

Informe Entregables Proyecto AlertAr

Grupo III/2018-4

**Entregable: HERRAMIENTA SATELITAL FORTRACC DE PRONÓSTICO Y
SEGUIMIENTO DE SISTEMAS CONVECTIVOS.**

Integrantes:

- María Paula Hobouchian - SMN
- Yanina García Skabar - SMN - CONICET
- Daniel Vila - DSA - CPTEC
- Maximiliano Sacco - SMN
- Luciano Vidal - SMN
- Martin Rugna - SMN
- Paola Salio - CIMA - CONICET

Abril, 2018

Contenido

Resumen	3
Abstract	3
Detalle del Informe	4
1. Introducción	4
2. Datos	4
3. Metodología	5
4. Resultados	5
5. Conclusiones	10
6. Referencias	10

Resumen	Abstract
<p>La técnica ForTraCC (por sus siglas en inglés) de pronóstico y seguimiento de la evolución de los sistemas convectivos de mesoescala (SCM) por satélite fue desarrollada en Brasil e implementada experimentalmente en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) en 2016.</p> <p>El monitoreo de los SCM y su intensificación es de gran interés debido a que son conjuntos de tormentas que producen un área de precipitación extensa, que pueden durar varias horas, y estar acompañados de distintos fenómenos severos.</p> <p>Esto motiva la utilización de herramientas como ForTraCC basada en imágenes del canal correspondiente a la ventana atmosférica del infrarrojo térmico del satélite geostacionario disponible para realizar la detección, seguimiento y pronóstico de los SCM. A partir de 2018, se actualizó la técnica al satélite GOES-16 con la ventaja principal de aumentar la resolución temporal de los datos a 15 minutos.</p> <p>En este trabajo se presentan las características principales de ForTraCC para facilitar las tareas de vigilancia y pronóstico inmediato de la atmósfera, se discuten la interpretación de la información disponible a partir del análisis de un evento severo sobre el centro y noreste de la Provincia de Buenos Aires, sus posibles mejoras y evaluación de la herramienta, como su aplicación en otras áreas meteorológicas de interés.</p>	<p>The ForTraCC technique for forecasting and tracking the evolution of mesoscale convective systems (MCS) from satellite was developed in Brazil and implemented experimentally at the National Meteorological Service (SMN) in 2016.</p> <p>The monitoring of MCS and their intensification is of great interest because they are groups of storms that produce an area of extensive precipitation, which can last several hours, and produce different severe events.</p> <p>This motivates the use of tools as ForTraCC based on images of the channel corresponding to the atmospheric window of the thermal infrared of the geostationary satellite available to perform the detection, tracking and forecasting of the MCS. Since 2018 the technique was updated to the GOES-16 satellite with the main advantage of increasing the temporal resolution of the data to 15 minutes.</p> <p>This work presents the main characteristics of ForTraCC to facilitate the tasks of monitoring and nowcasting of the atmosphere, the interpretation of the available information is discussed from the analysis of a severe event on the center and northeast of Buenos Aires, its possible improvements and evaluation of the tool, as its application in other meteorological areas of interest.</p>

Detalle del Informe

1. Introducción

Los SCM están formados por grandes conjuntos de tormentas organizadas en forma de líneas o clusters que producen un área de precipitación continua de al menos 100 km en la escala horizontal y que pueden durar más de 24 horas (Markowski et al., 2010).

El monitoreo de este tipo de tormentas y su intensificación es de gran interés para múltiples usuarios principalmente en las áreas de vigilancia y pronóstico de la atmósfera, no solo por la precipitación asociada si no por la ocurrencia potencial de fenómenos severos. Esto motiva la utilización de herramientas de sensores remotos que contribuyan a facilitar estas tareas en tiempo operativo.

La técnica ForTraCC por sus siglas en inglés (Vila et al., 2008), es una herramienta satelital de pronóstico y seguimiento de la evolución de los SCM, a partir de imágenes del canal correspondiente a la ventana atmosférica del infrarrojo térmico.

La metodología está basada en tres etapas compuestas por la detección, seguimiento y pronóstico de los SCM. La detección implica identificar un SCM delimitando un área nubosa asociada a convección profunda. Para ello se utiliza actualmente un umbral frío de temperatura de brillo de 221K (-52°C) y un área mínima de 90 píxeles (1440 km²). El seguimiento se realiza mediante la máxima superposición del área convectiva entre dos imágenes consecutivas. Para el pronóstico se estima por un lado, el desplazamiento del SCM a partir de la identificación y seguimiento del SCM en 2 tiempos consecutivos; y por otro lado, se estima la expansión del área y evolución de la temperatura de brillo mínima del SCM con un modelo estadístico que determina la etapa del ciclo de vida. Esto último brinda información sobre el posible debilitamiento, estabilidad o intensificación del SCM analizado.

Esta herramienta se implementó en el SMN en el año 2016 en modo experimental para vigilancia y pronóstico inmediato de la atmósfera, con un uso potencial en el área de meteorología aeronáutica para realizar alertas por tormentas. A partir de 2018, se adaptó el código de la técnica para renovar la información del satélite GOES-13 por la del GOES-16 lanzado en noviembre de 2016 y disponible en modo operacional a fines de 2017. Este cambio tiene la ventaja principal de aumentar la resolución temporal de la información que mejora los cálculos y estimaciones de la herramienta. Actualmente, se tiene operativamente para cada SCM, la evolución cada 15 minutos en las 2 horas previas a la última imagen de satélite disponible, y el pronóstico a 2 horas en intervalos de 15 minutos.

En este trabajo, se presenta la herramienta ForTraCC, su aplicación, actualización reciente y trabajo a futuro para validarla en Argentina y sumar desarrollos para utilizarla en otras áreas de interés.

2. Datos

Esta herramienta satelital utiliza los datos de temperatura de brillo del canal correspondiente a la ventana atmosférica del infrarrojo térmico del satélite geoestacionario disponible.

En un principio, se utilizaban los datos de temperatura de brillo del canal 4 del GOES-13 centrado en 10.7 μm , que tenían una resolución espacial de 4 km y temporal de 30 minutos.

Con la actualización de ForTraCC al nuevo satélite geoestacionario GOES-16, a partir de 2018 se utilizan los datos de temperatura de brillo del canal 13 del GOES-16 centrado en 10.3 μm . Estos datos están disponibles cada 15 minutos, aumentando la frecuencia temporal y se mantuvo la configuración original de los datos con una resolución espacial de 4 km. Próximamente, se modificarán algunos cálculos iniciales en el algoritmo para aumentar la resolución espacial a 2 km que tiene disponible el nuevo satélite.

Las salidas de ForTraCC están disponibles en modo experimental para los usuarios en una interfaz gráfica que se encuentra en: <http://hidroestimador.smn.gov.ar:8080/fortracc/#>. En la sección de resultados se detalla con una situación de ejemplo toda la información disponible para monitorear con ForTraCC los SCM.

3. Metodología

Para implementar la técnica ForTraCC en el SMN se instalaron los programas necesarios para su ejecución y se adaptó el código a los datos locales.

Los principales parámetros que se editan para su funcionamiento es el tamaño de la imagen de entrada, la posición del satélite (75° W), los umbrales de temperatura de brillo de detección más débil (221K) y más profundo (210k), la mínima cantidad de píxeles del sistema para la detección (90 píxeles), el lapso de tiempo entre imágenes (15 minutos), las rutas correctas a los datos de entrada, y la cantidad de imágenes previas a la última disponible que se van a utilizar en cada ejecución de la herramienta (actualmente 8 imágenes previas de satélite). Estos valores dependen de los datos del satélite, y otros son arbitrarios y modificables dependiendo del criterio de detección de los SCM en el sur de Sudamérica.

A partir de 2018, se trabajó en el procesamiento de los datos de temperatura de brillo del nuevo satélite GOES-16 para generar la información en el formato requerido actualmente para ForTraCC y la técnica Hidroestimador también operativa en el SMN. De este modo, se actualizaron algunos parámetros a los valores detallados anteriormente. Los cambios más significativos son la mayor resolución temporal de los datos que pasó de 30 minutos con el GOES-13 a 15 minutos con el GOES-16. Además, al considerar 8 imágenes previas, se tiene información de 2 horas previas para cada sistema convectivo de mesoescala presente en la última imagen de satélite disponible.

A su vez, se modificaron algunas especificaciones de la interfaz gráfica por los cambios introducidos con el nuevo satélite GOES-16 y se realizaron los ajustes necesarios para la correcta automatización de la nueva versión de ForTraCC.

4. Resultados

La información disponible a partir de ForTraCC y que se encuentra en la interfaz gráfica descrita previamente, son las imágenes de satélite del GOES-16 cada 15 minutos con los distintos SCM detectados, la etapa del ciclo de vida en la que se encuentran en colores diferenciables, y la distribución de temperatura de brillo en escala de grises. En la Figura 1, se presenta como ejemplo la imagen de ForTraCC correspondiente a las 05:30 UTC del 29 de abril de 2018.

Esta fecha coincide con la ocurrencia de un frente estacionario sobre el centro de Argentina que favoreció el desarrollo de tormentas con fenómenos de tiempo severo que afectaron el centro y noreste de la provincia de Buenos Aires, generando granizo e importantes ráfagas de viento que impactaron sobre la ciudad de Buenos Aires durante la madrugada del 29 de abril de 2018. Por este motivo, se elige este caso para mostrar la aplicación de ForTraCC dado que estas tormentas ocasionaron inundaciones y daños considerables.

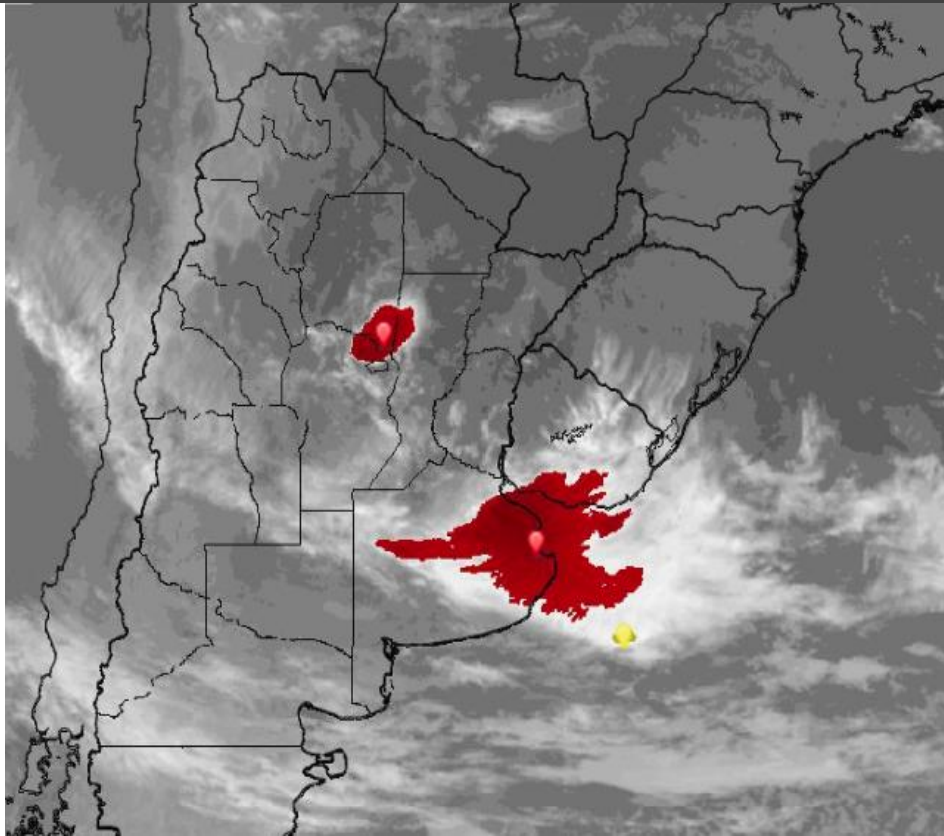


Fig.1. Imagen ForTraCC disponible en el SMN correspondiente a las 05:30 UTC del 29 de abril de 2018. Los colores verdes (no aparece en este caso), amarillos y rojos indican si los SCM se están debilitando, se encuentran estables o se están intensificando respectivamente. Los tonos más oscuros muestran las zonas con temperaturas de brillo más frías en cada SCM.

En la imagen de la Figura 1, se puede seleccionar cada SCM presente, y obtener las características principales como se muestra en la Figura 2. Estas incluyen: ubicación, temperatura de brillo mínima, velocidad, dirección, tiempo de vida, tamaño en píxeles, tasa de expansión, etapa del SCM y la fecha asociada. En el ejemplo se observa que el SCM seleccionado sobre en centro y noreste de la provincia de Buenos Aires se está intensificando a las 05:30 UTC en acuerdo con la proximidad a la hora de mayores daños a las 06:00 UTC.

Antes de observar en detalle la información disponible para cada SCM, es importante realizar algunas aclaraciones para facilitar la interpretación de los datos y de los cálculos realizados con ForTraCC. Por un lado, la fracción convectiva es la relación entre el número de píxeles del área del SCM con toques más fríos (temperatura de brillo menor o igual a 210K) sobre el número de píxeles del área convectiva detectada (temperatura de brillo menor o igual a 221K). Es decir, valores de este índice más cercanos a uno indican una profundización del SCM y lo opuesto para valores cercanos a cero. Por otro lado, la tasa de expansión es la estimación de la expansión del área normalizada considerando modificaciones de tamaño, y no de forma del SCM. Para esto se utiliza un modelo empírico estadístico desarrollado en Brasil con distintos casos de estudio: se separaron los SCM en 4 clases de acuerdo a la duración del ciclo de vida, se calculó la expansión del área normalizada media en distintas etapas del ciclo de vida (iniciación, madurez y disipación), y se ajustó esa variación mediante un modelo lineal para obtener los parámetros estadísticos y pronosticar la evolución del SCM. Los detalles técnicos de esta metodología se encuentran en Vila et al. (2008). Además, para el cálculo de la evolución de la temperatura de brillo mínima se parte de suponer que la evolución del área es seguida de una variación lineal de la temperatura de tope de nube y se aplica una relación lineal entre ambas variaciones.

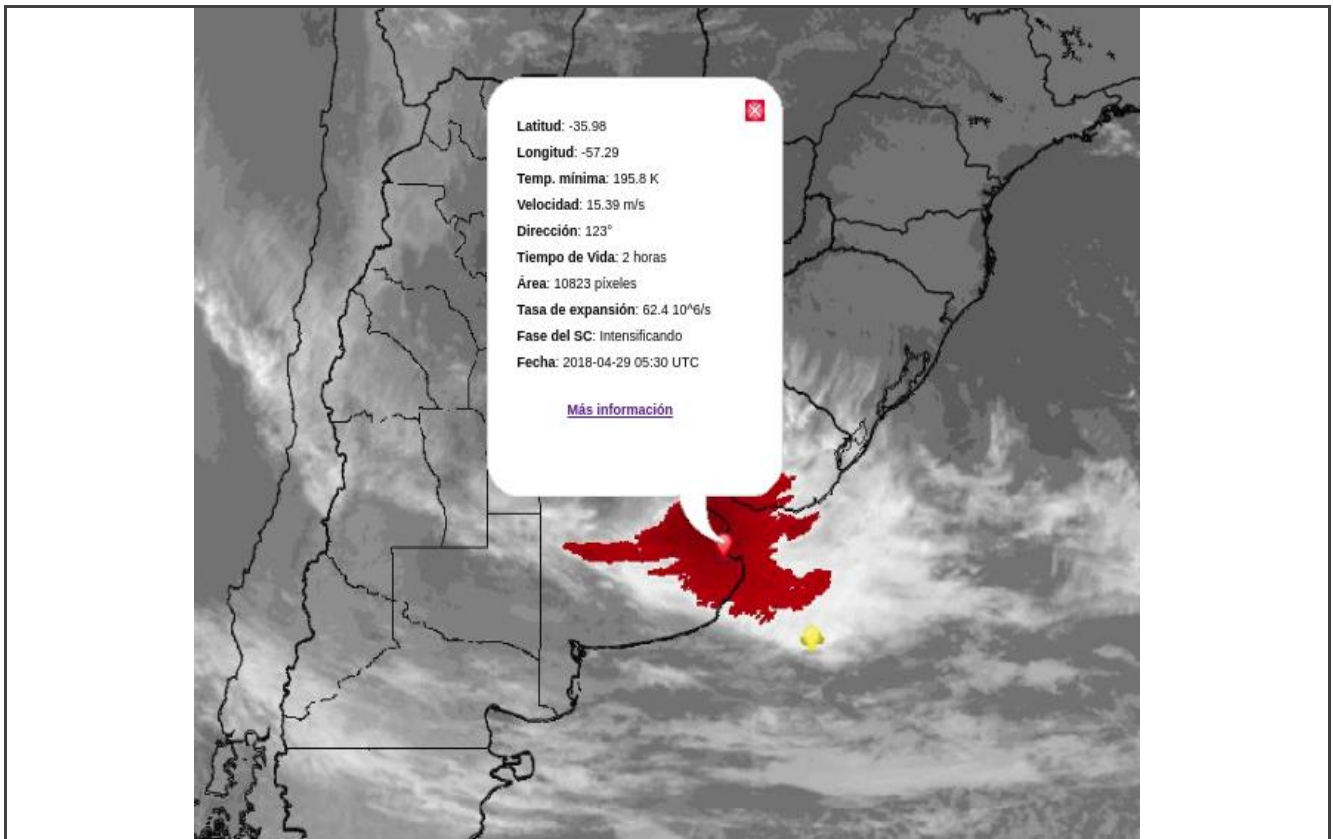


Fig.2. Ídem figura anterior con la selección de uno de los SCM en la imagen y el despliegue disponible de las características principales.

Para analizar cada SCM se puede acceder a la opción de "más información" que se observa en la Figura 2 y se obtienen nuevos gráficos con la evolución de distinta información de interés (Figura 4); la imagen aumentada para dicho SCM con el pronóstico de la trayectoria a 2 horas (Figura 3); y una tabla que contiene detalle del SCM de las 2 horas previas al horario de la imagen analizada con información cada 15 minutos, y el pronóstico a 2 horas con la información mostrada cada 30 minutos en este caso (Tabla 1). En esta tabla se muestra información para cada tiempo de vida, de la ubicación del SCM, la temperatura de brillo mínima, la velocidad en ms^{-1} , la dirección hacia donde se está moviendo el sistema, la evolución del área en pixeles y de la tasa de expansión en 10^6s^{-1} , la situación en cuanto a su debilitamiento, estabilidad o intensificación y la clase que corresponde con el seguimiento entre imágenes sucesivas y si el sistema es "nuevo", proviene de una "continuidad" del sistema desde el tiempo anterior, de la "separación" de un sistema o de la "fusión" de 2 sistemas. Es decir, la clase da una idea el origen del SCM en el tiempo de vida actual respecto del tiempo anterior. Por último, el tipo indica si son datos obtenidos en el tiempo actual de la imagen o si son las previsiones a 30, 60, 90 y 120 minutos.

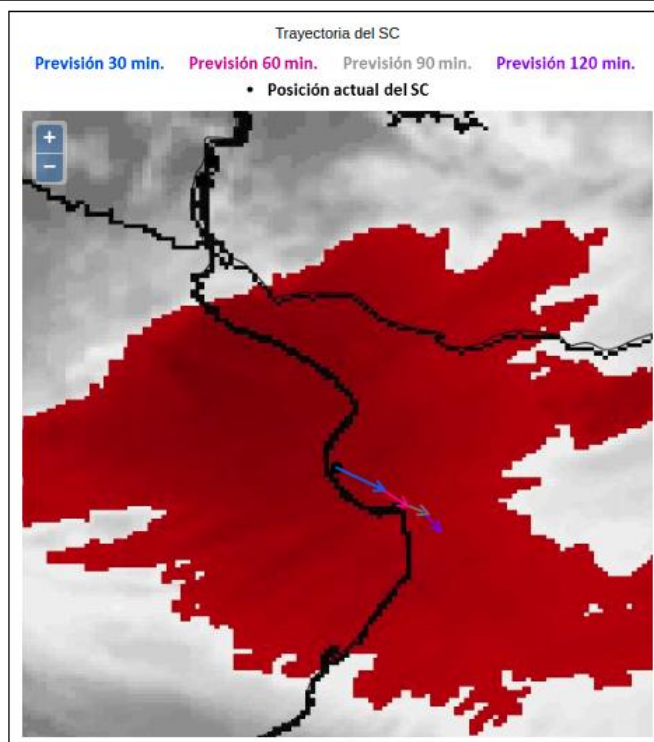


Fig.3. Ídem figura anterior con la imagen ampliada para el SCM seleccionado, su posición actual marcada con un punto negro y el pronóstico de la trayectoria a 2 horas, con flecha azul, magenta, gris y violeta correspondientes al pronóstico a 30, 60, 90 y 120 minutos.

Tabla 1. Información disponible del SCM seleccionado de las 2 horas previas al horario de la misma imagen analizada en las figuras anteriores con datos cada 15 minutos, y el pronóstico a 2 horas con datos mostrados cada 30 minutos.

Lat	Lon	Tmin	Vel	Dir	TVida	Área	Tasa	Situación	Clase	Tipo
-35.55	-57.71	195.7	0	-999	0	10536	-999.9	Estable	Nuevo	Actual
-35.62	-57.92	191.5	17.64	75	0.25	10870	58.1	Intensificando	Separación	Actual
-35.65	-57.96	196.8	4.33	180	0.5	10645	-7.9	Estable	Separación	Actual
-35.8	-58	195.7	17.75	75	0.75	10344	-11.1	Estable	Separación	Actual
-35.87	-57.96	194.7	15.61	123	1	9792	-33	Estable	Separación	Actual
-35.9	-57.79	195.7	17.94	104	1.25	9878	9.7	Estable	Continuidad	Actual
-35.94	-57.58	196.8	17.33	90	1.5	10055	29.7	Estable	Separación	Actual
-35.98	-57.41	196.8	12.06	134	1.75	10454	33.2	Estable	Fusión	Actual
-35.98	-57.29	195.8	15.39	123	2	10823	62.4	Intensificando	Separación	Actual
-36.16	-56.91	195.4	15.5	123	2.5	12062	10.5	Estable	Continuidad	Prev. 30 min.
-36.3	-56.7	195.5	12.22	134	3	11802	-24.2	Estable	Continuidad	Prev. 60 min.
-36.37	-56.53	195.7	6	134	3.5	11096	-39.1	Estable	Continuidad	Prev. 90 min.
-36.51	-56.41	196	9.61	153	4	10293	-43.1	Estable	Continuidad	Prev. 120 min.

En la Figura 4 se muestran los gráficos de la evolución de la fracción convectiva explicada previamente, la temperatura de brillo mínima y el área en píxeles del mismo SCM seleccionado previamente y realizados a las 05:30 UTC del 29 de abril de 2018. Se puede observar como la fracción convectiva se va incrementando desde las 03:45 UTC hasta alcanzar un pico de 0.3 a las 05:00 UTC y que se mantiene próximo a este valor en los tiempos siguientes. En la temperatura de brillo mínima se pronostica una leve disminución para la próxima media hora que obtendría un valor de 195.4 K. En la evolución del área del SCM se observa como viene aumentando el tamaño del SCM desde las 04:30 UTC y el pronóstico a 30 minutos alcanza un pico de 12062 píxeles para las

06:00 UTC.

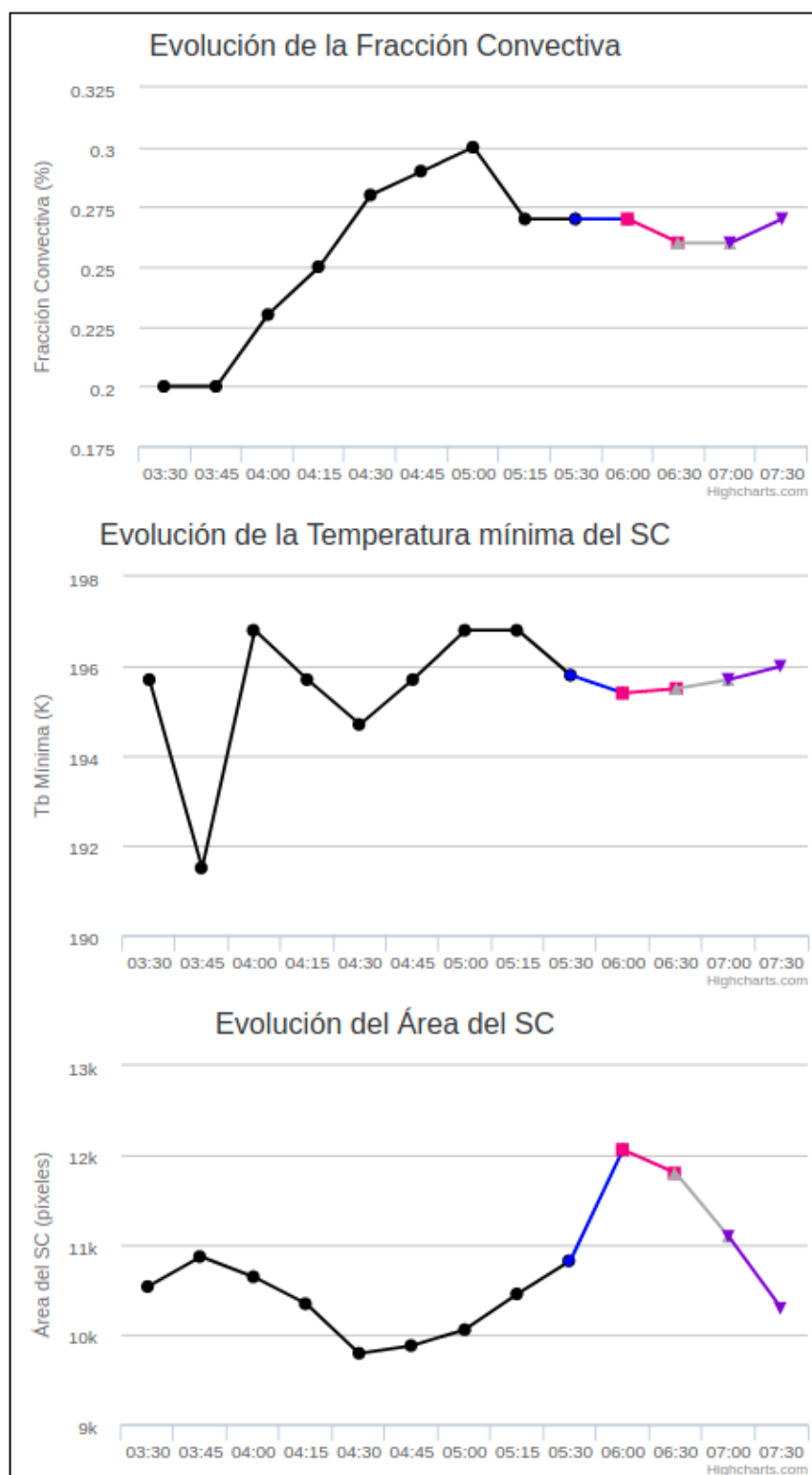


Fig. 4. Evolución de la fracción convectiva (panel superior), temperatura de brillo mínima (panel central) y área (panel inferior) del mismo SCM seleccionado previamente. La parte negra de la curva indica la información disponible hasta la hora de la imagen analizada, y la parte azul, magenta, gris y violeta de la curva corresponde al pronóstico a 30, 60, 90 y 120 minutos.

5. Conclusiones

En este trabajo se describe la técnica ForTraCC que es una herramienta satelital de seguimiento y pronóstico inmediato de los SCM de la atmósfera. Se detalla su aplicación e información disponible, como su correcta interpretación para distintas tareas operativas dentro del SMN.

Esta herramienta se encuentra disponible en "modo experimental" debido a que si bien cuenta con una validación categórica sobre Brasil, resta realizar una validación robusta sobre Argentina que pueda incluir una metodología por objetos más acorde con la información de este producto. En los próximos meses, se espera realizar esta validación comparando parámetros pronosticados por la técnica con los observados en cada imagen de satélite, como también poder aplicar algún otro método recomendable para una validación por objetos.

A partir del uso de este producto, se espera realizar mejoras en la detección de los SCM, cambiando los criterios seleccionados en base a la experiencia previa sobre la región y referencias bibliográficas. Además, se pueden probar distintas metodologías de seguimiento de los SCM disponibles en el algoritmo y de estimación del desplazamiento de los mismos, vinculando otras metodologías en desarrollo sobre el sur de Sudamérica.

Por último, también se puede integrar la información de ForTraCC en los periodos de validez de los avisos SIGMET para comparar las áreas de tormenta identificadas y que sea de utilidad para el área de meteorología aeronáutica.

6. Referencias

Mesoscale meteorology in midlatitudes by Paul Markowski and Yvette Richardson. Wiley-Blackwell, 2010. ISBN: 978-0470742136. 430 pp.

Vila, D.A., Machado, L.A.T., Laurent, H., and Velasco, I., 2008. Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTraCC) using Satellite Infrared Imagery: Methodology and Validation. *Weather and Forecasting*, 23, 233-245.