

# EVALUACIÓN DE METODOLOGÍA SPECTRAL NUDGING PARA LA OBTENCIÓN DE ANÁLISIS REGIONALES COMBINANDO EL WRF-LETKF Y GEFS

Martin Iglesias<sup>1</sup>, María Eugenia Dillon<sup>2,3</sup>, Yanina García Skabar<sup>2,3,4</sup>, Maximiliano Sacco<sup>3</sup>  
 met.iglesias@live.com; mdillon@smn.gov.ar; yanina@smn.gov.ar

<sup>1</sup>Dto. de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (UBA), <sup>2</sup> CONICET, <sup>3</sup> Servicio Meteorológico Nacional, <sup>4</sup>UMI-IFAECI

## Motivación

Para la generación de análisis regionales se presentan dificultades en la forma en que el modelo es alimentado en sus bordes laterales y varios estudios han demostrado que las condiciones de borde pueden conducir a problemas asociados al esquema de anidación, el tamaño del dominio y/o el posicionamiento de los mismos (ej. Davies 2014), lo cual puede deteriorar el sistema de asimilación. Un posible tratamiento es la utilización de la técnica de *spectral nudging* (Waldron et al., 1996), donde se fuerzan las variables atmosféricas del modelo regional a las características de gran escala del modelo global.

## Objetivo Principal

→ En Sudamérica, existen algunos estudios realizados con el fin de generar y/o implementar sistemas de asimilación de datos regionales, en los cuales se mostraron resultados alentadores (ej.: Dillon 2017 y trabajos citados). Sin embargo es necesario continuar avanzando en relación a la generación de análisis y pronósticos por ensambles que es uno de los desafíos pendientes para la meteorología de nuestro país.  
 → En este estudio se planteó como objetivo evaluar la sensibilidad en los análisis y pronósticos de un sistema regional WRF-LETKF, el cual se encuentra en desarrollo en el SMN Argentino, a la incorporación de información del flujo del modelo global conducente Global Ensemble Forecast System (GEFS) a partir de la técnica de *spectral nudging*.

## Metodología

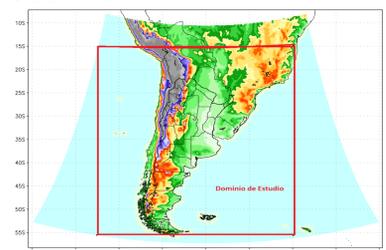
Se utilizó el sistema de asimilación de datos WRF-LETKF (Weather and Research Forecasting Model - Local Ensemble Transform Kalman Filter) Data Assimilation System para la generación de análisis y pronósticos durante un periodo de prueba. (Hunt et al, 2007; Miyoshi and Kunii, 2011)

El sistema de asimilación se inicializa el 1 de diciembre del 2015 a las 00 UTC hasta el 31 de enero 2016 a las 18UTC a partir de los 20 miembros disponibles del modelo GEFS, y utilizando combinaciones de distintas parametrizaciones de capa límite planetaria y convección.

### Configuración del Sistema WRF-LETKF

Resolución horizontal	20km (280 x 270 puntos)
Resolución vertical	38 niveles verticales sigma-p (tope en 50hpa)
Frecuencia de análisis	6 horas
ventana de asimilación	7 horas (centrada en la hora del análisis)
Miembros de ensamble	20
Parámetro de localización espacial	400 km (horizontal), 0.4 ln (hpa) (vertical)
Periodo de prueba	Diciembre 2015
Configuración dinámica	No Hidrostatico
Proyección	Lambert
Resolución de los datos de geo	30minutos
Radio de influencia espacial de las observaciones	1460 km (horizontal), 12.5km (vertical)
Parámetro de relajación	"Relaxation to prior" (Hamill & Whitaker 2012) alpha 0.8

### Dominio



### Experimento 1

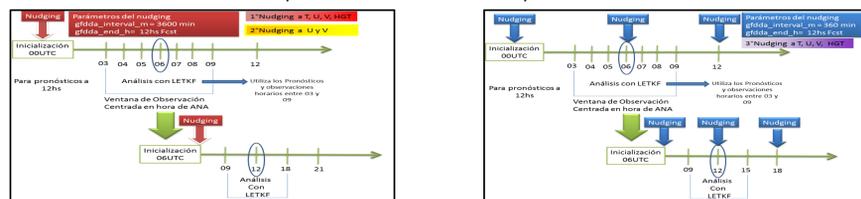
-Un sistema de asimilación de control utilizando como condición de borde los GEFS de manera tradicional (control)  
 -Otro realizando la técnica de spectral nudging (*specnud*) regionalmente a los GEFS para las longitudes de onda mayor a 1400 km aproximadamente.

### Experimentos

#### Experimento 2

A partir de los resultados de Exp 1, se decidió explorar en los primeros 10 días del periodo otras configuraciones, calculando los mismos estadísticos  
 -Configuración SPnud6h: Aplicar el nudging más frecuentemente  
 -Configuración SPnudUV: hacerlo solo en las variables U y V

### Esquemas de asimilación experimental



#### Para cada experimento

→ Se calculó el error de energía total húmeda (EETH) (Ota y otros, 2013; Singh y otros, 2014)

$$TE = \frac{0.5}{N} \sum (u^2 + v^2 + \frac{C_{pd}}{T_{ref}} T^2 + \frac{L^2}{C_{pd} T_{ref}} q^2 + \frac{R_d T_{ref}}{P^2} P^2)$$

→ se realizaron promedios espaciales y temporales de EETH y se graficaron los perfiles verticales promedios y la evolución en el tiempo sobre el dominio de estudio para cada miembro del ensamble.  
 -se calcularon perfiles verticales de BIAS y RMSD de la forma

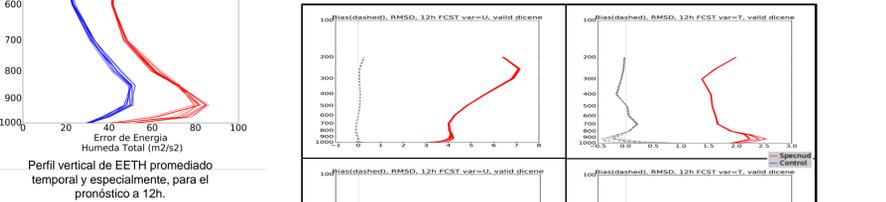
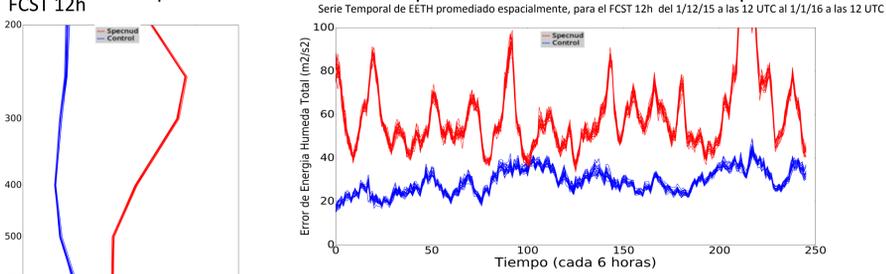
$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_{t_i} - M_{t_i})$$

$$RMSD = [\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_{t_i} - M_{t_i})^2]^{1/2}$$

Los estadísticos de verificación se calcularon comparando los pronósticos a 12hs del WRF-LETKF, con y sin la aplicación de nudging, contra los reanálisis cuatriderurnos y globales ERA-INTERIM (resolución 0.5°) provistos por el ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) (Dee y otros, 2011; Bao y Zhang, 2013).

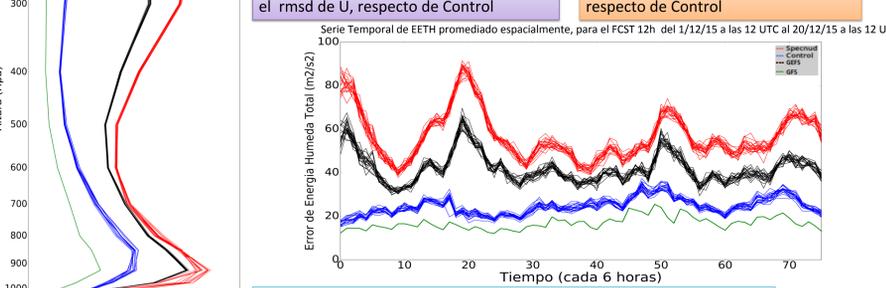
## RESULTADOS

### Experimento 1: Evaluación de pronósticos a 12 h durante todo el período



Specnud muestra una pequeña reducción en el bias en general pero un aumento en el rmsd de U, respecto de Control

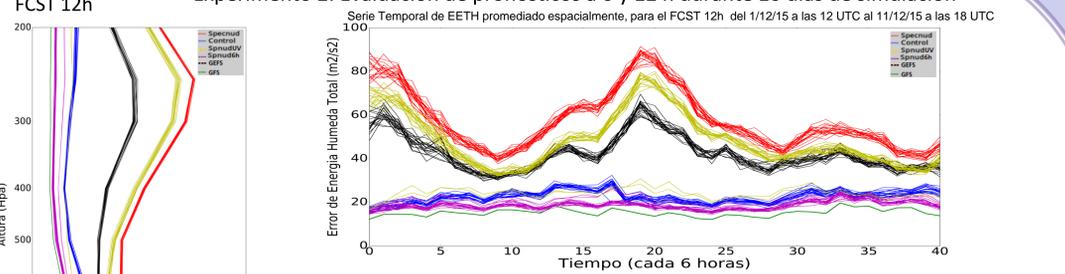
Specnud muestra una reducción en el bias y rmsd de la T en niveles bajos, respecto de Control



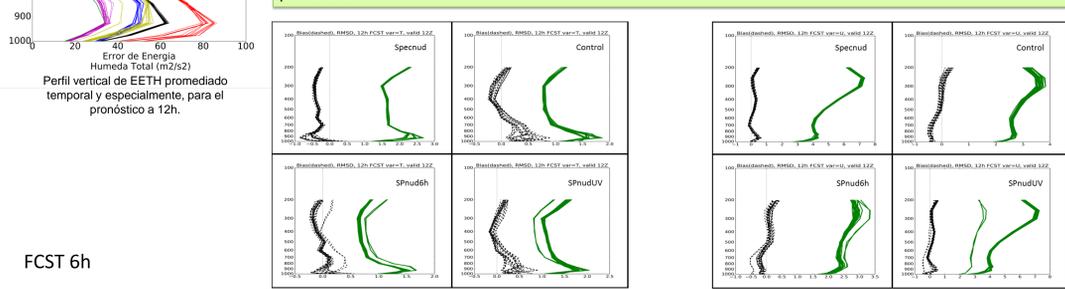
-Es llamativa la diferencia entre los valores de EETH de GEFS y GFS  
 -Se destaca el desempeño del control, con valores cercanos a los de GFS  
 -Dado que specnud muestra un aumento de EETH respecto al GEFS, comenzamos a indagar en la configuración del spectral nudging usado

En los perfiles verticales, para el FCST 12h, observamos que el mayor aumento del error viene localizado en los niveles bajos y altos de la atmósfera para specnud, donde la humedad y los términos cinéticos generaban una mayor influencia. Cabe aclarar que la técnica se aplica por encima de los 1,5km de altura, en cuanto al control se observa un solo máximo en el EETH localizado en los 950hPa y se aprecia que los valores son menores que los de specnud.

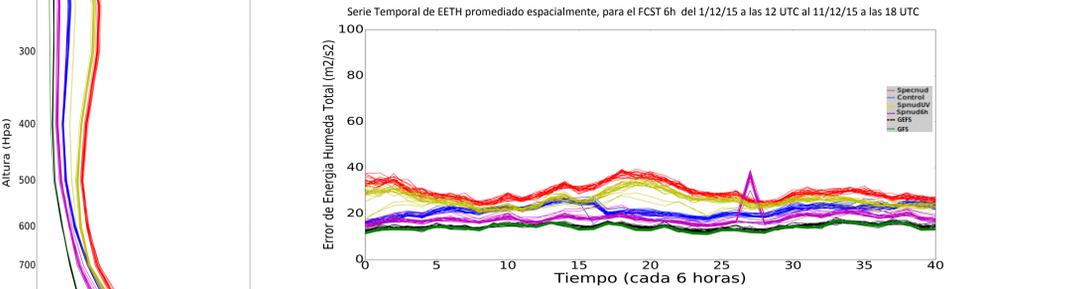
### Experimento 2: Evaluación de pronósticos a 6 y 12 h durante 10 días de simulación



La reducción de EETH con SPnudUV respecto a specnud sugiere que es beneficioso aplicar la técnica sólo a estas variables  
 La reducción de EETH con specnud6h sugiere que aumentar la frecuencia de nudging implica una mejora en los pronósticos.



En el RMSD de U y T también se observa que specnud6h reduce su valor respecto al control



- A diferencia del pronóstico a 12hs, en el de 6 hs se observa que el EETH de GEFS y GFS son similares  
 - Para los experimentos en general la estructura del perfil vertical y la serie temporal de EETH del pronóstico a 6 hs es similar al de 12hs, aunque los valores son más cercanos entre sí

## Conclusiones Principales

- Se realizó este primer estudio del impacto de la inclusión del spectral nudging en el sistema regional WRF-LETKF durante el periodo de dos meses encontrando un incremento en el EETH, con una influencia mayor de los términos asociados a la humedad en niveles bajos y de los términos cinéticos en niveles altos.
- A partir de la evaluación de otras configuraciones utilizadas para implementar el spectral nudging no se obtuvieron aún resultados concluyentes.
- Se realizarán nuevos experimentos, evaluando los diferentes parámetros del spectral nudging, extendiendo el periodo de estudio, con el fin de ver si los errores encontrados están relacionados con el modelo conducente, con los errores del día y/o con las características particulares del spectral nudging implementado en el modelo WRF.

### Agradecimientos

-Se agradece al SMN Argentino, en especial al departamento I+D, por brindar las herramientas computacionales para este trabajo. También se agradece la generosidad del NCEP por tener el acceso a los análisis y pronósticos del GEFS y GFS, como así también las observaciones de PREPBUFR.  
 -Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto PIDDEF 16/2014

### Referencias

-Davies, T., 2014: Lateral boundary conditions for limited area models. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 140, 185–196.  
 -Waldron, K. M., J. Peagle, and J. D. Horel, 1996: Sensitivity of a spectrally filtered and nudged limited area model to outer model options. Mon. Wea. Rev., 124, 529–547.  
 -Dillon, M. E., 2017: Asimilación de datos reales a escala regional en Argentina. Tesis de doctorado.  
 -Miyoshi, T., M. Kunii, 2011: The local ensemble transform Kalman filter with the Weather Research and Forecasting Model: Experiments with real observations. Pure Appl. Geophys., 169, 321–333.  
 -Dee, D. P., y coautores, 2011: The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. Quart. J. Roy. Met. Soc., 137, 553–597.