

Proyecto de Demostración de la OMM sobre la Vigilancia de Fenómenos Meteorológicos y Climáticos Extremos desde el Espacio para Asia Oriental y el Pacífico Occidental

por Yuriy Kuleshov¹, Takuji Kubota², Tomoko Tashima², Pingping Xie³, Toshiyuki Kurino⁴, Peer Hechler⁴ y Lisa V. Alexander⁵

Las observaciones meteorológicas demuestran claramente que el cambio climático mundial tiene lugar desde comienzos de la Revolución Industrial. Estos cambios han sido particularmente acusados a partir de 1950 e incluyen modificaciones en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Los cambios en este tipo de fenómenos pueden aumentar significativamente su impacto en la sociedad, incrementando el número de catástrofes en todo el planeta. Una de las regiones del mundo más propensa a estos desastres es la de Asia-Pacífico. Desde 1970, los desastres naturales han provocado la muerte de dos millones de personas en esa zona (el 59 % de la cifra global de víctimas mortales). Los riesgos naturales más frecuentes en la región son los fenómenos hidrometeorológicos [1]. Existe una acuciante necesidad de desarrollar e implementar nuevas herramientas para la monitorización global de estos

fenómenos peligrosos cada vez más frecuentes, incluyendo el uso de modernas técnicas de teledetección por satélite.

Reconociendo la importancia de esta cuestión, la OMM ha lanzado un Proyecto de Demostración de dos años (2018-2019) sobre la vigilancia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos desde el espacio. El proyecto pone su foco de atención en las sequías y las precipitaciones intensas en la región del sureste asiático y el océano Pacífico. En junio de 2019, el Decimotercer Congreso Meteorológico Mundial examinó los resultados y recomendó la extensión del proyecto a otras regiones de la OMM, adoptando un plan de implementación para la transición a la fase operativa. Este artículo destaca los resultados del Proyecto de Demostración en dos casos de estudio en Australia: uno relativo a la Sequía del Milenio y otro a las lluvias extremas del episodio de La Niña de 2010/2011.

- 1 Oficina de Meteorología de Australia (BOM), Australia
- 2 Centro de Investigación para la Observación de la Tierra, Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), Japón
- 3 Centro de Predicción Climática, Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA), Estados Unidos de América
- 4 Secretaría de la OMM
- 5 Universidad de Nueva Gales del Sur (UNSW) en Sídney (Australia)

Transferencia de conocimiento esencial

El Proyecto de Demostración se estableció siguiendo las recomendaciones del taller de la OMM de febrero de 2017 sobre Vigilancia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos desde el espacio, que reunió a representantes de operadores de satélite, organismos de investigación y desarrollo, Centros Regionales sobre el Clima de la OMM (CRC) y Servicios Meteorológicos e

Hidrológicos Nacionales (SMHN) para estimular el diálogo sobre el fomento del uso de productos y datos obtenidos desde el espacio en la vigilancia de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos.

El taller reconoció que muchos de los países en desarrollo y menos adelantados no estaban beneficiándose de los significativos progresos alcanzados en la observación desde el espacio en la mayoría de los campos de la geofísica: varios productos de satélite de alta resolución están disponibles en tiempo casi real, lo que posibilitaría un mejor uso en la vigilancia de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos desde el espacio. Los participantes recomendaron reforzar la capacitación humana y tecnológica mediante la transferencia de conocimiento de manera que todos los países puedan beneficiarse plenamente de las ventajas de los datos, y de los modernos productos derivados, obtenidos desde el espacio. Los CRC podrían llevar a cabo esa transferencia de conocimiento. Siguiendo las recomendaciones del taller, la OMM creó el Proyecto de Demostración para promover el uso de observaciones y productos obtenidos desde el espacio para la vigilancia de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos.

Situación en la región de Asia-Pacífico

La mayoría de los SMHN de los países del sureste asiático y el Pacífico usan observaciones de pluviómetros convencionales de superficie para la vigilancia de las precipitaciones extremas. Las observaciones del pluviómetro proporcionan medidas puntuales precisas de la precipitación; sin embargo, los datos están limitados a las localizaciones de las estaciones de observación meteorológica. En Australia, por ejemplo, la distribución espacial de pluviómetros no es uniforme: mientras las regiones más densamente pobladas están bien representadas, la cobertura espacial en otras regiones –como el oeste de Tasmania y el interior del país– es muy pobre. Esta falta de uniformidad de la cobertura es habitual en la región Asia-Pacífico, donde la densidad de pluviómetros en muchas áreas es inadecuada. Por lo tanto, las estimaciones complementarias de la precipitación obtenidas a partir de las observaciones desde el espacio darían una mejor respuesta a las necesidades de los usuarios que demandan información sobre las lluvias.

Los actuales productos climáticos operativos para la vigilancia de la sequía (obtenidos a partir de observaciones de superficie) se enfocan típicamente en la identificación de déficits de lluvia en períodos extensos de tiempo (de meses a años) usando análisis de percentiles

o deciles. Y las precipitaciones intensas se diagnostican habitualmente en una escala de tiempo mensual (pese a que los pluviómetros proporcionan información con mayor resolución temporal). El uso de observaciones desde el espacio hace posible la vigilancia de fenómenos de precipitación extrema en períodos de tiempo más cortos, de 5 días, una semana y períodos más largos de hasta un mes, con objeto de responder a los requerimientos actuales y futuros de los usuarios. De esta forma, las observaciones desde el espacio pueden abordar las necesidades de quienes solicitan información sobre valores extremos de precipitación en escalas de tiempo cortas. Tanto los CRC como los SMHN consideran que la vigilancia de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en escalas de tiempo cortas es una valiosa extensión de sus productos operativos que mejora los servicios climáticos para los usuarios de la región Asia-Pacífico.

El índice normalizado de precipitación (SPI) también se usa ampliamente en la vigilancia y detección de la sequía meteorológica. Los valores positivos de SPI corresponden a precipitaciones por encima de la mediana mientras que los valores negativos corresponden a precipitaciones por debajo de la mediana. El carácter de la sequía se clasifica según los valores de SPI sean iguales o menores que $-1,0$. Por ejemplo, si el valor de SPI es $-1,0$ o menor, la sequía se clasifica como “moderadamente seca”; si es $-1,5$ o menor, como “rigurosamente seca”, y si es $-2,0$ o menor como “extremadamente seca”.

Productos de precipitación

El Proyecto de Demostración tenía por objeto demostrar el beneficio que supone el uso de observaciones de precipitación extrema desde el espacio para los servicios operativos de los CRC y los SMHN. Se puso en marcha en las Regiones II (Asia) y V (Suroeste del Pacífico) de la OMM, abarcando el área geográfica de la región del sureste asiático y del océano Pacífico: desde 40° N hasta 45° S; y desde 50° E hasta 160° W. Dos organismos –la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y el Centro de Predicción Climática de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (CPC/NOAA)– proporcionan datos y productos en la región.

El Proyecto de Demostración basó su concepto de sequía y de episodio de lluvia intensa en la definición de fenómeno extremo del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): “Un fenómeno meteorológico extremo es un fenómeno raro en un

determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10° o 90° de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto. Un comportamiento extremo del tiempo puede clasificarse como fenómeno meteorológico extremo cuando persiste durante cierto tiempo (por ejemplo, una estación), especialmente si sus valores promediados o totales son extremos (por ejemplo, sequía o precipitación intensa a lo largo de una temporada)“.

Las recomendaciones de la OMM y la información facilitada por los proveedores y usuarios de datos de satélite (CRC y SMHN del sureste asiático y el Pacífico), tras consultar ampliamente con ellos, determinaron que el Proyecto de Demostración debería orientarse a satisfacer los requisitos de los usuarios para la vigilancia de las precipitaciones extremas en escalas de tiempo cortas. Mediante el uso de los productos de satélite de la JAXA y el CPC/NOAA en tiempo casi real para la vigilancia operativa de fenómenos de “precipitaciones intensas” y “sequías” en el análisis climático, el Proyecto de Demostración desarrolló servicios de información climática para los usuarios en escalas de tiempo de 5 días, semanal y hasta un mes.

Los productos de precipitación de la JAXA se basan en el Mapa satelital mundial de precipitaciones (GSMaP) [3]. Para los usuarios del Proyecto de Demostración en la región Asia-Pacífico, la JAXA proporcionó estimaciones de precipitación media obtenidas de la versión 6 del GSMaP con periodicidad horaria, diaria (00 a 23 UTC), cada cinco días, semanal (lunes a domingo), cada 10 días y mensual, con una resolución espacial de 0,1° de latitud/longitud del elemento de rejilla. Además se facilitaron estadísticas de precipitación extrema, diaria, promedios de cinco días, y semanales (percentiles de 90 a 99) y el porcentaje de días lluviosos (≥ 1 mm/día) al mes. Para la vigilancia de la sequía, se proporcionó el SPI (correspondiente a 1, 2 y 3 meses) en puntos de rejilla sobre tierra con una resolución espacial de 0,25° de latitud/longitud del elemento de rejilla. Estos datos están disponibles a las pocas horas de su observación.

El CPC/NOAA ofreció a los usuarios del Proyecto de Demostración un conjunto similar de productos basados en la estimación de precipitación por satélite mediante la técnica de transformación (*morphing*) del Centro de Predicción Climática conocida como “CMORPH” (véase [4] para ampliar la información). La climatología

de los productos CMORPH se define para un período de 20 años desde 1998 hasta 2017. Además del SPI, semanalmente se proporcionó el índice de vegetación por diferencias normalizadas (NDVI) y el índice de salud de la vegetación (VHI).

Caso de estudio: vigilancia de la sequía en Australia

El Proyecto de Demostración examinó la utilidad de las observaciones desde el espacio en la vigilancia de la sequía de 2007 en Australia, un año crítico de la Sequía del Milenio, usando valores del SPI de tres meses obtenidos a partir de los datos del GSMaP de la JAXA.

Australia es el continente habitado más seco de la Tierra. El 70 % del país recibe menos de 500 mm de lluvia anual, clasificando estas áreas como áridas o semiáridas. Por lo tanto, en Australia la vigilancia de la sequía es vital para una toma informada de decisiones en agricultura, gestión de riesgos de desastre, gestión del agua y otros sectores. La Oficina de Meteorología de Australia (BOM) informa de sequías cuando la precipitación acumulada en tres meses se mantiene por debajo del primer decil registrado para esa región en el pasado [5]. Los registros operativos de la BOM, que se remontan a un siglo en Australia, muestran que en promedio las sequías tienen lugar cada 18 años, aunque su rigor y duración varían.

Una de las sequías australianas más rigurosas, la Sequía del Milenio, ocurrió en la década del año 2000 y afectó a extensas regiones del país. La cuenca de los ríos Murray-Darling, la región agrícola más grande de Australia, resultó seriamente afectada así como los suministros de recursos hídricos de muchas ciudades y pueblos, incluyendo Melbourne, Sídney, Brisbane y Adelaida. La sequía comenzó con un déficit de precipitaciones en 1996/1997 y continuó con años muy secos durante 2001/2002. En 2006, las regiones surorientales de Australia tuvieron el segundo año más seco jamás registrado. En 2007, la cuenca de los ríos Murray-Darling experimentó su séptimo año consecutivo con lluvias por debajo del promedio. Las condiciones secas y cálidas continuaron afectando al continente hasta principios de 2010, cuando el episodio de La Niña de 2010/2011, uno de los más intensos registrados, puso fin a la Sequía del Milenio. Se superaron récords de precipitación en la cuenca de los ríos Murray-Darling y se registraron lluvias por encima del promedio en el sureste del país. Las lluvias persistentes por encima del promedio incrementaron significativamente las reservas de agua en superficie así como la humedad del suelo, dándose por concluida la sequía.

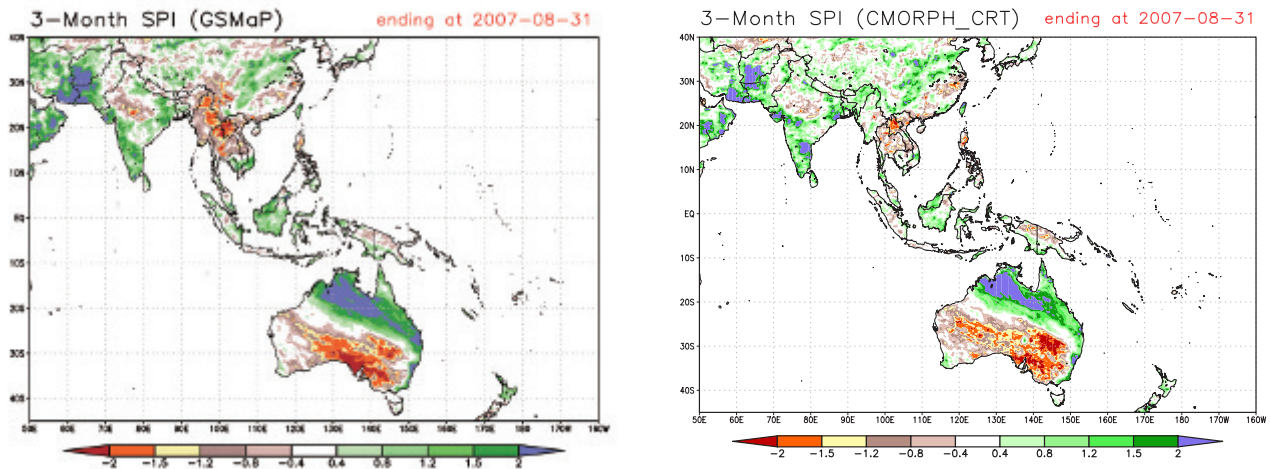


Figura 1. SPI de tres meses para junio-julio-agosto de 2007 obtenidos del GSMaP de la JAXA (izquierda) y del CMORPH del CPC/NOAA con datos de precipitación corregidos de sesgo (derecha).

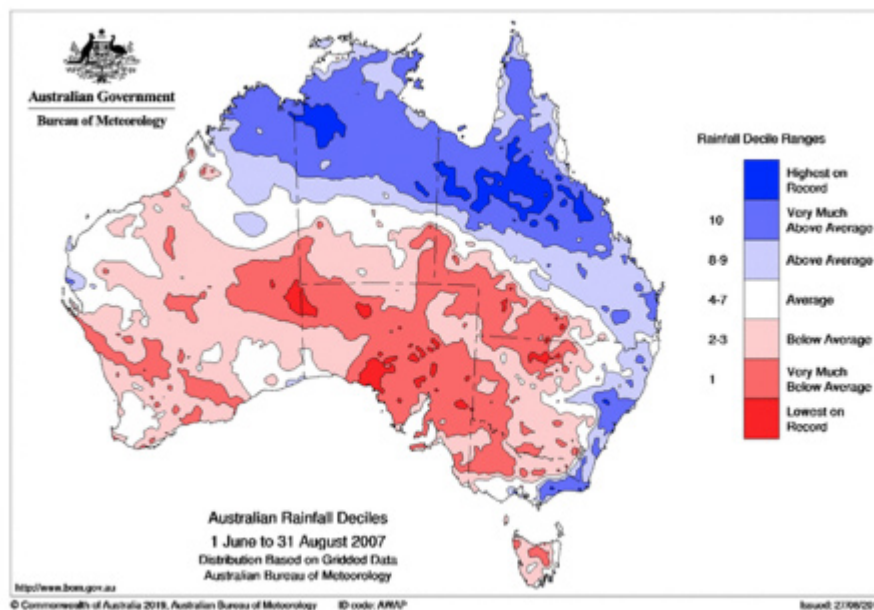


Figura 2. Deciles de precipitación en Australia para junio-julio-agosto de 2007 obtenidos a partir de observaciones de pluviómetros de la Oficina de Meteorología de Australia.

El análisis de los SPI correspondientes al periodo junio-julio-agosto de 2007 (figura 1) en la cuenca de los ríos Murray-Darling obtenidos del GSMaP de la JAXA y del CMORPH del CPC/NOAA indicaron valores inferiores a $-1,5$ ("rigurosamente seco") en las áreas definidas como "muy por debajo de la media" en el mapa de deciles de precipitación generado a partir de observaciones de pluviómetros de la BOM (figura 2). Las observaciones desde el espacio y las observaciones *in situ* estuvieron por lo tanto de acuerdo en la cuenca de los ríos Murray-Darling, en el sureste de Australia, donde la densidad de observaciones superficiales es alta. Sin embargo, hubo notables discrepancias entre los valores del SPI y los mapas de deciles en las regiones centrales del país donde la

densidad de observaciones de superficie es muy baja. Esto demuestra el valor de la estimación de la lluvia desde el espacio para la detección y vigilancia de sequías, especialmente en regiones donde las observaciones de pluviómetros son limitadas o inexistentes.

Caso de estudio: lluvias intensas en Australia

Este segundo caso de estudio analiza dos episodios de precipitaciones intensas en Australia, en diciembre de 2010 y enero de 2011 respectivamente, que causaron inundaciones generalizadas.

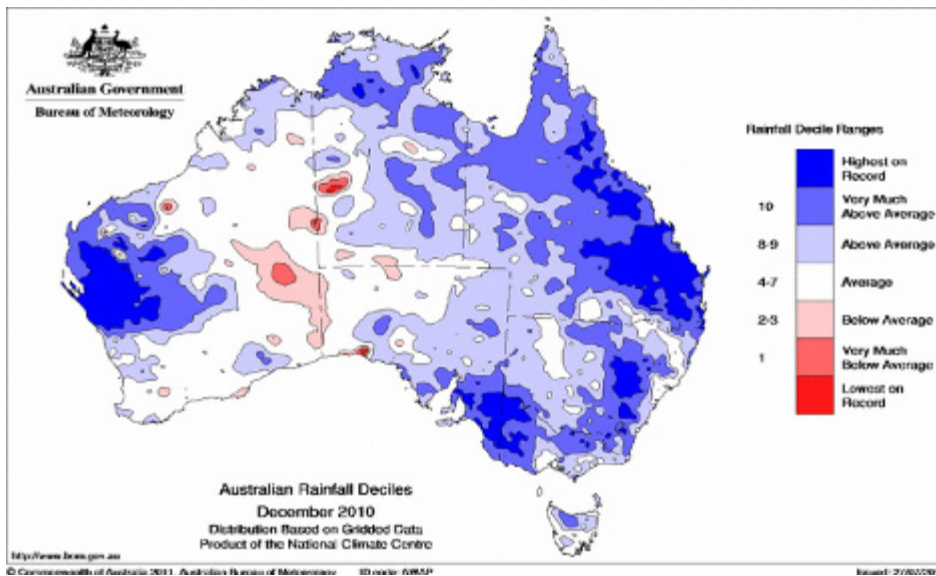


Figura 3. Deciles de precipitación en Australia para diciembre de 2010 obtenidos a partir de observaciones de pluviómetros de la Oficina de Meteorología de Australia. Las lluvias extremas observadas en áreas del oeste y del este de Australia en diciembre de 2010 se asocian con el episodio La Niña de 2010/2011.

Un fenómeno de “precipitación extrema” ocurre cuando la precipitación media en un periodo de tiempo especificado supera el umbral de un determinado percentil, por ejemplo, los percentiles del 90 al 99. Australia experimentó tales lluvias extremas durante el episodio de La Niña de 2010/2011, de hecho 2011 fue el tercer año más húmedo desde que comenzaron los registros nacionales de precipitación en Australia en 1900. Promediados sobre todo el país, ambos años registraron lluvias muy por encima del promedio: 690 mm en 2010 (225 mm por encima del promedio de largo plazo de 465 mm) y 699 mm en 2011 (234 mm por encima del promedio de largo plazo de 465 mm).

El episodio de La Niña de 2010/2011 tuvo un impacto significativo en las precipitaciones australianas. La Niña se asocia típicamente con un incremento de la pluviometría en el norte y el este del país. Durante La Niña de 2010/2011, la mayor parte de la Australia continental experimentó lluvias significativamente superiores al promedio en los nueve meses que van desde julio de 2010 hasta marzo de 2011. Se establecieron nuevos récords de precipitación: los meses de septiembre, diciembre y marzo fueron los más húmedos del registro histórico y los de octubre y febrero, los segundos más húmedos. El récord de lluvias durante La Niña de 2010/2011 provocó inundaciones generalizadas en muchas regiones entre septiembre de 2010 y marzo de 2011 incluyendo el sureste de Queensland, grandes áreas del norte y oeste de Victoria, Nueva Gales del Sur, el noroeste de Australia Occidental y el este de Tasmania.

Se usaron los percentiles de precipitación mensual de diciembre de 2010 del GSMaP de la JAXA y el CMORPH del CPC/NOAA (véase la figura 4) para estudiar las inundaciones generalizadas que tuvieron lugar en el estado australiano de Queensland en diciembre de 2010. Una vaguada monzónica cruzó la costa desde el mar del Coral el 23 de diciembre, aportando lluvias torrenciales a un área extensa de Queensland desde el golfo de Carpentaria a la Costa de Oro. Le siguieron intensas precipitaciones el 25 de diciembre debido a la llegada a tierra del ciclón tropical Tasha. El 28 de diciembre casi la mitad de Queensland estaba inundada; las pérdidas económicas alcanzaron los 6 000 millones de dólares australianos. Las áreas de lluvia por encima del percentil 95 que se muestran en los mapas de análisis del GSMaP y el CMORPH corresponden a los deciles de precipitación “muy por encima de la media” obtenidos a partir de observaciones de pluviómetros de la BOM (figura 3). Además, los percentiles semanales de precipitación del 20 al 26 de diciembre (mostrados en la figura 5) ponen de manifiesto que el fenómeno de lluvias extremas en Queensland fue bien detectado usando los dos productos de precipitación satelital.

El segundo fenómeno que se examinó fue un episodio de precipitación intensa sobre el estado australiano de Victoria en enero de 2011. Entre el 12 y el 14 de enero, lluvias muy intensas causaron grandes inundaciones en la mayor parte de las regiones central y occidental de Victoria. La inundación de 2011 se describió como una de las mayores en la historia del estado y afectó a más

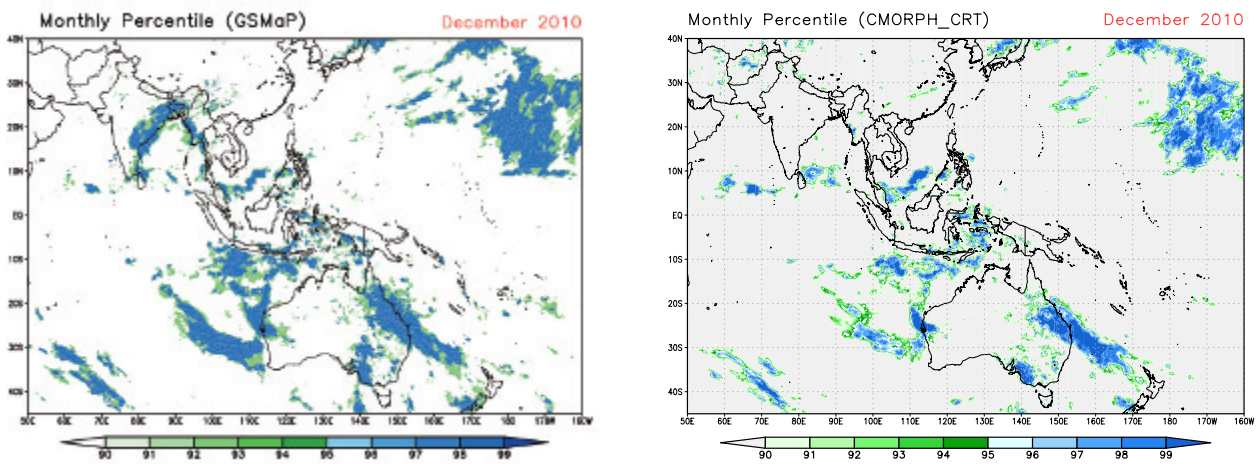


Figura 4. Percentiles mensuales de lluvia para diciembre de 2010 según los productos GSMaP de la JAXA (izquierda) y CMORPH del CPC/NOAA (derecha).

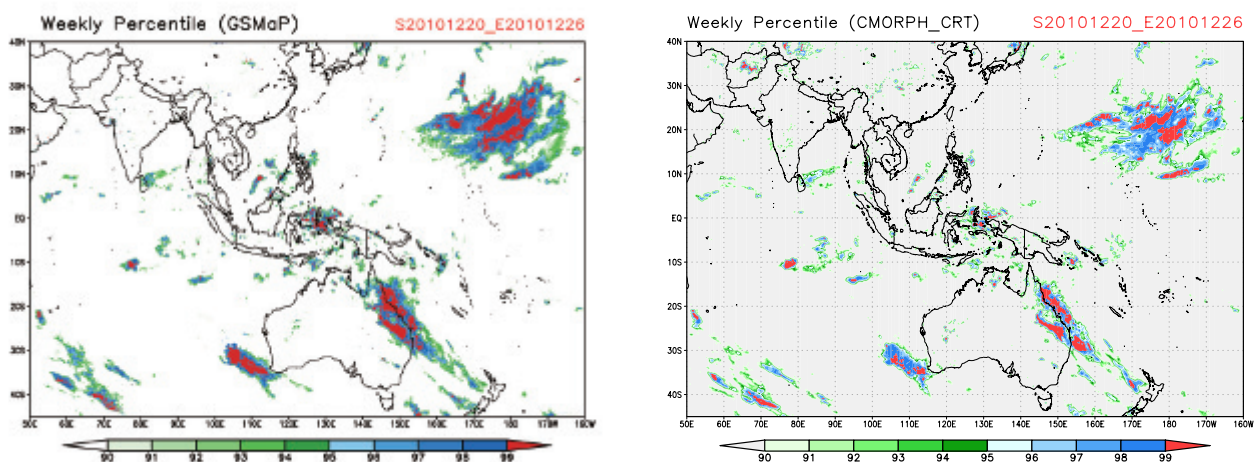


Figura 5. Percentiles semanales de lluvia del 20 al 26 de diciembre de 2010 según los productos GSMaP de la JAXA (izquierda) y CMORPH del CPC/NOAA (derecha).

de 50 comunidades. Alrededor de 1 730 propiedades quedaron anegadas y más de 17 000 viviendas se quedaron sin suministro eléctrico. El total de daños se estimó en 2 000 millones de dólares australianos.

Los percentiles semanales del GSMaP de la JAXA y el CMORPH del CPC/NOAA (figura 6) del 10 al 16 de enero muestran áreas de precipitación superior al percentil 99, indicando claramente que algunas zonas de Victoria resultaron afectadas por precipitaciones extremas. En todos estos casos el GSMaP y el CMORPH mostraron resultados muy similares en las estructuras espaciales y en la magnitud de los fenómenos extremos, aunque

se observaron pequeñas discrepancias debidas a diferencias en los productos y en los períodos en que definen su climatología extrema de referencia.

Estos ejemplos demuestran que las observaciones desde el espacio proporcionan información valiosa para la vigilancia de las lluvias intensas.

Conclusiones

Es de vital importancia mantener las redes de pluviómetros *in situ*, sin embargo los primeros resultados del

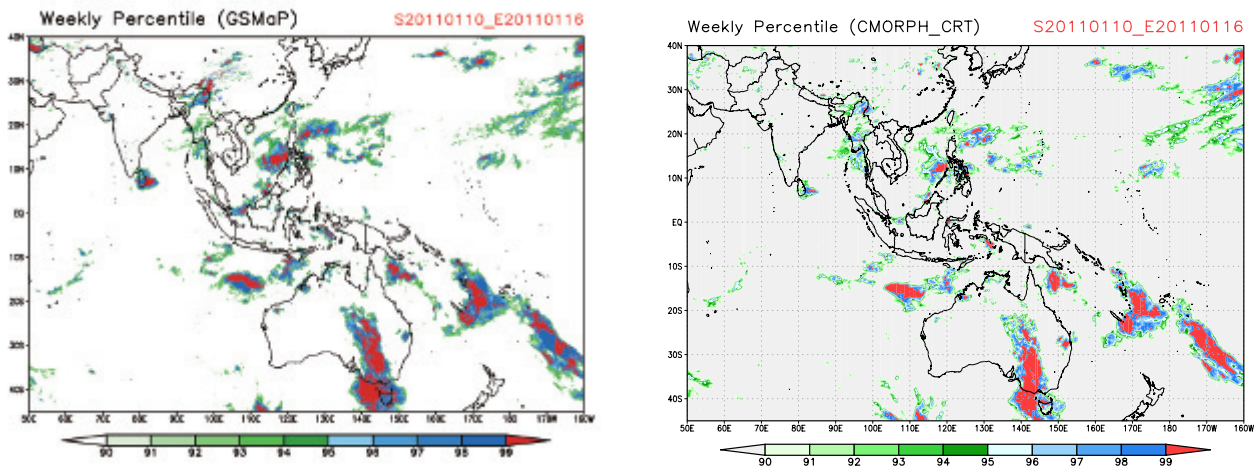


Figura 6. Percentiles semanales de lluvia del 10 al 16 de enero de 2011 según los productos GSMaP de la JAXA (izquierda) y CMORPH del CPC/NOAA (derecha).

Proyecto de Demostración en la región Asia-Pacífico demuestran que las estimaciones de precipitaciones extremas desde el espacio son una solución eficaz para mejorar la capacidad de los CRC y los SMHN en la vigilancia de sequías y lluvias intensas. Estas capacidades permitirían a los proveedores de servicios ayudar a los gobiernos y comunidades locales en la toma informada de decisiones para la adaptación a la variabilidad del clima y el cambio climático. Reconociendo los logros del Proyecto de Demostración en la asistencia a los CRC y los SMHN de Asia oriental y el Pacífico, el Decimotavo Congreso Meteorológico Mundial aprobó el Plan de Implementación de vigilancia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos desde el espacio (véase [6] para más detalles). Se acordó su puesta en marcha a partir del 1 de enero de 2020 para establecer la transición del proyecto hacia la fase operativa. El Congreso pidió además a las comisiones técnicas de la OMM y a las Asociaciones Regionales involucradas que consideraran la posibilidad de implementar proyectos de demostración similares en África y América del Sur.

Referencias

1. Asia-Pacific Disaster Report 2019: The Disaster Riskscape across Asia-Pacific – Passways for Resilience, Inclusion and Empowerment. UNESCAP [Internet]. 2019.
2. IPCC AR5 WG I, Annex III Glossary [Internet]. 2013.
3. Kubota, T., Shige, S., Hashizume, H., Aonashi, K., Takahashi, N., Seto, S., Hirose, M., Takayabu, Y. N., Ushio, T., Nakagawa, K., Iwanami, K., Kachi, M. y Okamoto, K. Global Precipitation Map Using Satellite-borne Microwave Radiometers by the GSMaP Project: Production and Validation. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2007;45 (7, part 2): 2259-2275. DOI: 10.1109/TGRS.2007.895337
4. Xie, P., Joyce, R., Wu, S., Yoo, S.-H., Yarosh, Y., Sun, F. y Lin, R. Reprocessed, Bias-Corrected CMORPH Global High-Resolution Precipitation Estimates from 1998. Journal of Hydrometeorology. 2017; 18(6): 1617-1641. DOI: 10.1175/JHM-D-16-0168.1
5. Drought definition in Australia [Internet]. 2019.
6. The Space-based Weather and Climate Extremes Monitoring (SWCEM)- East Asia and Western Pacific Regional Sub-project in Operation – Implementation Plan [Internet]. 2019.