



**Universidad Politécnica de Madrid**  
**Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales**



# **4ª Reunión Red Ibérica MM5**

## **Aveiro 26-27 Abril 2007**

**GRUPO 14**

***Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente***

# **ESTUDIOS COMPARATIVOS**

## **DE MM5 Y WRF**

**Lorea Aresti, María García y Rafael Borge**

# ÍNDICE

**1. INTRODUCCIÓN**

2. EVALUACIÓN MM5

3. SIMULACIÓN METEOROLOGICA: WRF

4. ASIMILACIÓN DE DATOS: WRF-VAR

5. ACTUACIONES EN CURSO



## 1. INTRODUCCIÓN

- Actualmente el grupo de Medio Ambiente del Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente de la UPM se incluye en el grupo de Investigación “Tecnologías Ambientales y Recursos Industriales” está desarrollando el proyecto SIMCA, en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente.
- El Objetivo general de este proyecto es:  
“Desarrollar, implementar y aplicar un sistema de modelización, diseñado para llevar a cabo la evaluación integrada de la contaminación atmosférica en la Península Ibérica. Servir de apoyo a las políticas y estrategias de mejora de la calidad del aire”.



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. EVALUACIÓN MM5

3. SIMULACIÓN METEOROLOGICA: WRF

4. ASIMILACIÓN DE DATOS: WRF-VAR

5. ACTUACIONES EN CURSO



## 2. EVALUACIÓN MM5

**Resultados para la Comunidad de Madrid satisfactorios:**

- **Celda 5x5 km, 25 niveles verticales**
- **Ejecución anual año 2000**
- **Metodología evaluación específica para simulación de contaminantes fotoquímicos (Emery et al., 2001):**

**Bias Error:**  $B = \frac{1}{IJ} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (P_j^i - O_j^i)$       **Gross Error:**  $E = \frac{1}{IJ} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I |P_j^i - O_j^i|$

**Root Mean Square Error:**  $RMSE = \left[ \frac{1}{IJ} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (P_j^i - O_j^i)^2 \right]^{1/2}$

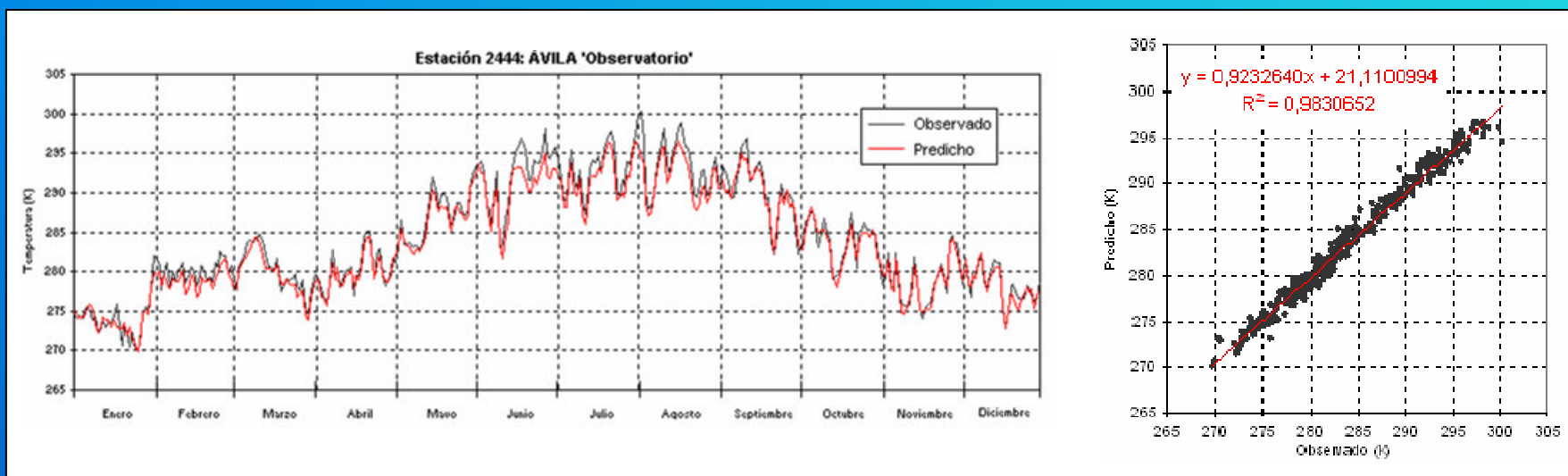
**Index of Agreement:**

$$IOA = 1 - \left[ \frac{IJ \cdot RMSE^2}{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I |P_j^i - M_o| + |O_j^i - M_o|} \right]$$



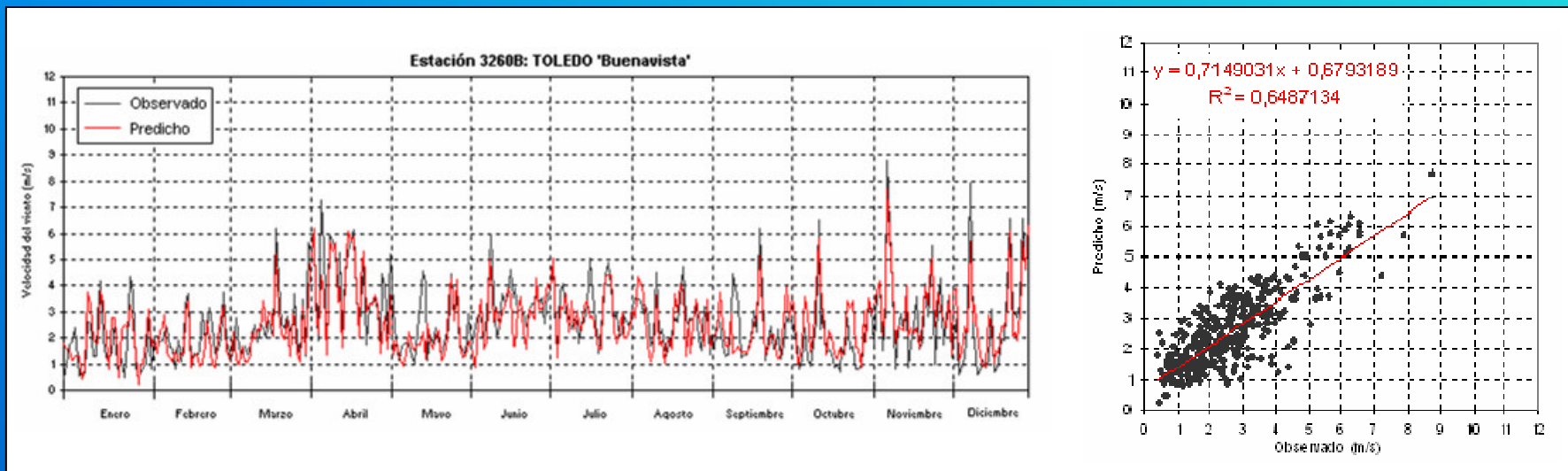
## ● Temperatura

Network	B	E	IOA
CAM	-2.0 K	2.1 K	0.5
INM	-0.5 K	1.2 K	0.8



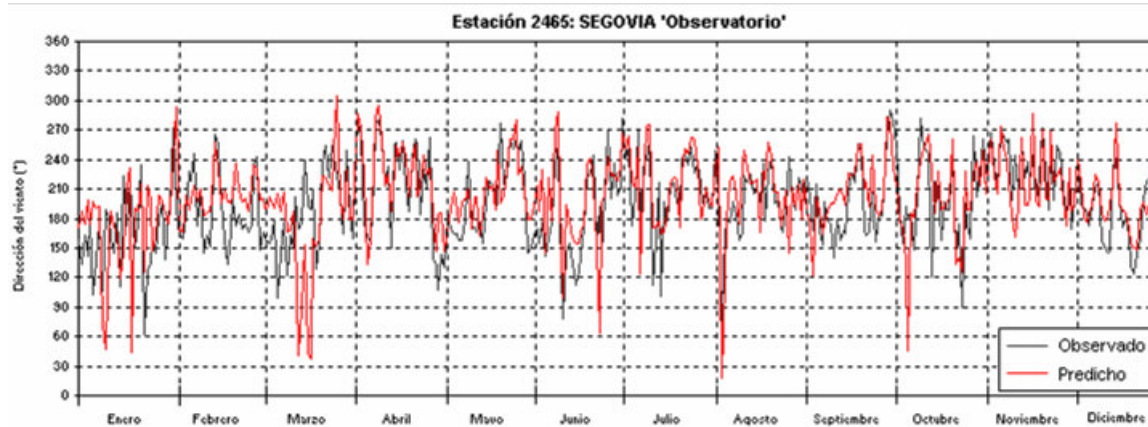
● **Velocidad del viento**

Network	RMSE	B	IOA
CAM	1.2 m/s	0.0 m/s	0.3
INM	1.4 m/s	0.7 m/s	-0.5



● **Dirección del viento**

Network	B	E
CAM	-8.5°	38.5°
INM	-3.0°	42.0°





## ● Resumen

- los resultados de la simulación son aceptables, especialmente respecto a la temperatura
- la velocidad y dirección del viento presentan un menor acuerdo con las observaciones, ya que los efectos de microescala, tienen una mayor influencia
- posibles mejoras

Statistic	Wind speed	Wind direction	Temperature
RMSE	$\leq 2$ m/s	-	-
Mean Bias	$\leq \pm 0.5$ m/s	$\leq \pm 10^\circ$	$\leq \pm 0.5$ K
Gross Error	-	$\leq 30^\circ$	$\leq 2$ K
Index of Agreement	$\geq 0.6$	-	$\geq 0.8$

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. EVALUACIÓN MM5

3. SIMULACIÓN METEOROLOGICA: WRF

4. ASIMILACIÓN DE DATOS: WRF-VAR

5. ACTUACIONES EN CURSO



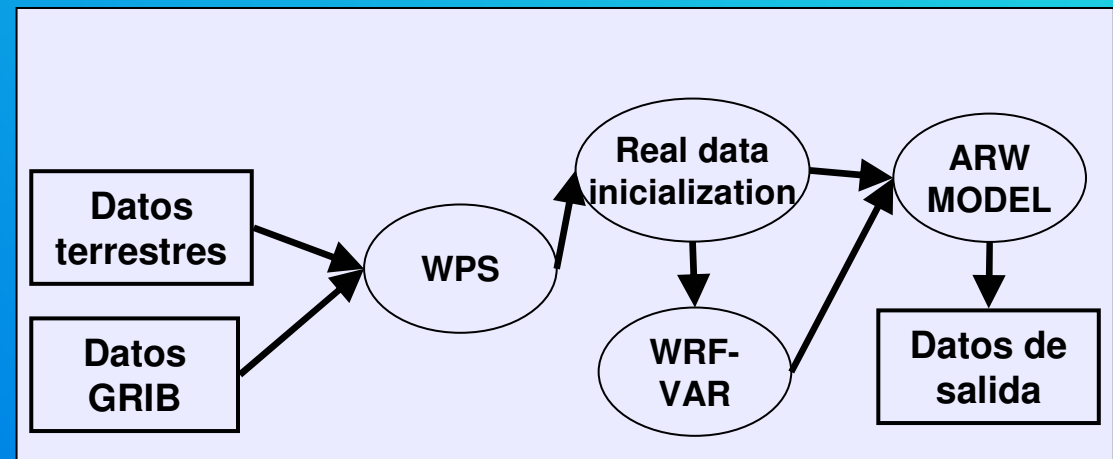
### 3. SIMULACIÓN METEOROLOGICA: WRF

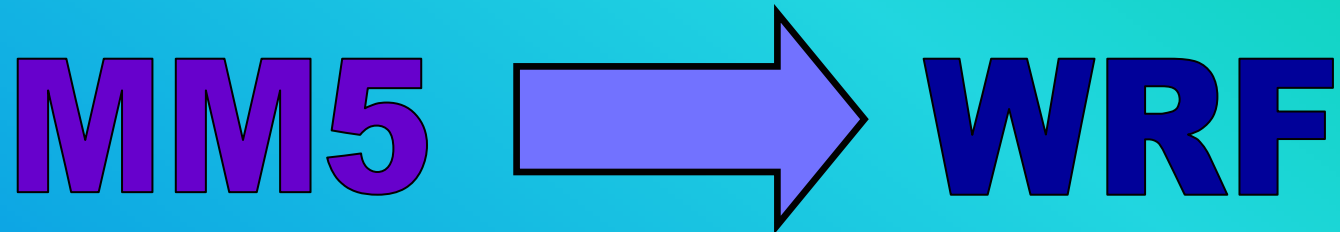
El Weather Research & Forecasting (WRF) es un modelo no hidrostático con capacidad de anidamiento sucesiva y asimilación tetradimensional de datos basado en la resolución numérica de la ecuaciones dinámicas primitivas para un fluido completamente compresible.

- Versión 2.2 (Diciembre 2006) -

Este sistema se compone a su vez de tres programas:

- WPS.
- WRF-Var.
- ARW-model.





- **Siguiente generación de sistemas.**
- **Reciente tecnología y técnicas**
- **Modular.**
- **Simulaciones idealizadas y con datos reales.**
- **Mayor capacidad de resolución.**
- **Desarrollos más recientes y avanzados en parametrizaciones.**

**WPS = Terrain + pregrid + regridder.**

**WRF model = Interpf + MM5.**

## ● Comparación preliminar MM5 y WRF.

- Cuatro dominios anidados (resolución máxima de 1 km)

- Periodo de comparación.

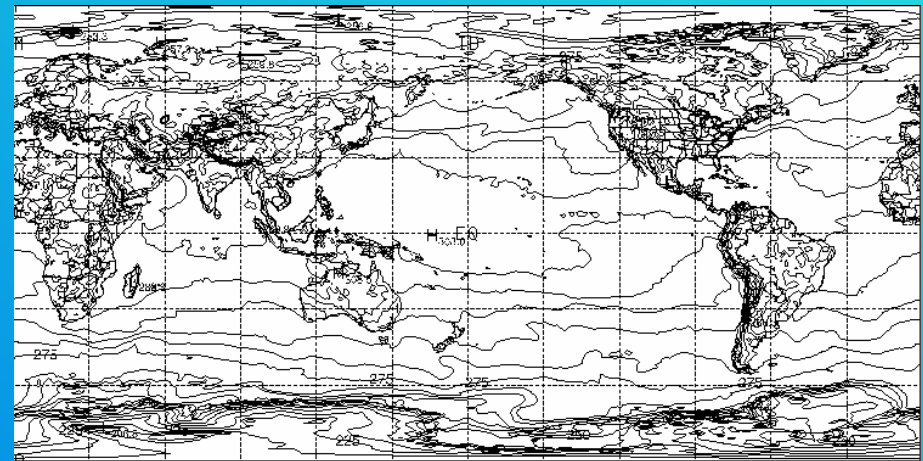
  - Primera quincena del mes de Julio de 2006

- Parámetros observados.

  - Temperatura.

  - Velocidad del viento.

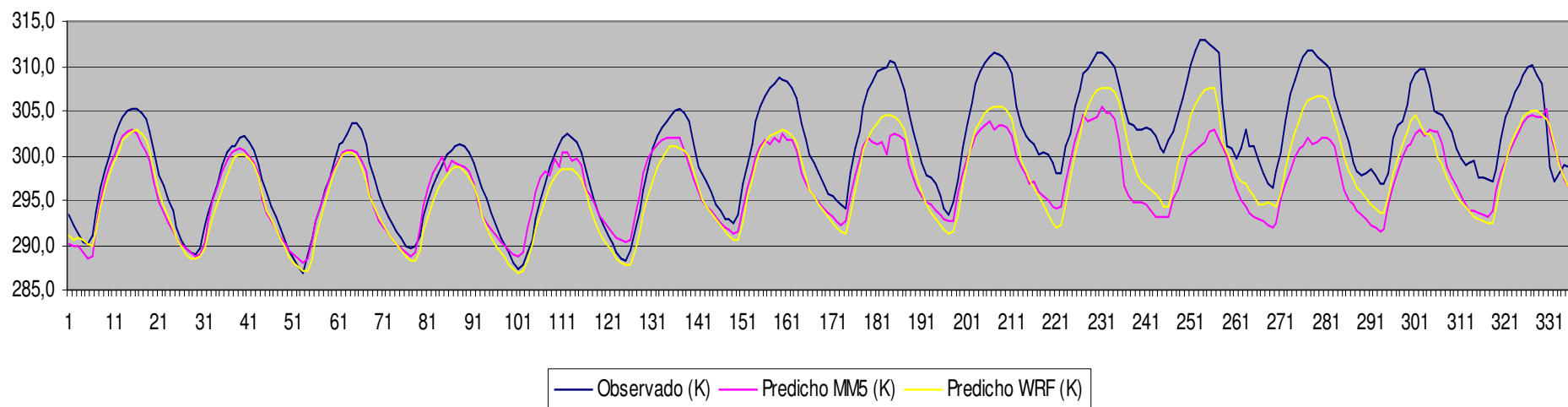
  - Dirección del viento.



## ● Efecto de la relajación de las soluciones (nudging)

## Resultados

### TEMPERATURA

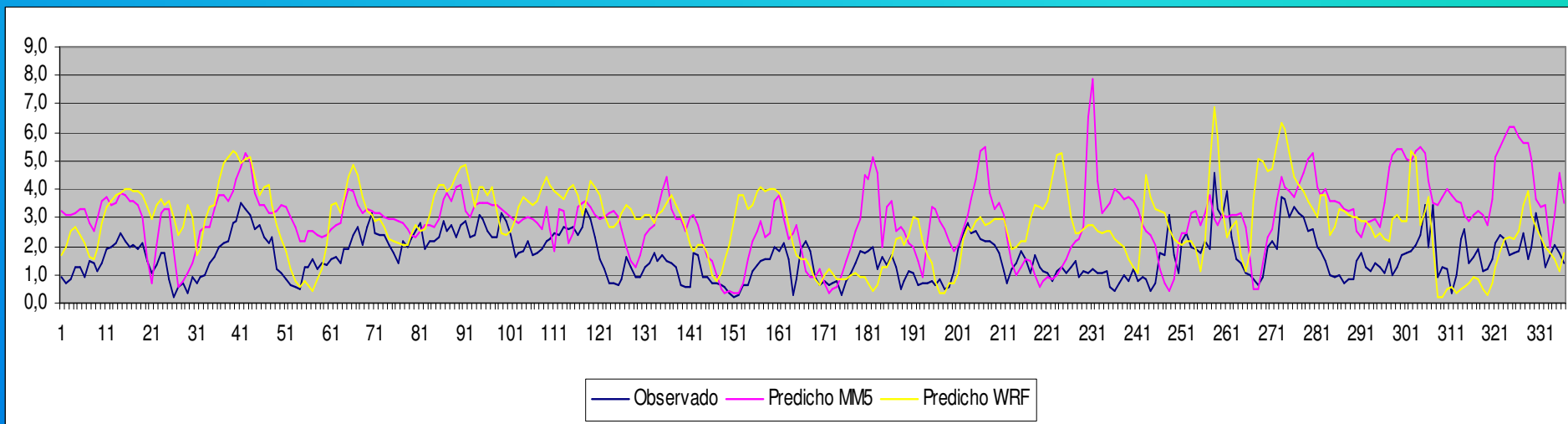


ÍNDICE	REFERENCIA	MM5	WRF
<b>Bias error (B)</b>	$\leq \pm 0.5 \text{ K}$	-4,7	-3,3
<b>Root Mean Square Error (RMSE)</b>	$\leq 2 \text{ K}$	5,1	3,4
<b>Index Of Agreement (IOA)</b>	$\geq 0.8$	-26,9	-0,4

BENCHMARKS Emery et al. (2001) DIARIOS

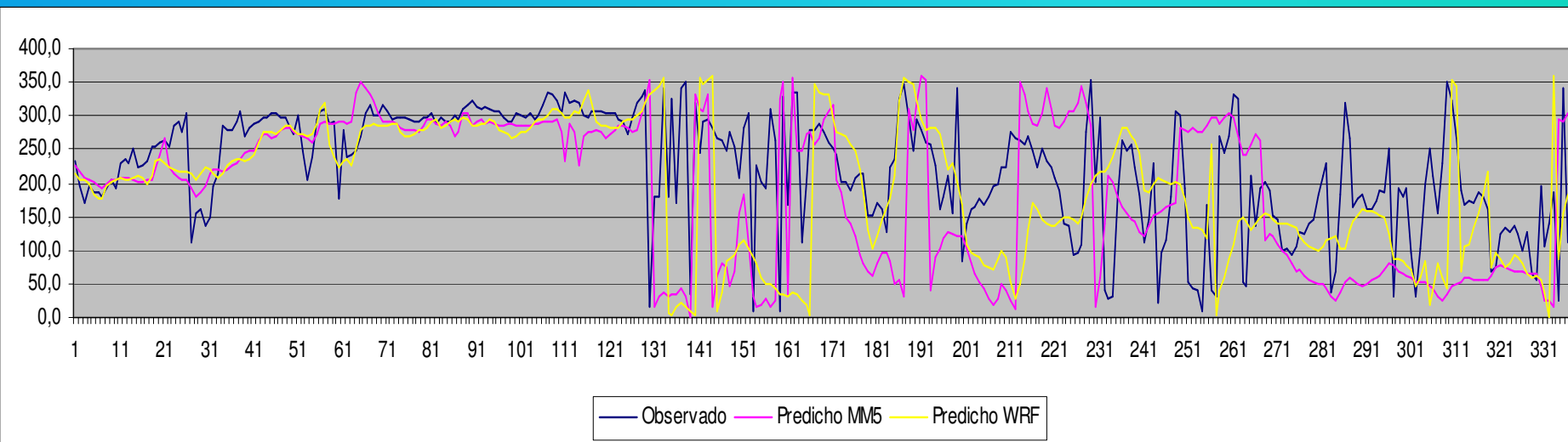


## VELOCIDAD DEL VIENTO



ÍNDICE	REFERENCIA	MM5	WRF
<b>Bias error (B)</b>	$\leq \pm 0.5 \text{ m/s}$	1,6	1,2
<b>Root Mean Square Error (RMSE)</b>	$\leq 2 \text{ m/s}$	1,4	1,6
<b>Index Of Agreement (IOA)</b>	$\geq 0.6$	-0,5	-0,3

## DIRECCIÓN DEL VIENTO

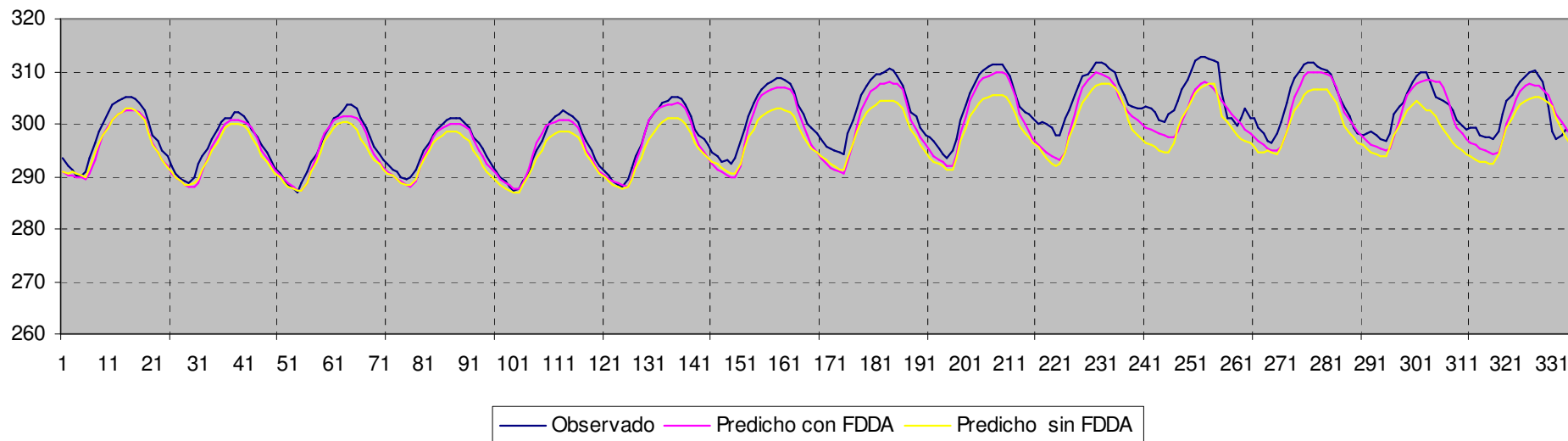


ÍNDICE	REFERENCIA	MM5	WRF
Bias error (B)	$\leq \pm 10^\circ$	-52,6	-43,3
Gross error (E)	$\leq 30^\circ$	78,5	58,5



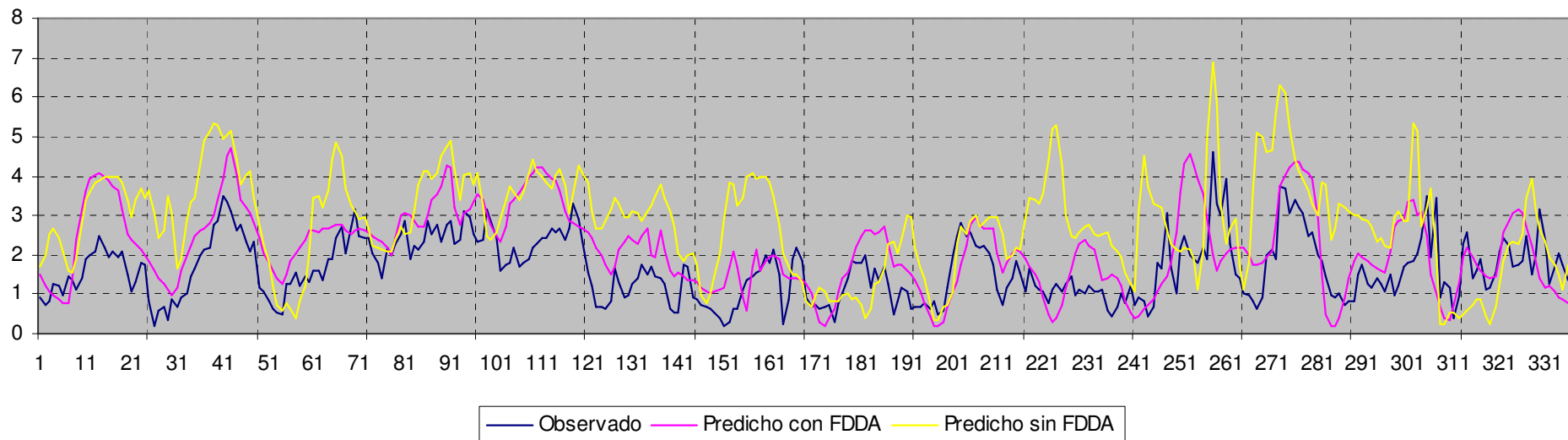
○ Nudging al grid

TEMPERATURA



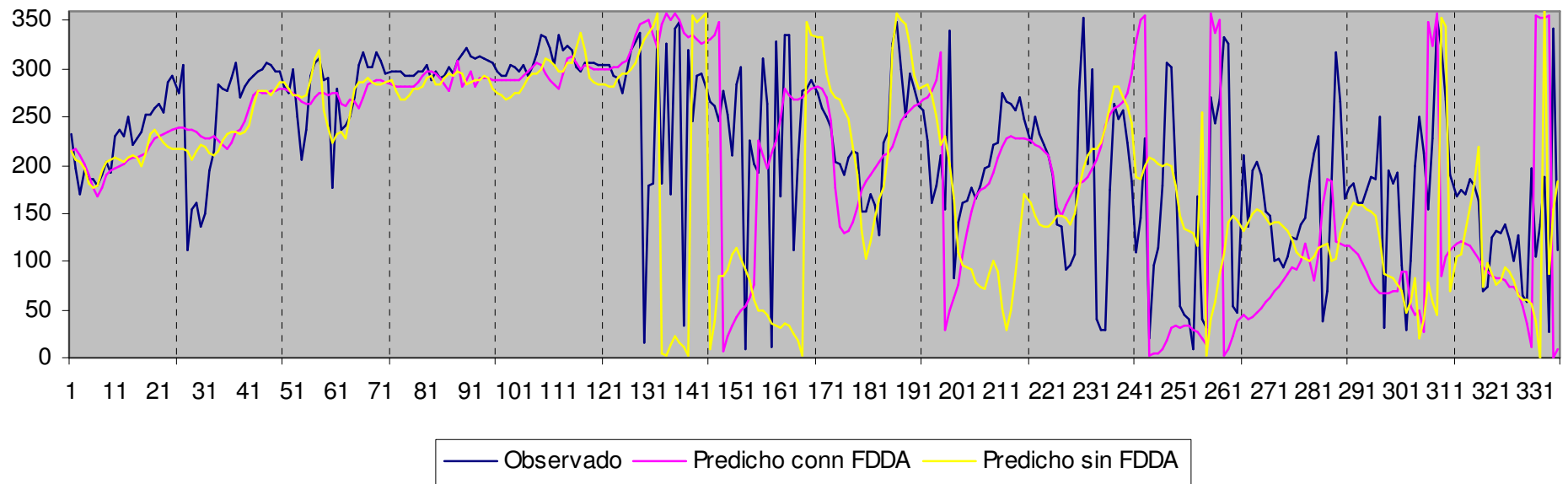
ÍNDICE	REFERENCIA	CON NUDGING	SIN NUDGING
Bias error (B)	$\leq \pm 0.5 \text{ K}$	-1,7	-3,3
Root Mean Square Error (RMSE)	$\leq 2 \text{ K}$	1,9	3,4
Index Of Agreement (IOA)	$\geq 0.8$	0,5	-0,4

## VELOCIDAD DEL VIENTO



ÍNDICE	REFERENCIA	CON NUDGING	SIN NUDGING
<b>Bias error (B)</b>	$\leq \pm 0.5 \text{ m/s}$	<b>0,5</b>	1,2
<b>Root Mean Square Error (RMSE)</b>	$\leq 2 \text{ m/s}$	<b>0,9</b>	1,6
<b>Index Of Agreement (IOA)</b>	$\geq 0.6$	<b>0,4</b>	-0,3

## DIRECCIÓN DEL VIENTO



ÍNDICE	REFERENCIA	CON NUDGING	SIN NUDGING
Bias error (B)	$\leq \pm 10^\circ$	-17,8	-43,3
Gross error (E)	$\leq 30^\circ$	57,8	58,5

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. EVALUACIÓN MM5

3. SIMULACIÓN METEOROLOGICA: WRF

4. ASIMILACIÓN DE DATOS: WRF-VAR

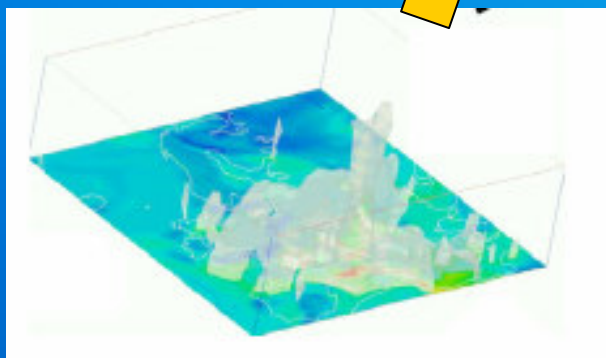
5. ACTUACIONES EN CURSO



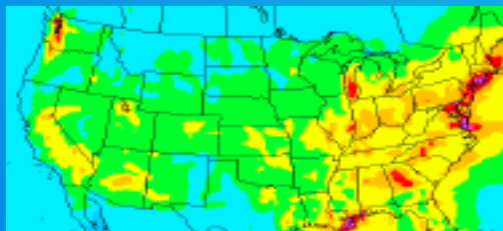


- **Objetivo:** encontrar el análisis óptimo “x” que minimiza la función de coste, esta función es definida como la distancia entre x y el valor de fondo  $x^b$ , ponderado por el inverso de la covarianza de error de fondo, más la distancia a las observaciones  $y^o$ , ponderado por el inverso de la covarianza de error de observaciones:

$$J(x) = J^b + J^o = \frac{1}{2}(x - x^b)^T B^{-1}(x - x^b) + \frac{1}{2}(y - y^o)^T (E + F)^{-1}(y - y^o). \quad (1)$$



Estado óptimo



Salida modelo

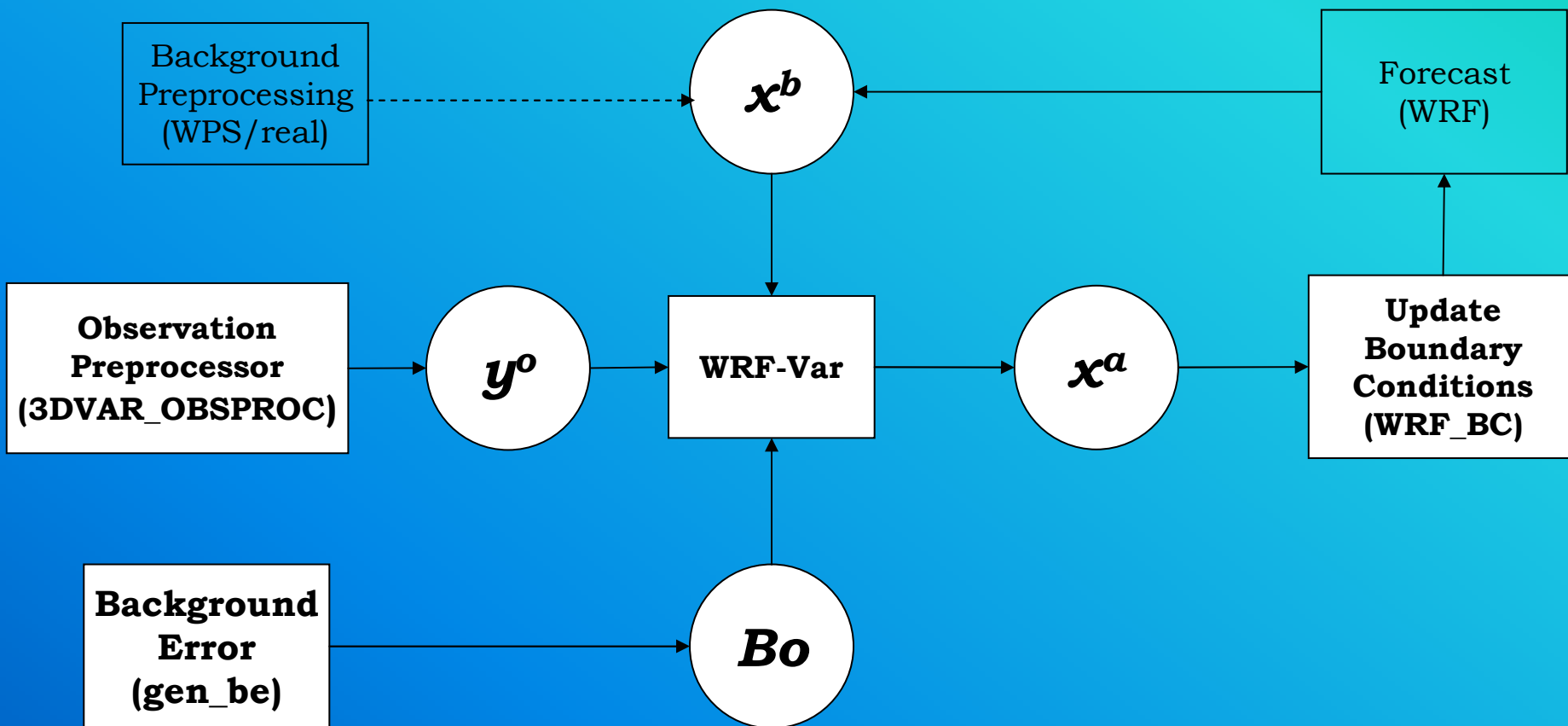


Observaciones

## Descripción

● **Tres entradas**

**Pronóstico de fondo**  
**Observaciones**  
**Error de fondo**



- **Background preprocessing**
  - ◆ **Condiciones de contorno y condiciones iniciales. WRF/real**
- **Observación Preprocessor(3DVAR\_OBSPROC)**
  - ◆ **Proporciona las observaciones yo para introducirlas en WRF-Var**
- **Background Error.**
  - ◆ **Los estadísticos de covarianza de error de fondo ponderar errores en los rasgos del campo de fondo.**
  - ◆ **El NMC es un método para estimar covariaciones climatológicas del error de fondo. En este proceso, los errores del fondo se asumen para ser aproximados:**

$$B = \overline{(x^b - x^t)(x^b - x^t)^T} = \overline{\varepsilon_b \varepsilon_b^T} \approx \overline{(x^{T+24} - x^{T+12})(x^{T+24} - x^{T+12})^T} \quad (2)$$

- **Actualización de condiciones de contorno (WRF\_BC)**

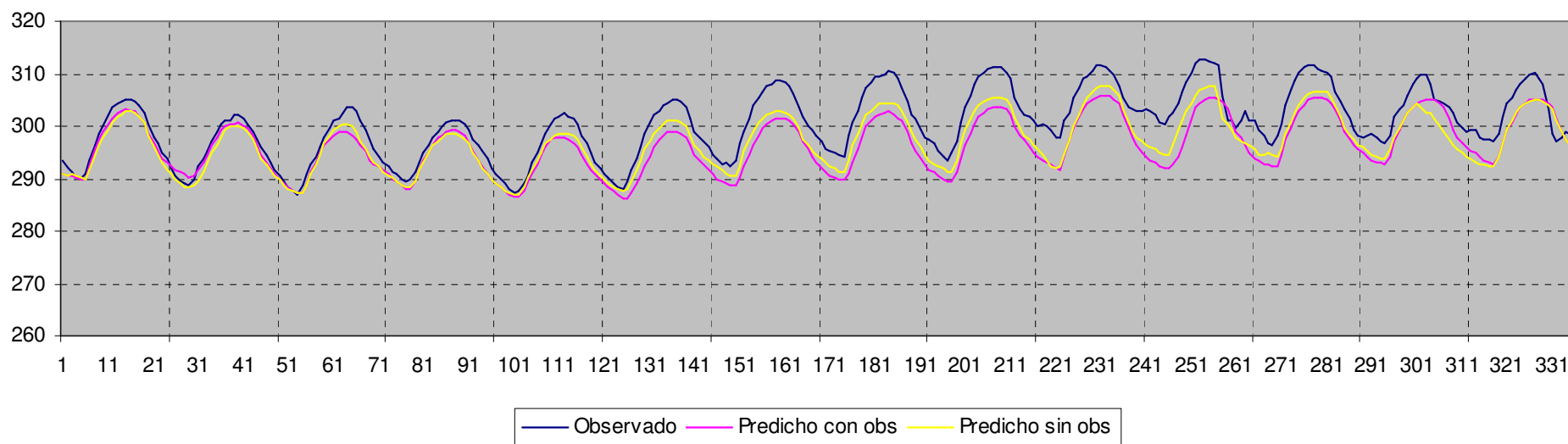




# ANÁLISIS WRF.

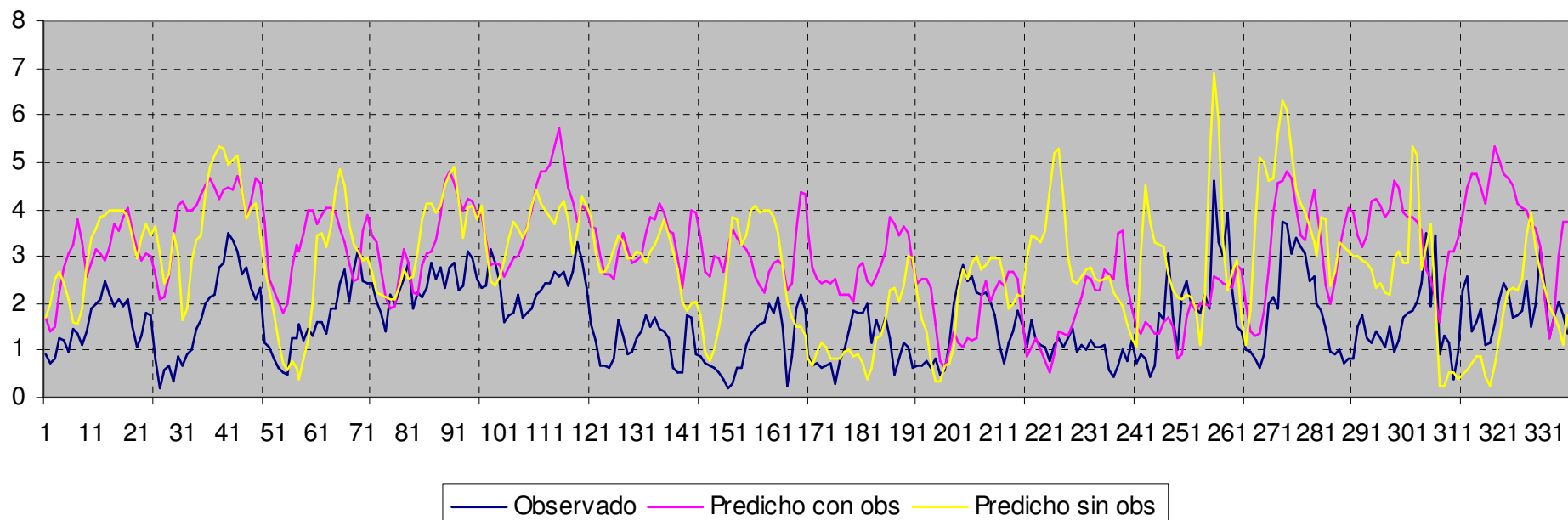
## Asimilación de datos

### TEMPERATURA



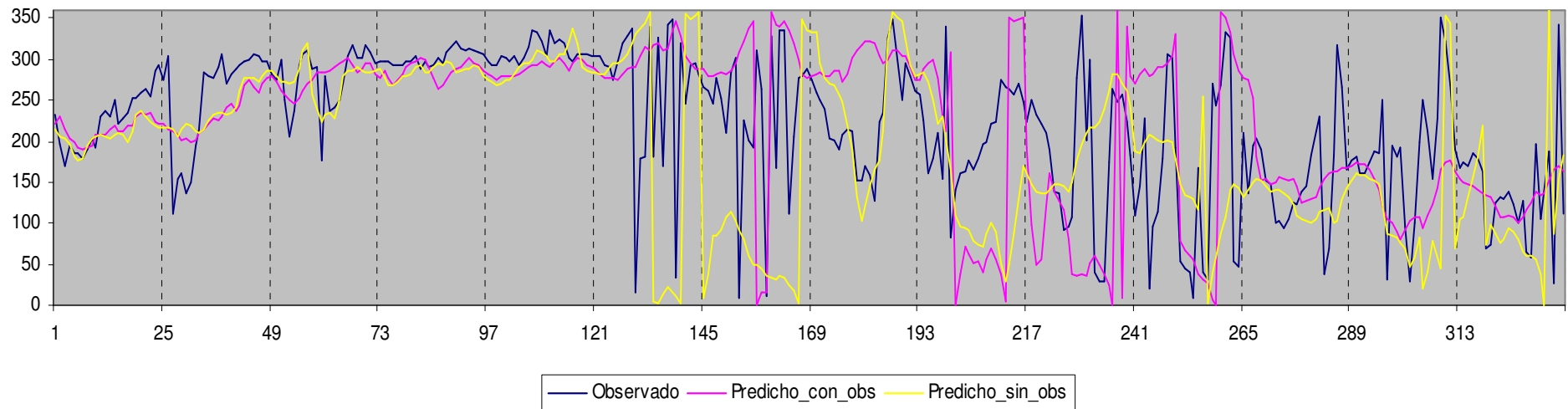
ÍNDICE	REFERENCIA	CON WRF-VAR	SIN WRF-VAR
Bias error (B)	$\leq \pm 0.5 \text{ K}$	-3,0	-3,3
Root Mean Square Error (RMSE)	$\leq 2 \text{ K}$	3,5	3,4
Index Of Agreement (IOA)	$\geq 0.8$	-0,6	-0,4

## VELOCIDAD DEL VIENTO



ÍNDICE	REFERENCIA	CON WRF-VAR	SIN WRF-VAR
<b>Bias error (B)</b>	$\leq \pm 0.5 \text{ m/s}$	1,4	1,2
<b>Root Mean Square Error (RMSE)</b>	$\leq 2 \text{ m/s}$	1,8	1,6
<b>Index Of Agreement (IOA)</b>	$\geq 0.6$	-0,5	-0,3

## DIRECCIÓN DEL VIENTO



ÍNDICE	REFERENCIA	CON WRF-VAR	SIN WRF-VAR
Bias error (B)	$\leq \pm 10^\circ$	-2,9	-43,3
Gross error (E)	$\leq 30^\circ$	2,9	58,5

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. EVALUACIÓN MM5

3. SIMULACIÓN METEOROLOGICA: WRF

4. ASIMILACIÓN DE DATOS: WRF-VAR

5. ACTUACIONES EN CURSO



## 5. ACTUACIONES EN CURSO

- **Creación del archivo Background Error para la Península Ibérica y Baleares.**
  
- **Análisis de sensibilidad:**
  - ◆ **Ensayo de parametrizaciones alternativas dentro de la capa límite y otras variables físicas.**
  
  - ◆ **Ensayo para seleccionar las condiciones óptimas de ejecución: nudging grid, observational nudging, be genérico.....**
  
- **Ejecuciones para la modificación de las condiciones de contorno, a través de dominios de diferente resolución.**

FIN DE LA PRESENTACIÓN

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



Lorea Aresti

[laresti@etsii.upm.es](mailto:laresti@etsii.upm.es)

Maria García

[maria.garcia@etsii.upm.es](mailto:maria.garcia@etsii.upm.es)

Rafael Borge

[rborge@etsii.upm.es](mailto:rborge@etsii.upm.es)

