacto de la presencia del lago Titicaca en la ocurrencia de tormentas convectivas. La aplicación del WRF para estas situaciones se fundamenta en la habilidad del modelo para resolver la convección tal como lo mostró Klemp estudiando el ciclo de vida de los CCM sobre Norteamérica (Klemp, 2004). Por otro lado, Mejía and Douglas (2006) estudiaron la interacción entre la topografía y el flujo medio desde un punto de vista dinámico utilizando simulaciones numéricas y observaciones. Mientras que Coelho et al, 2006 realizaron dos simulaciones de patrones climáticos de precipitación diferentes para la misma región de estudio (zona ecuatorial), considerando distintas parametrizaciones físicas.

Con el procesamiento experimental diario del WRF-ARW y sus diversas aplicaciones para casos de estudio, el Departamento de Meteorología del SHN ha adoptado las nuevas tendencias mundiales en pronóstico numérico del tiempo.

Procesamiento del WRF-ARW en el Departamento de Meteorología del SHN

Todo centro o servicio de meteorología debe atender las necesidades institucionales como las del público en general, y por ello la utilización de los modelos de pronóstico constituye una herramienta fundamental para la actividad de pronóstico diaria, y para la investigación de situaciones de ocurrencia de fenómenos meteorológicos severos que ponen en riesgo las actividades humanas y los bienes materiales. En particular, en el Departamento de Meteorología del SHN las aplicaciones de pronóstico sirven para el apoyo a la aviación y operaciones navales.

En el Departamento de Meteorología del SHN, a principios de 2007, se implementó la versión 2.0 del WRF-ARW para el pronóstico experimental diario, con campos iniciales y condiciones de

borde provenientes de los archivos del GFS (Global Forecast System) (NCEP), adquiridos desde el NCEP. El GFS es un modelo espectral que simula la circulación atmosférica en 64 niveles para un dominio que abarca el mundo entero.

El sistema de procesamiento del WRF cuenta con 3 módulos principales, el preprocesamiento (WRF Preprocessing System, WPS), el modelo WRF-ARW en sí y el postprocesamiento, el cual genera los campos de las variables en un formato que se grafica utilizando GrADS (Grid Analysis and Display System).

En toda Sudamérica y en particular en la Argentina nos encontramos con fenómenos regionales, cuya naturaleza necesita ser desentrañada y su ocurrencia pronosticada. Una de los problemas que nos encontramos en los países de Sudamérica es la escasez de observaciones de superficie y altura por no disponer de una red suficientemente densa de estaciones de medición. Es en estas circunstancias, los modelos y sus pronósticos a corto plazo proporcionan datos invalorable de las condiciones atmosféricas de regiones donde la carencia de datos es una constante.

La versión instalada del modelo, es una versión no hidrostática, cuyas principales características son:

- **Microfísica:** Microfísica del Eta. Es el paquete operacional de los modelos en el NCEP: Un esquema eficiente simple con procesos de diagnóstico de fase mixta.
- **Radiación de onda larga:** Esquema RRTM. Modelo Radiativo de transferencia rápida.
- **Radiación de onda corta:** Esquema Dudhia. Integración simple permitiendo absorción y dispersión en nubes y cielo despejado.
- **Capa de superficie:** Basado en la teoría de Monin-Obukhov con la longitud de rugosidad de Zilitinkevich.
- **Suelo:** Esquema de difusión térmica.
- **Capa Límite Planetaria:** Esquema de Mellor-Yamada-Janjic. Energía cinética turbulenta con mezcla vertical local.
- **Parametrización de Cúmulos:** Esquema Betts-Miller-Janjic.

En la actualidad se realiza el procesamiento diario experimental del WRF-ARW, y se obtienen los campos pronosticados a 48 horas, cada 3 horas, de precipitación, presión a nivel del mar, componentes zonal y meridional de la velocidad del viento, velocidad vertical w , la perturbación de temperatura potencial, de geopotencial y de la presión de superficie del aire seco, energía cinética turbulenta, relación de mezcla del vapor, relación de mezcla de agua de lluvia o nieve, entre otros. Se está generando una base de datos de los archivos resultantes del procesamiento diario, por un lado el archivo en formato Network Common Data Form (Netcdf) de los campos pronosticados cada 3 horas hasta 48 horas, de todas las variables seleccionadas y por otro de las salidas del postprocesamiento en formato GrADS.

Se seleccionan algunas de las variables pronosticadas atendiendo a las necesidades de la Guardia de Pronóstico del Departamento de Meteorología del SHN. Se desarrollaron scripts en Linux, Perl y GrADS para visualizar la precipitación, la presión a nivel del mar, y el viento a 10 metros (dividido en cuatro regiones, Cabo Frío -Punta del Este; Punta del Este – Rincón; Viedma - Puerto Deseado; Puerto Deseado - Cabo de Hornos); temperatura y viento en los niveles de vuelo en la ruta Ezeiza – Espora. Estos campos están a disposición diariamente para la guardia de pronóstico del Departamento de Meteorología del SHN.

Ejemplos de los campos de las variables meteorológicas resultantes del WRF-ARW

Presión y precipitación

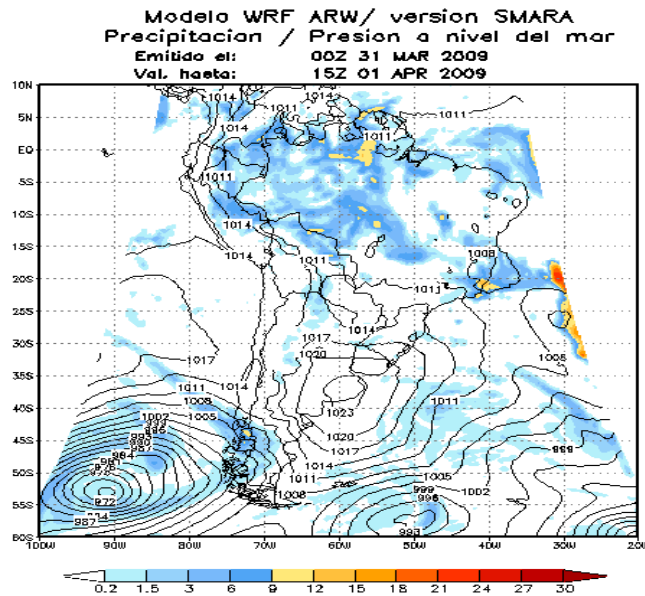


Figura 1. Campo de presión y precipitación pronosticados por el WRF-ARW en Sudamérica.

Ruta de vuelo Ezeiza – Espora

Modelo WRF ARW/ version SMARA
nivel de vuelo a 914 metros, resolución 45 km
Emitido el: 00Z 31 MAR 2009
Valido hasta: 18Z 01 APR 2009

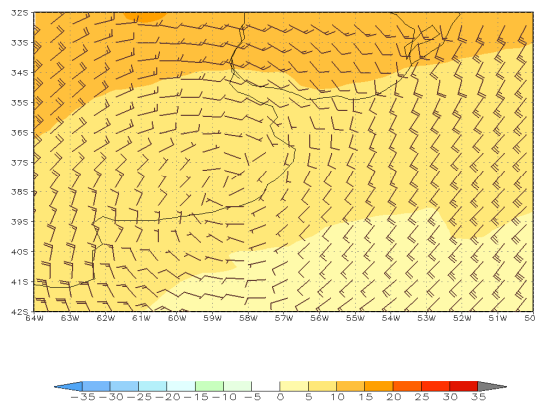


Figura 2. Campos de viento pronosticados por el WRF-ARW en la región que va desde los 32° S hasta los 42° S y los 64° W a los 54° W para el nivel de vuelo a 914 metros.

La Figura 1 muestra un anticiclón con un dominio de influencia sobre gran parte del litoral Atlántico argentino. En la Figuras 2 se presenta el campo pronosticado de viento en la región que va desde 32° S hasta 42° S y entre los 64° W a los 50° W, en el nivel de vuelo a 914 metros de altura. Los valores de temperatura se identifican con el rango de la barra de colores.

Vientos a 10 metros en 4 regiones del Atlántico Sur
a) b)

Actas XXIV Reunión Científica de la AAGG
Climatología y Meteorología

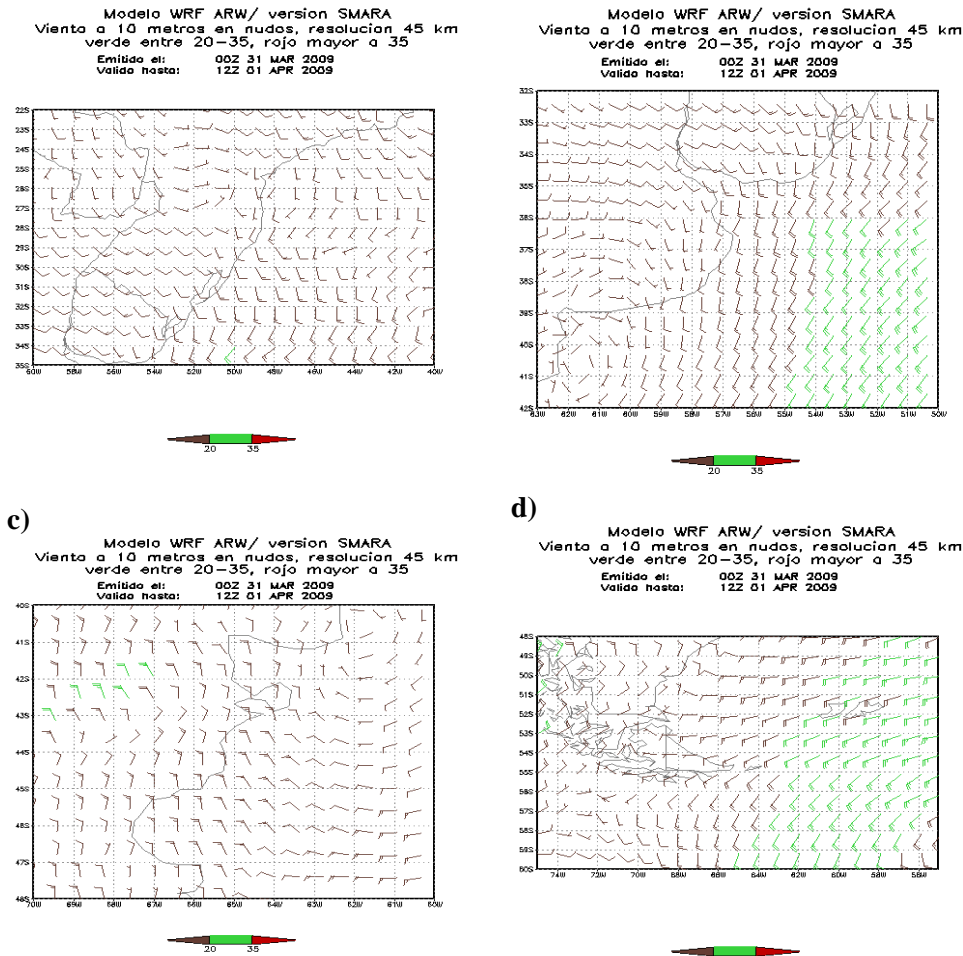


Figura 3. Campos de viento en 10 metros pronosticados por el WRF-ARW en diferentes regiones del Atlántico.

En la Figura 3 se presentan los campos de viento pronosticado a 10 metros correspondientes a 4 regiones del Atlántico Sudoccidental. La Figura 3 a) corresponde a la región que va desde Cabo Frío (Brasil) hasta Punta del Este (Uruguay), la b) abarca la zona que va desde Punta del Este (Uruguay) hasta Rincón (Buenos Aires, Argentina), la c) corresponde a la región que va desde Viedma (Argentina) hasta Puerto Deseado (Argentina) y por último la d) presenta la región que va desde Puerto Deseado (Argentina) hasta Cabo de Hornos. Los colores de las barbillas presentados en estas figuras representan los rangos de intensidades de viento en nudos. El color negro representa una intensidad de viento inferior a 20 nudos, el verde corresponde a un viento superior a 20 e inferior a los 35 nudos y por último el color rojo corresponde a una intensidad superior a los 35 nudos.

Consideraciones Generales

Los resultados de campos pronosticados de variables claves, son consultados por la guardia de pronóstico del Departamento de Meteorología del SHN para elaborar el pronóstico operativo de situaciones meteorológicas complejas. Asimismo, se ha comenzado el estudio de algunos casos de fenómenos meteorológicos severos que afectan la seguridad náutica con los campos resultantes del procesamiento del WRF- ARW. Finalmente, se está trabajando sobre la generación de algunos productos derivados de los resultados del WRF –ARW, que se utilizarán en otras aplicaciones que se procesan en el Departamento de Meteorología del SHN.

Referencias

1a ed. - Buenos Aires: Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, 2009
ISBN 978-987-25291-1-6. Ciencias de la Tierra. I.
Pag. 16, 21, 2009

- Coelho, D; M. Justi da Silva, and I. de Azevedo Santos. 2006. Anomalous rainfall in the northeastern Brazil in January of 2004: downscaling using model WRF. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, CD Rom.
- Ferreira, L. J., C. Saulo, J. Ruiz and M. Seluchi. 2006. The impact of land use changes over the Low level circulation related to the northwestern Argentinean low, Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, CD Rom.
- Gálvez J. M. and M. W. Douglas. 2006: Modulation of rainfall by Lake Titicaca using the WRF Model. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, CD Rom.
- Klemp, Joe, "Convection Resolving NWP using WRF", http://srnwp.cscs.ch/Lead_Centres/BadOrb/presentations/non_hydrostatic_systems/ Klemp/SRNWP. 1003 ppt.
- Mejia J. F. and M. Douglas. 2006: Flow around the Andean elbow from WRF Simulations and P-3 Aircraft measurements during the SALLJEX. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, CD Rom.
- Michalakes, J., Dudhia, D. Gill, T. Henderson, J. Klemp, W. Skamarock, and W. Wang, 2004: "The Weather Research and Forecast Model: Software Architecture and Performance," to appear in proceedings of the 11th ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing In Meteorology, 25-29 October 2004, Reading, U.K. Ed. George Mozdzynski.
- Michalakes, J, Chen, J. Dudhia, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, and W. Skamarock 2001: Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model. Developments in Teracomputing: Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. Eds. Walter Zwiefelhofer and Norbert Kreitz. World Scientific, Singapore. pp. 269-276.