



**Servicio  
Meteorológico  
Nacional**

# Sobre el uso de datos y productos de satélite y radar en el Servicio Meteorológico Nacional

Nota Técnica SMN 2020-74

**Luciano Vidal<sup>1</sup>, Alicia Cejas<sup>2</sup>, Lorena Ferreira<sup>3</sup>, Soledad Maciel<sup>4</sup>, Pedro Lohigorry<sup>5</sup>, Soledad Osoro<sup>4</sup>, Mercedes Poggi<sup>6</sup>, Germán Russián<sup>4</sup>, Noemí Troche<sup>7</sup> y Roxana Vasques Ferro<sup>8</sup>**

<sup>1</sup> Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos, Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios.

<sup>2</sup> Coordinación de Pronósticos Regionales, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad

<sup>3</sup> Dirección de Servicios Sectoriales, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad

<sup>4</sup> VAAC-BUE y Transporte de Aerosoles, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad

<sup>5</sup> Coordinación de Pronósticos Inmediatos, Dirección Nacional de Pronósticos y Servicios para la Sociedad

<sup>6</sup> Dirección Central de Monitoreo del Clima, Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios

<sup>7</sup> Meteorología Antártica, Dirección Nacional de Planificación y Gestión de la Información Meteorológica

<sup>8</sup> Dirección de Meteorología Aeronáutica

Octubre 2020

### *Información sobre Copyright*

*Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.*

*La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.*

## Resumen

La información provista por los sensores remotos resulta ser un insumo crítico para el desarrollo de una gran variedad de aplicaciones y servicios en el marco de las actividades que a diario llevan adelante los servicios meteorológicos e hidrológicos del mundo. Con la creciente disponibilidad de nuevos datos y productos es necesario tener un conocimiento acabado sobre el uso actual de dicha información dentro del Servicio Meteorológico Nacional que permita identificar y proyectar nuevos usos dentro de las diferentes áreas.

## Abstract

The information provided by remote sensing data is a critical input for the development of a wide variety of applications and services within the framework of the activities carried out on a daily basis by the national meteorological and hydrological services around the world. With the increasing availability of data from new sensors and innovative products, it is necessary to have a thorough knowledge of the current use of this information within the National Meteorological Service of Argentina that allows for the identification and planning of new uses within different areas.

**Palabras clave:** relevamiento, usos, productos, radar meteorológico, satélite meteorológico

## Citar como:

Vidal, L., A. Cejas, L. Ferreira, S. Maciel, P. Lohigorry, S. Osorio, M. Poggi, G. Russián, N. Troche y R. Vasques Ferro, 2020: Sobre el uso de datos y productos de satélite y radar en el Servicio Meteorológico Nacional. Nota Técnica SMN 2020-74.

## 1. INTRODUCCIÓN

La información provista por los sensores remotos, en particular, los satélites y radares meteorológicos, resulta ser un insumo crítico para el desarrollo de una gran variedad de aplicaciones y servicios en el marco de las actividades que a diario llevan adelante los servicio meteorológicos e hidrológicos del mundo. Con la creciente disponibilidad de nuevos datos y productos, especialmente los de origen satelital, es necesario establecer una línea de base dentro del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) acerca del uso actual de dicha información que permita proyectar nuevos usos y aplicaciones.

Dentro de las iniciativas enmarcadas en el Plan Estratégico 20/23 del SMN se encuentra el proyecto "Programa de explotación de datos de sensores remotos" a cargo de la Dirección de Productos de Modelación Ambiental y de Sensores Remotos (DMSR) dentro de la Dirección de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios (DNCIPS). Como primera actividad y con la idea de aportar un documento que sirva de base, se realizó un relevamiento sobre usos actuales y necesidades relacionados con los datos y productos provenientes de sensores remotos (satélite y radar) dentro de las diferentes áreas operativas del SMN. El desarrollo del relevamiento y sus resultados se presentan en el presente texto.

Se pretende que este documento sea un marco de referencia para implementar acciones dentro del organismo tendientes a avanzar en un mejor uso de la información de sensores remotos por parte de todas las áreas involucradas.

## 2. METODOLOGÍA

Se optó por la modalidad de preguntas disparadoras. Para ello, se identificaron **puntos focales** para conformar el equipo de trabajo aportando su visión de usuario/cliente de productos derivados de sensores remotos. Las áreas consultadas y las personas contactadas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1: Áreas y responsables consultados sobre el uso de los sensores remotos.**

Área	Contacto
Dirección de Meteorología Aeronáutica	Roxana Vasques Ferro
Dirección Central de Monitoreo del Clima	Mercedes Poggi
Dirección de Servicios Sectoriales	Lorena Ferreira
Coordinación de Pronósticos Regionales	Alicia Cejas
Coordinación de Pronósticos Inmediatos	Pedro Lohigorry
Transporte de aerosoles y VAAC-BUE	Soledad Osoreo, Soledad Maciel y Germán Russián
Meteorología Antártica	Noemí Troche

A cada uno de ellos se le hizo llegar un conjunto de preguntas disparadoras que permitieran tener un panorama de la situación actual. A continuación se detallan dichas preguntas.

- ¿Cuál es el uso que le dan actualmente a la información de sensores remotos (el para qué, qué miran, qué buscan, qué analizan)?
- ¿Qué tipos de imágenes y/o productos utilizan y por qué?
- ¿Utilizan información provista únicamente por el SMN o consultan otras fuentes? Si es así, ¿cuáles y qué buscan allí?
- ¿Hacen uso de imágenes y/o productos de satélites de órbita baja (polares)?

En la siguiente sección se mostrarán por área los resultados del relevamiento realizado.

### 3. RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO

#### 3.1 Dirección de Meteorología Aeronáutica

Dentro de esta Dirección, los pronósticos aeronáuticos se realizan para un período de tiempo que va del pronóstico inmediato (*nowcasting*, un par de horas) hasta el día (24 horas). En este proceso la información provista por sensores remotos se utiliza para detectar, diagnosticar y pronosticar a corto plazo los siguientes fenómenos:

- Bordes de mesoescala (ej., relacionados con actividad convectiva, circulaciones locales).
- Fenómenos de escala sinóptica y escala global.
- Seguimiento del movimiento y desarrollo de los sistemas meteorológicos y sus fenómenos asociados.
- Diagnóstico y *nowcasting* de fenómenos peligrosos para la navegación aérea que afecten al aeródromo.

Para ello se utilizan principalmente los siguientes productos provistos por el satélite GOES-16 disponibles en el SMN:

- Imágenes de canales individuales del sensor ABI<sup>1</sup> (ch02 [0.64µm; visible], ch05 [1.6µm; NIR nieve/hielo], ch07 [3.9µm; ventana de onda corta], ch08 [6.2µm; vapor de agua niveles altos], ch09 [6.9µm; vapor de agua niveles medios], ch10 [7.3µm; vapor de agua niveles bajos] y ch13 [10.3µm; ventana IR limpia]) para diagnosticar/realizar *nowcasting* de turbulencia, engelamiento y actividad convectiva.

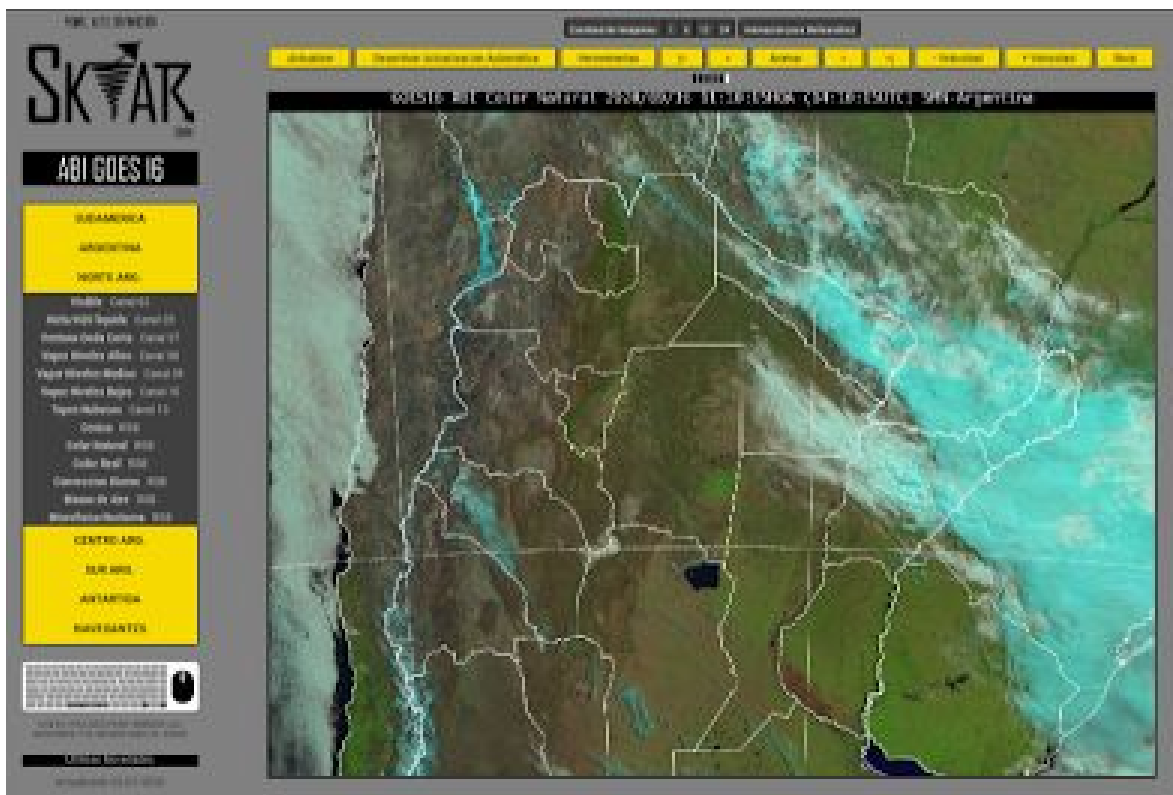
<sup>1</sup> <https://www.goes-r.gov/spacesegment/abi.html>

- Composiciones RGB (ceniza, color natural, convección diurna, microfísica nocturna) para evaluar la presencia de cenizas volcánicas y polvo, y para convección y nieblas respectivamente.
- Productos derivados del sensor GLM<sup>2</sup> para monitoreo de tormentas.

Respecto de otros satélites como los de órbita polar, en la actualidad no son consultados ya que se está trabajando con la DNCIPS para empezar a generar productos a partir de la receptora GNC-A.

Respecto de la información provista por los radares meteorológicos, la Dirección hace uso de los radares del SINARAME<sup>3</sup> (Sistema Nacional de Radares Meteorológicos; radares RMA) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Se utilizan los productos COLMAX de reflectividad, PPI de niveles bajos (0.5°), y CAPPI a 3, 6 y 9 kilómetros, para seguimiento de estructuras de mesoescala.

Como fuente principal de información se utiliza el Panel SKYAR (Figura 1) y RAMMB Slider<sup>4</sup> de CIRA (Colorado State University) para tiempo real. Para consultas históricas se utiliza el banco de datos del CPTec<sup>5</sup> o bien se pide información a la DMSR que llevan adelante el almacenamiento histórico de los datos.



**Fig. 1** Visualizador SKYAR desarrollado por Manuela Sanchez Marino (CPI-SMN).

<sup>2</sup> <https://goes-r.gov/spacesegment/glm.html>

<sup>3</sup> <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/institucional/sinarame>

<sup>4</sup> <https://rammb-slider.cira.colostate.edu/>

<sup>5</sup> <http://satelite.cptec.inpe.br/home/index.jsp>

## 3.2 Dirección Central de Monitoreo del Clima

En esta Dirección, actualmente, sólo se utiliza y analiza información proveniente de satélites. A continuación se enumeran las aplicaciones donde se emplea dicha información:

- Como información complementaria en los informes especiales, para clarificar al usuario sobre un cierto fenómeno en forma visual, a fin de facilitarle su reconocimiento. Se utilizan las imágenes, por ejemplo, en las épocas de incendios forestales, en ocurrencia de una fuerte tormenta o de nieve en cordillera. En estos casos, siempre se las emplea como información respaldatoria cualitativa. Sin embargo, resultan sumamente útiles, en especial en aquellas regiones con poca densidad de estaciones meteorológicas. Mayormente se recurre a imágenes propias del SMN (visible y topes nubosos), aunque en ocasiones se han considerado algunos productos provistos por NASA.
- Como complemento de los mapas de tormentas, se analizaba la información satelital junto a un producto experimental desarrollado por el ex Departamento de Investigación y Desarrollo (hoy DMSR), en base a la red de detección de rayos Vaisala GLD360. Dado que no se le dio continuidad a la suscripción de datos de dicha red, desde la DMSR se está trabajando para poner nuevamente a disponibilidad este tipo de productos, pero utilizando información provista por el sensor GLM a bordo del satélite GOES-16.
- Anomalías de OLR (radiación de onda larga saliente; campos estacionales) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), obtenidos a partir de datos de un satélite de órbita polar, para monitorear el estado del Océano Pacífico, el fenómeno de Madden-Julian y El Niño–Oscilación del Sur.
- Precipitación y su anomalía a partir de datos IMERG<sup>6</sup> para la región de la Cuenca del Plata.
- Monitoreo de ozono total y superficial, así como de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos halogenados. Para ello se utiliza la información proveniente de diferentes plataformas satelitales de órbita polar (ver <https://aura.gsfc.nasa.gov/airquality.html> y <http://www.temis.nl/index.php>). Por ejemplo, para las mediciones y estudios del ozono y de otros parámetros atmosféricos relacionados con la química del ozono, se emplean los datos del sensor OMI<sup>7</sup> (Ozone Monitoring Instrument), que se encuentra a bordo del satélite Aura de NASA. El sensor OMI puede distinguir entre tipos de aerosoles (como humo, polvo y sulfatos), y mide la presión y la cobertura de las nubes, proporcionando datos para derivar el ozono troposférico. A su vez, se trabaja con datos del sensor MOPPIT<sup>8</sup> (Measurements of Pollution in the Troposphere), un instrumento del satélite Terra de NASA. El MOPPIT mide las concentraciones de monóxido de carbono en la columna vertical de la atmósfera y permite estimar la distribución, el transporte, y las fuentes y sumideros de dicho gas en toda la troposfera. También se ha utilizado datos del sensor SCIAMACHY<sup>9</sup> (SCanning Imaging Absorption spectroMeter for Atmospheric CHartography). El SCIAMACHY era un espectrómetro de imágenes cuyo objetivo principal era la medición de parámetros de composición atmosférica (incluidos gases, nubes y aerosoles), tanto en la troposfera

<sup>6</sup> <https://disasters.nasa.gov/instruments/imerg>

<sup>7</sup> <https://aura.gsfc.nasa.gov/omi.html>

<sup>8</sup> <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/mopitt>

<sup>9</sup> <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat/instruments/sciamachy>

como en la estratósfera. Estaba a bordo del satélite Envisat, que estuvo operativo desde marzo de 2002 hasta abril de 2012.

### 3.3 Dirección de Servicios Sectoriales

Dentro de esta dirección, el uso de sensores remotos es muy amplio y se circunscribe mayormente a información satelital (sólo el CIM [*Centro de Información Meteorológica*] consulta imágenes en tiempo diferido de radares - producto COLMAX). Las principales aplicaciones son monitoreo de incendios, inundaciones, estado del suelo (humedad, temperatura, vegetación, balance hídrico, cobertura de nieve, entre otros), precipitación, tormentas severas, estado de la superficie del mar (SST y concentración de clorofila) y condiciones en Antártida.

Estas aplicaciones se enmarcan en respuestas a oficios judiciales, productos que se publican en la web del SMN, reuniones interinstitucionales (ej., tendencia climática), boletines e informes (ej., emergencia agropecuaria, precipitación, boletín agrometeorológico decádico), protocolos (ej., sequías), y proyectos del SMN.

Mayormente se utiliza información proveniente de satélites de órbita polar (ej., Terra, Aqua, Landsat, GPM, Sentinel, JPSS [S-NPP y NOAA-20]), pero también se utilizan datos del satélite geostacionario GOES-16. Todos estos datos y/o productos son de producción propia o bien se obtienen de agencias como CONAE, INTA, NASA, JAXA, CPTec, entre otros. En la Tabla 2 se detallan todos los productos utilizados por esta Dirección.

**Tabla 2:** Lista de productos utilizados por la Dirección de Servicios Sectoriales

Producto	Objetivo	Marco	Satélite (Sensor)	Fuente
Incendios	Verificar la ocurrencia de un incendio	Oficios Judiciales	Terra y Aqua (MODIS) N-NPP y NOAA-20 (VIIRS) Landsat 7 (ETMS) Sentinel 2 (N/A)	SMN
	Cálculo de superficie de área quemada	Oficios judiciales, actualización web o proyectos SMN (ej. SOBA)		
	Visualización de columnas de humo	Actualización web	Terra y Aqua (MODIS) Landsat 7 (ETMS) Sentinel 2 (N/A)	
Inundaciones	Extensión de las inundaciones	Actualización Web/Reuniones de Tendencia Climática	Terra y Aqua (MODIS) N-NPP y NOAA-20 (VIIRS) Landsat 7 (ETMS) Sentinel 1 y 2 (N/A)	SMN
Humedad del suelo	Mapas de promedio decádico	Actualización Web/Reuniones de Tendencia Climática	SMAP (N/A)	CONAE/SMN
Temperatura Superficial de la Tierra	Mapas de promedio decádico	Actualización Web	Terra y Aqua (MODIS)	SMN
Cobertura Nieve	Superficie afectada por cuenca	Actualización Web	Terra y Aqua (MODIS)	SMN
CHIRPS	Alimenta al BHOA (Balance Hidrológico Operativo)	Evaluar diferencias en los resultados del BHOA con distintas		Estimación: SMN; BHOA: FAUBA



		estimaciones satelitales		
GSMaP	Precipitación	Proyecto QPE (corrección estaciones)	GPM (MW+DPR)	JAXA
IMERG	Precipitación	Proyecto QPE (validación)	GPM	NASA
Indice verde (NDVI)	Vegetación (Mapas NDVI decádico)	Boletines Agro e informe de emergencia agropecuaria	N-NPP y NOAA-20 (VIIRS)	INTA/SMN
TOPES NUBES	Ocurrencia de Tormentas Severas	Informes Precipitación Informe de emergencia agropecuaria	GOES-16	SMN
TOPES NUBES	Inferir la ocurrencia de granizo, actividad eléctrica y vientos intensos	Informe de emergencia agropecuaria y oficios judiciales (juzgados, comisarias, abogados particulares y prefectura)	GOES-16	CPTEC
Estimaciones de lluvia (IMERG)	Alimenta al BHOA (Balance hidrológico operativo)	Protocolo de Sequías	GPM	Estimación: SMN; BHOA: FAUBA
Anomalías de NDVI y EVI	Cambios en la cobertura del suelo; se evalúa si responden a procesos naturales (sequías, inundaciones, plagas, ...) o a prácticas agrícolas.	Protocolo de Sequías	Terra y Aqua (MODIS)	INTA
Humedad del suelo	Evolución de los procesos de sequía	Protocolo de Sequías	SMAP (N/A)	CONAE
Estimaciones de lluvia (IMERG)	Situación diaria de la precipitación	Boletín agrometeorológico decádico	GPM	SMN
NDVI y EVI	Estado de la vegetación	página web del SMN	Terra y Aqua (MODIS)	SMN
SST y concentración de clorofila en la superficie del mar	Estado del mar para la pesca	página web del SMN	NASA	SMN (obs: SST discontinuado desde noviembre de 2019 por falta de datos)
Topes nubosos, vapor de agua, visible.	Para identificar áreas convectivas, ondas de montaña e intrusiones secas.	Informes de monitoreo, reuniones de tendencia, informes especiales	GOES-16	SMN y CPTEC
	Analizar situaciones en la región Antártica	Informes de monitoreo, informes especiales	polares	CPTEC
Contenido de agua en el suelo o de excedente de agua	Analizar el estado hídrico del suelo y la posibilidad de definir áreas anegadas / sequías	Informe de Situación Actual		NASA <sup>10</sup>

<sup>10</sup> <https://floodmap.modaps.eosdis.nasa.gov/SouthAmerica.php>

Reservorios de agua en el suelo	Analizar la climatología de agua en el suelo	Informe de situación actual	Landsat 7 (ETMS)	SMN
---------------------------------	--	-----------------------------	------------------	-----

### 3.4 Coordinación de Pronósticos Regionales

En esta Coordinación se utilizan casi todas las imágenes de los distintos canales disponibles en el satélite GOES-16. El uso particular depende de la situación, de la época del año y la hora y también del pronosticador. Se utilizan para la actualización de pronósticos, desde la visualización de algo tan simple como la nubosidad, hasta la formación de tormentas y evaluar el grado de madurez de una tormenta y para la actualización de Avisos de alertas.

Además, se utilizan para la emisión de pronósticos marinos, donde hay muy pocos o nulos datos desde los 35°S hasta los Mares Antárticos y desde los 20°O hasta el Cabo de Hornos, aquí las imágenes satelitales son fundamentales ya que permiten la observación de los grandes sistemas sinópticos y su campo nuboso asociado, y algo fundamental las nieblas sobre el mar, dado que la visibilidad es uno de los parámetros requeridos por los servicios marinos.

En épocas invernales, la falta de datos en cordillera es un gran problema con lo cual el monitoreo de la nieve mediante imágenes satelitales le da a los pronosticadores una idea de cómo está la zona. A esto se suma visualizar los patrones de nubosidad asociados a los eventos de zonda, o en caso de alertas de vientos en cordillera, analizar la actividad de ondas de montañas.

También son utilizados los productos derivados del sensor GLM a bordo del satélite GOES-16, para observar la actividad eléctrica.

En una situación de buen tiempo, el análisis satelital se centra mayormente en las bandas de vapor de agua, o la visualización de nieblas en superficie, especialmente en el período nocturno y primeras horas de la mañana.

Respecto del tipo de imágenes y/o productos que se utilizan con frecuencia, productos compuestos como la imagen RGB de convección diurna es fundamental ya que les permite identificar rápidamente zonas con nubes de gran desarrollo vertical en su etapa inicial. El producto RGB microfísica nocturna es fundamental para el monitoreo de nieblas, tanto sobre el continente como sobre el mar. Con el compuesto RGB masas de aire, más allá de la identificación de diferentes masas de aires, en casos de ciclogénesis les permite seguir su desarrollo. Por su parte, con la composición RGB nubes pueden ver la correspondencia a determinadas nubes. Las imágenes de vapor son usadas en los 3 canales (niveles bajos, medios y altos de la atmósfera) y son fundamentales para identificar humedad o posición de corrientes en chorro, vaguadas, cuñas, etc. Las imágenes visibles en los turnos de día permiten a los pronosticadores ver algunas características de la superficie, además de calles de cúmulos, formación de los primeros cúmulos, entre otras cosas.

Todas las imágenes mencionadas son provistas en el SMN y se consultan a través del panel SKYAR. En algunas ocasiones también consultan otras páginas como MSFC-NASA<sup>11</sup> y RAMMB Slider.

Finalmente, en lo que respecta al uso de imágenes y/o productos provenientes de satélites de órbita baja, hacen uso de productos que muestran el viento estimado sobre la superficie del mar. Un ejemplo de ello es el sensor ASCAT<sup>12</sup> a bordo de los satélites de la serie Metop de EUMETSAT<sup>13</sup>.

Para la oficina de Pronósticos regionales otro recurso fundamental es la información proveniente de la red de radares provenientes de SINARAME e INTA, su interpretación ayuda a decidir por ejemplo si hay que rectificar o no un Alerta ya emitido o para evaluar una posibilidad de dar un cese. Los productos que se monitorean entre otros son COLMAX y PPI de reflectividad y viento radial. En ese sentido, esta Coordinación tiene una gran ventaja al encontrarse físicamente en el mismo Centro de Operaciones (COP) que la Coordinación de Pronósticos inmediatos (CPI), lo que facilita el intercambio de ideas, sea por algún tipo de eco anómalo o dudas sobre la reflectividad presente, o bien de estructuras más complejas.

### 3.5 Coordinación de Pronósticos Inmediatos

En esta Coordinación los sensores remotos GOES-16 y radares meteorológicos (de Elía y otros, 2017) se utilizan para vigilar la meteorología sobre la República Argentina. Se busca detectar tormentas y analizar su intensidad a través de la detección de patrones de tiempo severo. En caso que las tormentas ameriten, se emite un Aviso meteorológico a muy Corto Plazo (ACP; Lohigorry y otros, 2018).

Para ello se utilizan todos los productos GOES (canales individuales, productos RGB, producto GLM) y todos los productos radar disponibles (COLMAX, PPI más bajo de reflectividad y velocidad radial). También se consulta la información de actividad eléctrica provista por la red Earth Networks<sup>14</sup>, proveedora internacional de este servicio para la empresa EANA S.E.<sup>15</sup>, y a través de la cual SMN tiene acceso.

Toda esta información se obtiene desde el SMN pero se consultan otras fuentes también como por ejemplo:

- RAMMB Slider: se utiliza principalmente el producto GeoColor por la claridad de la imagen para el análisis y para distinguir aerosoles como humo.
- Productos de radar de la Dirección de Contingencias Climáticas de Mendoza<sup>16</sup> y de la Dirección de Meteorología e Hidrología<sup>17</sup> de Paraguay para ver los radares de esos organismos. En la actualidad se está trabajando en conjunto con la DNCIPS para integrar dicha información al circuito de producción local de productos dentro del SMN.

Respecto del uso de imágenes y/o productos provenientes de satélites de órbita baja, se utilizaban productos de satélites polares para realizar un diagnóstico de la situación meteorológica sobre Argentina.

<sup>11</sup> <https://weather.msfc.nasa.gov/goes/abi/goesEastfullDiskband14.html>

<sup>12</sup> <https://manati.star.nesdis.noaa.gov/datasets/ASCATData.php>

<sup>13</sup> <https://www.eumetsat.int/website/home/index.html>

<sup>14</sup> <https://www.earthnetworks.com/>

<sup>15</sup> <https://www.eana.com.ar/>

<sup>16</sup> <http://contingencias.mendoza.gov.ar/radar.php>

<sup>17</sup> <https://www.meteorologia.gov.py/radar/>

Algunos de los productos que se utilizaban eran estimaciones del agua precipitable y algunos índices de inestabilidad. En la actualidad se utiliza el producto LPW<sup>18</sup>, que combina modelo y mediciones de polares.

### 3.6 VAAC y Transporte de Aerosoles

Los datos provistos por los sensores remotos, en particular aquellos que provienen de satélites, tienen un rol fundamental en la tarea operativa que a diario realiza tanto la VAAC-BUE<sup>19</sup> como el área de Transporte de Aerosoles.

En el caso de la VAAC, los múltiples productos derivados son utilizados para realizar un monitoreo de las posibles emisiones de ceniza y analizar su evolución en el tiempo en su área de responsabilidad (entre los 10° S-90°S y 10°O-90°O), combinando esta información con la provista por modelos numéricos para emitir mensajes de Avisos de Ceniza Volcánica (VAA, por sus siglas en inglés; Osorio y otros, 2018) en el marco del programa de Vigilancia de Volcanes en Aerovías Internacionales de OACI. En este contexto, las imágenes de los satélites geoestacionarios GOES-16, Met-11 (MSG) y los de órbita polar Terra, Aqua y NOAA-20, S-NPP son la principal herramienta de monitoreo, junto con las webcam ubicadas al pie de muchos de los volcanes que se encuentran dentro del área de responsabilidad del VAAC y que son operadas por los observatorios vulcanológicos (Instituto Geofísico del Perú, Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur de SERNAGEOMIN de Chile y Observatorio Argentino de Vigilancia Volcánica del SEGEMAR de Argentina). Para la detección de la ceniza se utilizan las imágenes visibles (disponibles en horas diurnas) junto con las composiciones en falso color RGB que resaltan las zonas con presencia de ceniza y SO<sub>2</sub>. La altura de la columna eruptiva se infiere a partir del uso combinado de los canales visibles, vapor de agua e infrarrojos junto con datos de radiosondeos y de modelos numéricos de predicción meteorológica (GFS o WRF). El comportamiento de los volcanes no es predecible lo que obliga a los pronosticadores a estar pendientes en todo momento de la vigilancia de los sensores remotos. Los volcanes pueden pasar de emisiones continuas, que se aprecian con animaciones de los productos satelitales, a emisiones aisladas de gran altura. En ocasiones la cortante del viento en las diferentes capas puede producir dispersión de ceniza en diferentes direcciones, esto complejiza aún más el análisis.

En el caso de erupciones de gran magnitud, como la del Cordón Caulle ocurrida en 2011, se recurre a imágenes generadas por el satélite geoestacionario Meteosat a fin de poder seguir la nube de ceniza sobre el Océano Atlántico antes de pasar la responsabilidad a la VAAC-Toulouse.

En particular las imágenes de los satélites de órbita polar se vuelven indispensables cuando es necesario monitorear volcanes ubicados en la región sur del área de responsabilidad del VAAC, donde la información provista por el satélite GOES-16 presenta grandes limitaciones debido a su muy baja resolución (borde del disco de observación).

Los productos mencionados son consultados en múltiples plataformas locales (Panel GOES-16 SKYAR, con productos sectorizados y Proteus asociado a la receptora GRB de GOES-16) y externas (Volcanic Cloud Monitoring de NOAA/CIMSS y RAMMB Slider). En particular en Volcanic Cloud Monitoring de NOAA/CIMSS (VOLCAT)<sup>20</sup> cuenta con productos adicionales tales como la altura de tope de las plumas de ceniza y carga de masa, entre otros. Otro elemento a destacar, es que VOLCAT permite enviar notificaciones por correo

<sup>18</sup> [http://rammb.cira.colostate.edu/training/visit/quick\\_guides/QuickGuide\\_LPW\\_Advected\\_20180223.pdf](http://rammb.cira.colostate.edu/training/visit/quick_guides/QuickGuide_LPW_Advected_20180223.pdf)

<sup>19</sup> <http://www3.smn.gov.ar/vaac/buenosaires/inicio.php?lang=es>

<sup>20</sup> <https://volcano.ssec.wisc.edu/>

electrónico cada vez que detecta algo relevante en las imágenes y productos (puntos calientes, ceniza volcánica, etc). También cuentan con la opción de graficar polígonos, consultar las coordenadas y de ser necesario exportarlos.

En cuanto a los radares meteorológicos, en la actualidad se cuenta con dos radares cerca de la cordillera. Uno ubicado dentro del predio del aeropuerto de la ciudad de Bariloche (radar RMA0) y otro en la ciudad de Neuquén (radar RMA7). El primero no forma parte de la red operativa del SINARAME y es propiedad de INVAP, quien lo utiliza como banco de pruebas para sus desarrollos. No obstante, durante la erupción del volcán Calbuco en 2015, el mismo fue encendido y se pudieron capturar datos que luego sirvieron para documentar su potencial uso en nuestro país (Vidal y otros, 2017).

Por su parte, el área de Transporte de Aerosoles tiene como objetivo el monitoreo y pronóstico de dispersión de diversos aerosoles (ceniza volcánica, humo por quema de biomasa) que afecten a la República Argentina, para ello elabora informes especiales, brinda apoyo a VAAC durante eventos especiales tales como eventos extraordinarios de removilización de ceniza y durante erupciones de gran magnitud y desarrolla verificaciones de los productos VAAC. Por otro lado, Transporte de Aerosoles coordina los simulacros de emergencia nuclear dentro del SMN y participa en ejercicios de emisiones no-nucleares junto con los RSMC (Centros Regionales Meteorológicos Especializados). A futuro se espera ampliar el área a fin de abarcar otros aerosoles que puedan afectar nuestro país. Para llevar a cabo todas estas tareas, Transporte de Aerosoles utiliza información provista tanto por satélites geoestacionarios como de órbita baja. Para el caso de ceniza volcánica se utilizan los productos satelitales descritos previamente en VAAC y en el caso particular de los eventos de humo se utilizan los productos satelitales adicionales indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Productos utilizados por Transporte de Aerosoles.

<b>Producto</b>	<b>Satélites</b>	<b>Fuente</b>
GeoColor (CIRA)	GOES-16	RAMMB Slider
Reflectancia corregida	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Terra</li> <li>● Aqua</li> <li>● Suomi NPP</li> </ul>	NASA <sup>21</sup>
Espesor óptico de Aerosol	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Terra</li> <li>● Aqua</li> <li>● Suomi NPP</li> </ul>	NASA
Focos de incendios y anomalías térmicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Terra</li> <li>● Aqua</li> <li>● Suomi NPP</li> </ul>	NASA
Retrodispersión total atenuada	CALIPSO	NASA CNES <sup>22</sup>

<sup>21</sup> <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

<sup>22</sup> <https://www-calipso.larc.nasa.gov/>

### 3.7 Meteorología Antártica

La información satelital en el área antártica es fundamental debido a las pocas estaciones meteorológicas de superficie en la zona y amplia área marítima.

En la Base Marambio se elaboran los siguientes productos: Boletín Navegante, TAF y PRONAREA como así también el pronóstico a 24 horas de cada una de las restantes bases antárticas, campamentos y refugios de la Dirección Nacional del Antártico, con una frecuencia de dos veces al día. El área de interés está comprendida entre los paralelos de 50° y 80° Sur y entre los meridianos de 100° y 20° Oeste. Si bien el área antártica está al sur del paralelo de 60°, para los cruces desde Río Gallegos es necesario ver las imágenes desde los 50°S.

También se realiza la vigilancia del tiempo para las operaciones aéreas desde la Base Marambio (con aviones Twin Otter y helicópteros Bell 212) y los cruces de los vuelos LAN (Río Gallegos - Marambio). Por lo tanto, de forma continua se consultan las imágenes satelitales disponibles para el área antártica (visible, topos nubosos, vapor de agua, RGB masas de aire y RGB microfísica nocturna) provistas por el satélite GOES-16. Se las utiliza también para ubicar los sistemas en el análisis de cartas sinópticas (se analizan 2 ó 3 por día). Con ellas se analiza la evolución temporal de los sistemas sinópticos (desplazamiento, evolución, secamiento del aire, detección de nubosidad baja, nieblas, turbulencia), así como desprendimiento de icebergs, cobertura de hielo marino, corriente en chorro, posible engelamiento, temperatura, etc.

Aparte de las imágenes ya mencionadas del satélite GOES-16 y disponibilizadas a través del panel SKYAR, también se consultan las imágenes provistas por la CONAE de los satélites polares NOAA-18 y -19, cuya recepción y procesamiento se realiza en la misma base Marambio. Si bien la frecuencia temporal de estas imágenes es escasa (2 ó 3 pasadas por día), su mayor resolución espacial y la posibilidad de abrir las mismas a través de un visualizador local, combinando distintos canales, permite distinguir áreas con cobertura de nubosidad baja, nieblas, nieve reciente, iceberg, entre otros. Incluso se puede monitorear el área correspondiente a la Base Belgrano II (77°S 34°O).

## 4. INFRAESTRUCTURA Y FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Para un aprovechamiento acorde de todos los productos mencionados en las secciones anteriores, donde la variedad de datos, sensores, satélites y aplicaciones es muy amplia, es necesario contar con recursos humanos formados y con herramientas necesarias. Así, varias son las iniciativas que se han llevado adelante dentro del SMN relativas a la capacitación del personal tanto a partir del desarrollo de cursos y talleres propios como también incentivando a participar de actividades a distancia o presencial de diversa índole.

Como ejemplo de cursos propios, se puede mencionar el curso dictado en la Base Marambio por la Tec. Diana Rodríguez perteneciente a la actual Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, orientado a capacitar al personal meteorológico de la base en el análisis y procesamiento de imágenes provenientes de satélites de órbita polar que se reciben localmente a través de un equipo receptor propiedad de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). También en lo que refiere a satélites de órbita geoestacionaria, con la puesta en órbita del satélite GOES-16 se desarrolló lo que se denominó "Programa de Capacitación para la Nueva Generación de Satélites Geoestacionarios". El objetivo

propuesto fue capacitar a todo el personal de las áreas operativas del SMN a través de un curso a distancia y un taller presencial, este último en colaboración con personal de la NOAA. Respecto de colaboraciones y capacitaciones externas, desde el SMN se tiene una presencia activa en actividades de entrenamiento y capacitación coordinadas por el Laboratorio Virtual de Formación y Educación en Meteorología Satelital de la OMM<sup>23</sup>. Además de colaboraciones en el desarrollo de material de entrenamiento en el marco del Programa COMET<sup>24</sup>.

Por otro lado y en lo que respecta a buenas prácticas en el uso de información proveniente de radares meteorológicos, se motiva de manera continua a los pronosticadores de CPI para estar al día con capacitaciones disponibles de manera remota además de trabajar en desarrollar capacitaciones locales como el curso que actualmente se está preparando destinado a pronosticadores de la DMA, CPR y CPI.

En lo que refiere a infraestructura, cabe mencionar la incorporación de una estación receptora GRB con la cual se reciben en tiempo real los datos del satélite GOES-16, así como también una antena GNC-A para acceder a un número importante de productos satelitales, así como para servir de canal alternativo en caso de falla de la recepción GRB.

Por su parte, contar con visualizadores que le permitan al pronosticador analizar los diferentes productos que ofrecen los satélites es clave en la tarea diaria. Aquí podemos mencionar dos programas específicos para análisis de datos e imágenes de satélite y radar, EEC-Proteus<sup>25</sup> y GAMIC-FrogMuran<sup>26</sup>, respectivamente.

No obstante, resulta importante destacar los esfuerzos locales que se han llevado a cabo para poder desarrollar herramientas que permitan disponibilizar gran parte de dicha información de una manera amigable y allí encontramos como caso de éxito al panel SKYAR desarrollado íntegramente por Manuela Sánchez Marino, pronosticadora de CPI. Cabe destacar y resaltar su iniciativa y motivación para el desarrollo de herramientas que le faciliten la tarea operativa a los pronosticadores y pronosticadores de las diferentes áreas del SMN. Además, este desarrollo es un claro indicador de la necesidad existente y creciente de contar con sistemas de visualización integrales que permitan al pronosticador acceder en un mismo lugar de una manera ágil, rápida y eficiente a productos satelitales y de radar de gran calidad.

---

<sup>23</sup> <https://www.wmo-sat.info/vlab/>

<sup>24</sup> <https://www.meted.ucar.edu/index.php>

<sup>25</sup> <http://www.eecweathertech.com/espanol/proteus.php>

<sup>26</sup> <https://www.gamic.com/weather-radar-software/frog-muran>



## Referencias

de Elía R., L. Vidal, P. Lohigorry, R. Mezher y M Rugna, 2017: La red Argentina de radares meteorológicos de Argentina. Nota Técnica SMN 2017-39.

Lohigorry P., R. de Elia, G. Russian, 2018: Pronóstico de muy corto plazo en el Servicio Meteorológico Nacional. Nota Técnica SMN 2018-46.

Osores, M. S., S. Maciel Ramos Mejía, D. M. Rodriguez, S. C. Bolzi, M. S. Rossi Lopardo, M. A. Salles y E. A. Collini, 2018: Verificación de mensajes de aviso de cenizas volcánica: caso Volcán Calbuco. XIII CONGREGMET, 16-19 octubre, Rosario, Argentina.

L. Vidal *et al.*, "C-band Dual-Polarization Radar Observations of a Massive Volcanic Eruption in South America," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 10, no. 3, pp. 960-974, March 2017, doi: 10.1109/JSTARS.2016.2640227.



## Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía ([rdelia@smn.gov.ar](mailto:rdelia@smn.gov.ar)), Luciano Vidal ([lvidal@smn.gov.ar](mailto:lvidal@smn.gov.ar)) o Martin Rugna ([mrugna@smn.gov.ar](mailto:mrugna@smn.gov.ar)) de la Gerencia de Investigación, Desarrollo y Capacitación, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo ([macevedo@smn.gov.ar](mailto:macevedo@smn.gov.ar)).