



CTID 2024 | 2 y 3 octubre

Sistema de Asimilación de datos y Pronóstico Numérico del Servicio Meteorológico Nacional (SAP.SMN): el impacto del supercómputo y del sensoramiento remoto

P. Maldonado¹, M. E. Dillon^{1,2}, C. Matsudo¹, M. Alvarez Imaz¹, F. Cutraro¹, Y. García
Skabar¹, S. Osores¹, S. Righetti^{1,3}, M. Sacco¹

1 – Dirección de Productos de Modelación Ambiental y Sensores Remotos, Servicio Meteorológico Nacional

2 – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

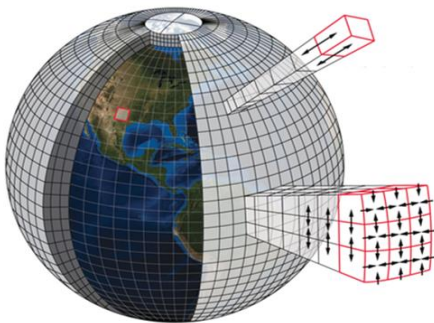
3 – Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires

SAP.SMN: Sistema de Asimilación de datos y Pronóstico numérico del Servicio Meteorológico Nacional

Misión del SMN: brindar pronósticos meteorológicos con el objeto de proteger a la población y contribuir a la defensa nacional

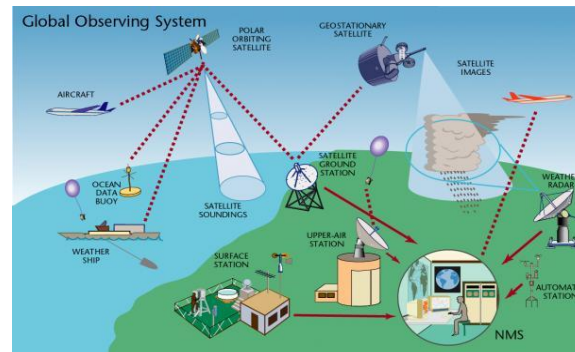
Pronóstico numérico

Basado en **modelos computacionales** que predicen la evolución de variables meteorológicas como temperatura, precipitación y viento



Asimilación de datos

Inclusión de **fuentes observacionales** que permiten obtener una estimación de la atmósfera más cercana a la realidad



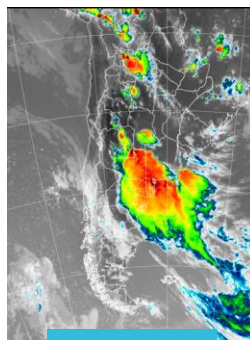
SAP.SMN: características generales

Generación operativa de pronósticos regionales en alta resolución (4 km)

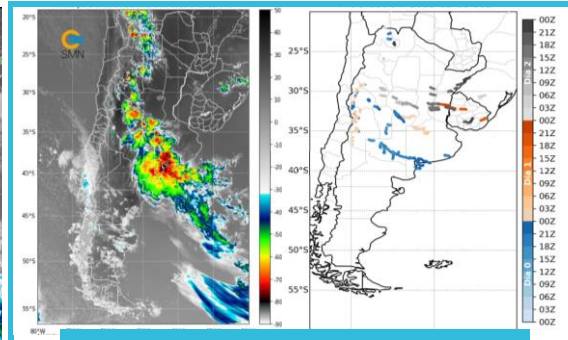
Ejecución diaria (4 veces) del modelo de pronóstico numérico
Weather Research and Forecasting (WRF) v4.0 en el HPC del SMN

¿Qué valor agrega correr nuestro propio modelo?

- Configurable (e.g., tamaño y posición del dominio, resolución horizontal y vertical, representación de los procesos subreticulares)
- Resolución explícita de los procesos de menor escala (e.g., convección)
- Generación de productos propios
 - Imágenes sintéticas de satélite
 - Seguimiento de tormentas
 - Producto aeronáutico (TAF)



GOES-16



Pronóstico inicializado a las 00 UTC

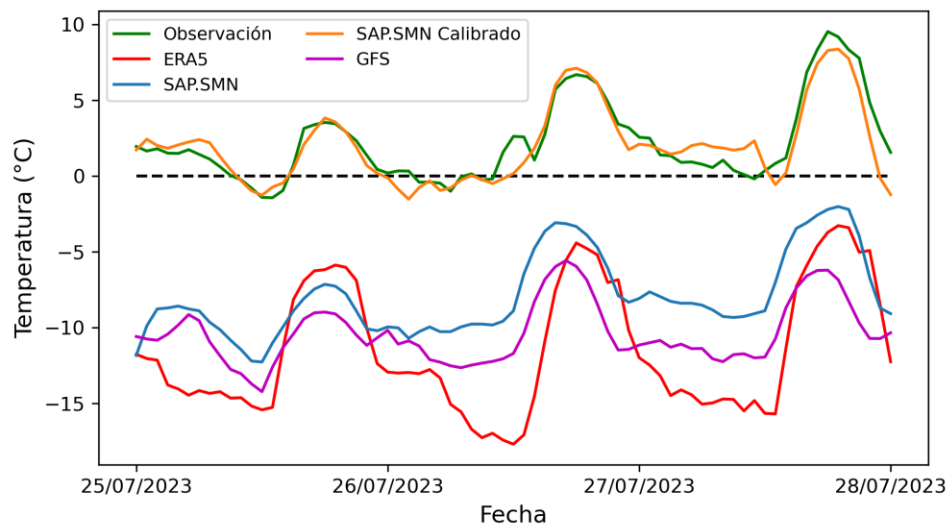
16/12/2023
22 UTC

SAP.SMN: características generales

Generación operativa de pronósticos regionales en alta resolución (4 km)

Ejecución diaria (4 veces) del modelo de pronóstico numérico
Weather Research and Forecasting (WRF) v4.0 en el HPC del SMN

¿Qué valor agrega correr nuestro propio modelo?



SAP.SMN: evolución

2016

Pronóstico
determinístico



- 1 miembro
- Pronóstico a 72 h
- Condición inicial y de borde del modelo global GFS

Recursos computacionales (por pronóstico)

Uso del HPC-Mini: 100%

Tiempo de cómputo: 150 min

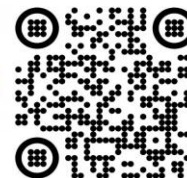
Espacio en disco: 500 Gb

Productos para usuarios:

- Pronosticadores aeronáuticos
- Prensa y comunicación
- Prefectura Naval Argentina
- Sector agrícola e hídrico

Política de datos abiertos

Pronósticos disponibles en  *Amazon Web Services* desde 2022



SAP.SMN: evolución

2016

Pronóstico
determinístico



2018

Sistema de
supercomputo
Huayra Muyu



- 128 nodos (32 procesadores c/u)
- 870 Tb de almacenamiento
- 0.14 Petaflops = 140 billones de op/s



Mejora en los tiempos de ejecución del SAP.SMN
determinístico: ↓ 80% (a partir de 2020)

**Cambio sustancial en la forma de generar
pronósticos**, considerando la incertidumbre
asociada a la dinámica propia de la atmósfera



Vista general, frente.



Almacenamiento

SAP.SMN: evolución

2016

Pronóstico
determinístico



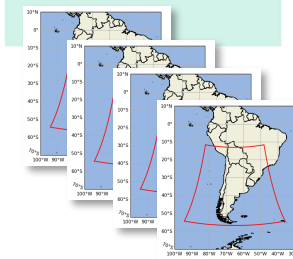
2018

Sistema de
supercómputo
Huayra Muyu



2020

Pronóstico
probabilístico



- 20 miembros
- Pronóstico a 48 h
- Ensamble multifísica

Recursos computacionales (por pronóstico)

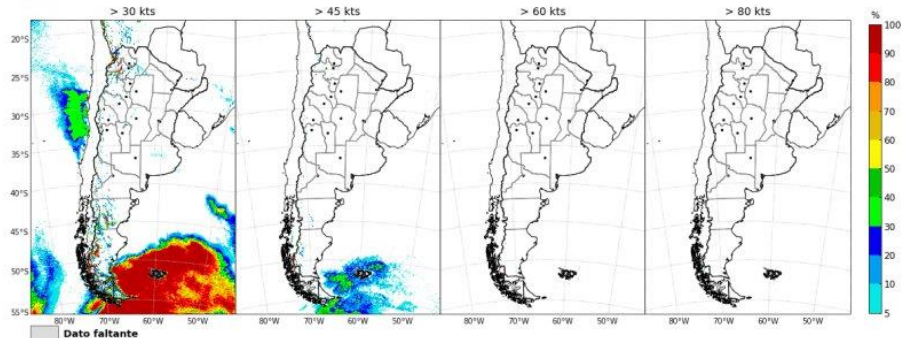
Uso del HPC-HM: 94%

Tiempo de cómputo: 120 min

Espacio en disco: 7000 Gb



Probabilidad de RAFAGAS DE VIENTO en superficie - Válido 2024-09-14 00 UTC
SAP.SMN-ENS inicializado 2024-09-13 00 UTC



SAP.SMN: evolución

2016

Pronóstico
determinístico



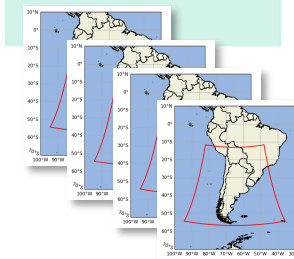
2018

Sistema de
supercómputo
Huayra Muyu



2020

Pronóstico
probabilístico

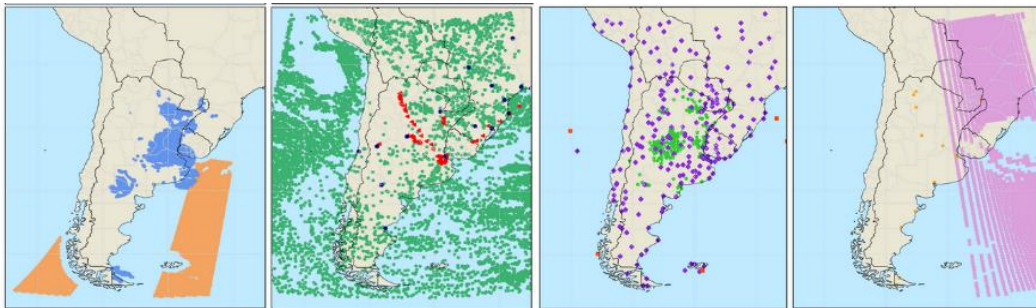


2024

Pronóstico con
asimilación de
datos



Sistema de asimilación de datos regional: WRF-LETKF



Estaciones meteorológicas de superficie
convencionales, automáticas, a bordo de
barcos y boyas, sondeos, aviones, satélite
polar Aqua (AIRS), satélite polar Metop-B
(ASCAT), satélite geostacionario GOES-16
(DMW), radares meteorológicos banda C

SAP.SMN: evolución

2016

Pronóstico
determinístico



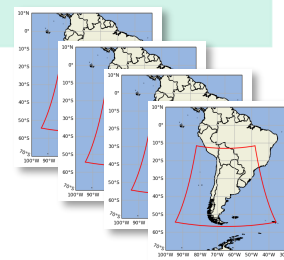
2018

Sistema de
supercómputo
Huayra Muyu



2020

Pronóstico
probabilístico



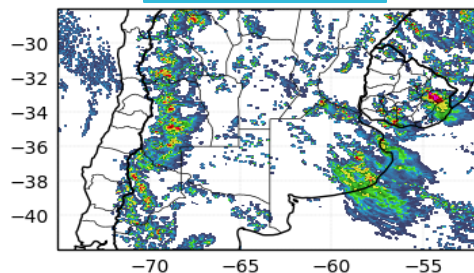
2024

Pronóstico con
asimilación de
datos

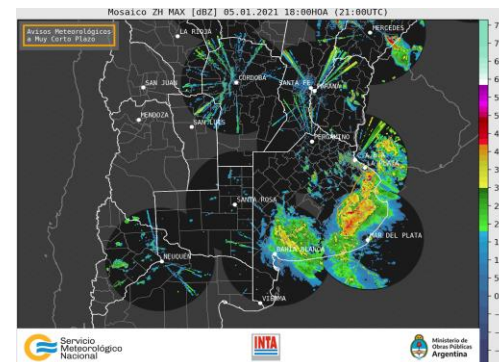
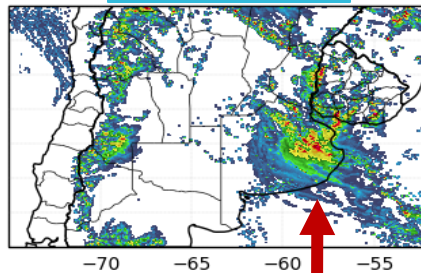


Sistema de asimilación de datos regional: WRF-LETKF

SIN asimilación



CON asimilación



Consideraciones finales

Proceso de mejora continua requiere de:

- Verificación sistemática
- Interacción con instituciones académicas (CONICET, UBA, UNLP)
- Formación de recursos humanos especializados en el área
- Incremento de recursos computacionales (equipos exclusivos para desarrollo y testeo)

¿Cuánto tiempo después de la observación el pronóstico está disponible para ser utilizado?

| | 2016 | 2020 | 2024 | 2025 |
|---------------------------|-------------------|-------|-------|-------|
| SAP.SMN DETERMINISTICO | 6.5 h | 4.5 h | -- | 2.5 h |
| SAP.SMN ENSAMBLE | No era posible | 7.0 h | 4.0 h | 4.0 h |

Modelo global GFS: 4.5 h
0.25° de resolución
no incluye observaciones locales

¡Muchas gracias!



Servicio
Meteorológico
Nacional
Argentina



Ministerio
de Defensa
República Argentina

Dorrego 4019 (C1425GBE) Buenos Aires . Argentina
Tel: (+54 11) 5167-6767 . smn@smn.gob.ar

www.smn.gob.ar



 pmaldonado@smn.gob.ar