

Utilización de tecnologías avanzadas: oportunidades y desafíos para los países en desarrollo

por John Le Marshall^{1,2}, James G. Yoe^{2,3}, Patricia Phoebus^{4,2} y Lars-Peter Riishojgaard^{5,2}

Las tecnologías avanzadas de teledetección, complementadas con unas mejores infraestructuras de cálculo, comunicaciones y formación técnica, seguirán ofreciendo oportunidades para los países en vías de desarrollo a fin de que estos obtengan unos beneficios económicos y sociales a través de unos sistemas de predicción y análisis medioambientales mejorados. Gran parte del avanzado grado de desarrollo tecnológico estará relacionado con las observaciones de nuestro planeta desde el espacio, aunque también influirán otras tecnologías de detección medioambiental. Para extraer al máximo los beneficios que ofrecen estas oportunidades se necesitará apoyo del Programa de la OMM para los países menos desarrollados, así como de otros programas técnicos y científicos de la Organización.

En lo que respecta a las tecnologías espaciales, la incorporación de observaciones provenientes de los satélites que orbitan alrededor de la Tierra a los análisis medioambientales operativos y a los modelos de predicción mejorará la precisión de las alertas y de las predicciones meteorológicas, y perfeccionará las previsiones climáticas de plazo estacional a interanual, posibilitando así la obtención de beneficios socioeconómicos. Además de los beneficios que conlleva la asimilación de datos de teledetección tomados desde el espacio, existe un considerable provecho que sacar a los productos de mayor calidad que se generan directamente a partir de unas

mejores observaciones de satélite y que seguirán desempeñando un importante papel en las actividades de planificación, gestión y alerta. Algunos ejemplos de estas aplicaciones de los productos se encuentran en la vigilancia de incendios forestales, las sequías y las inundaciones, el control y localización de la contaminación atmosférica y de los recursos hídricos, así como la detección de ceniza volcánica y de floraciones de algas.

Además de los beneficios que ofrecen las observaciones desde el espacio, los avances relativos a la utilización de radares y de los nuevos sistemas de observación, como por ejemplo las boyas de vigilancia de tsunamis, también ofrecerán nuevas oportunidades. La distribución internacional de esta información se facilitará por medio de sistemas de tecnología avanzada, como es el caso del Sistema de información de la OMM (SIO) y GEONetcast.

Antecedentes

Los instrumentos avanzados que se emplean en las misiones de satélites actuales y previstas proporcionarán cada vez más datos relativos al estado de las capas de la atmósfera, los océanos y la superficie terrestre. Durante esta década se producirá un aumento que quintuplicará la magnitud de los datos disponibles para su utilización por parte de los colectivos operativo e investigador de las comunidades meteorológica, oceanográfica y climática (véase la Figura 1).

En la página 195 aparece la lista de los acrónimos empleados en este artículo.

Estos datos mostrarán una precisión y unas resoluciones espaciales, espectrales y temporales nunca antes conseguidas; algunas organizaciones, como el Centro mixto para la asimilación de datos de satélite (JCSDA), garantizarán que se extraiga el mayor beneficio posible de la inversión en estos sistemas espaciales de observación global. Estas organizaciones acelerarán la utilización de los datos de satélite provenientes tanto de satélites operativos como de astronaves de investigación con fines de vigilancia del tiempo y del clima y de apoyo a los sistemas de predicción. La información mejorada relativa a las predicciones meteorológicas y climáticas estará disponible a través de los sistemas de difusión, así como por medio de las nuevas tecnologías de distribución como, por ejemplo, GEONetcast.

Un importante número de instrumentos actuales y de nueva generación mejorarán de forma significativa la

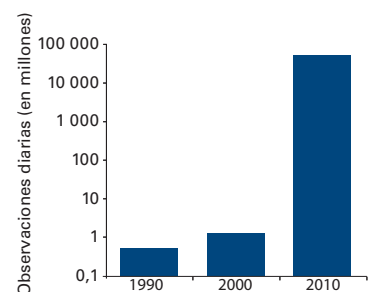


Figura 1 – Incremento esperado en el volumen de datos de observación disponibles para su utilización por parte de los colectivos operativo e investigador de las comunidades meteorológica, oceanográfica y climática

1 Oficina del Centro de Investigación Meteorológica, Victoria (Australia)
2 Centro mixto para la asimilación de datos de satélite, Centro científico de la NOAA, Camp Springs, Maryland (EEUU)
3 Oficina de desarrollo de sistemas de la NOAA/NESDIS, Suitland, MD (EEUU)
4 Laboratorio de investigación naval, Monterrey, California
5 NASA/GSFC/GMAO, Centro de vuelos espaciales Goddard, Greenbelt, Maryland (EEUU)

Plataforma	Estado	Instrumentos
DMSP (F 13 - 16)	Actual	SSM/I, SSM/T, SSM/T 2, SSMIS, OLS
POES (NOAA 15 - 18)	Actual	MSU, HIRS/2, HIRS/3, HIRS/4, AMSU A, AMSU B, MHS, AVHRR, SBUV/2, SEM, DCS, SARSAT
GOES (10 - 12)	Actual	Dispositivo de toma de imágenes, sonda
METEOSAT (6 - 9)	Actual	MVIRI, SEVERI, GERB
METOP	Actual	IASI, ASCAT, GRAS, HIRS, AMSU, MHS, GOME-2, AVHRR
MTSAT 1R	Actual	Dispositivo de toma de imágenes
AQUA	Actual	AMSR-E, AMSU, HSB, AIRS, MODIS
Terra	Actual	MODIS, MISR, CERES, MOPITT, ASTER
TRMM	Actual	TMI, VIRS, PR, CERES, LIS
QuikSCAT	Actual	Dispersómetro
GFO	Actual	Altímetro
TOPEX	Actual	Altímetro
JASON-1	Actual	Altímetro, GPS
ERS 2	Actual	Altímetro, SAR, SARWave, ATSR, dispersómetro, GOME
Envisat	Actual	Altímetro, MWR, MIPAS, AATSR, MERIS, SCIAMACHY, GOMOS
Windsat	Actual	Radiómetro polarimétrico
Aura	Actual	OMI, MLS
INSAT-3A	Actual	VHRR, CCD de toma de imágenes
INSAT-3D	2007	Dispositivo de toma de imágenes, sonda
FY-1	Actual	CHRPT
FY-2	Actual	VISSR
CHAMP	Actual	GPS
COSMIC	Actual	GPS
SMOS	2007	MIRAS
NPP	2009	VIIRS, CrIS, OMPS, ATMS
EO-3/IGL	2009	GIFTS
ADM	2009	Lídar Doppler
CHINOOK	2010	GPS
GPM	2010	GMI, DPR
GOES R	2012	ABI, sonda geoestacionaria
NPOESS	2013	VIIRS, CrIS, ATMS, OMPS, SEM, TSIS

La explotación de la disparidad de observaciones disponibles que provienen de estas plataformas espaciales necesita un esfuerzo considerable, pues hay que llevar a cabo una combinación de modelos de datos muy distintos para conseguir una representación precisa y coherente de la atmósfera y de las superficies oceánica y terrestre. Por ejemplo, un análisis global mediante la más moderna tecnología incorpora, hoy en día, radiancias infrarrojas hiperespectrales procedentes de los instrumentos AIRS y IASI, curvando los ángulos de los satélites COSMIC obtenidos mediante la observación de la ocultación de los satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), y radiancias de microondas polarimétricas provenientes del instrumento WindSat.

En la línea habitual de los esfuerzos que realizan los organismos implicados en la asimilación, en el JCSDA se ha llevado a cabo recientemente un trabajo que comienza con la creación y el desarrollo iterativo de un Modelo comunitario de transferencia radiativa, disponible de forma gratuita para la comunidad de la OMM. La disponibilidad de esta serie de modelos ha facilitado la incorporación de datos AIRS, y sus componentes de emisividad de nieve, hielo y suelo terrestre han ocasionado una mejora en la utilización de las observaciones de los sondeos de infrarrojos y microondas a latitudes elevadas y sobre las superficies terrestres. En el cuadro de la página siguiente se relaciona una lista que contiene algunos de los instrumentos incluidos en el Modelo comunitario de transferencia radiativa (véase <http://www.jcsda.noaa.gov>).

El JCSDA ha hecho hincapié en la preparación previa para la utilización de datos provenientes de instrumentos avanzados, entre los que se incluyen el IASI sobre el METOP, el AMSU, el HSB, el SSMIS del DMSP, el CHAMP y el COSMIC. Este trabajo ha necesitado utilizar técnicas de asimilación avanzadas, que incluían una selección óptima de canales y una toma de muestras y calibrado a nivel espacial, así como técnicas de asimilación de productos asociados a datos recuperados para sensores no radiométricos o de aquellos para los que la asimilación de radiancias aún siga resultando menos práctica.

El trabajo realizado por el JCSDA supone una importante contribución a la formulación de la Red mundial de

caracterización de los estados de la atmósfera y de la superficie terrestre y de los océanos. Muchos de esos instrumentos se relacionan en la tabla adjunta, donde también se indica el nombre de la plataforma de satélite correspondiente y el estado de la disponibilidad de datos o la fecha de lanzamiento del instrumento.

La utilización directa de estos datos por parte de los servicios meteorológicos nacionales más modestos, en particular, los de los países en vías de desarrollo, supone un desafío considerable. No

obstante, algunas grandes empresas nacionales e internacionales cuentan con recursos suficientes para acceder a estos datos y asimilarlos en avanzados modelos meteorológicos y climáticos con acoplamientos entre la atmósfera y el océano. Gracias a los acuerdos impulsados por la OMM (como por ejemplo, los actos de formación profesional de alto nivel, que reúnen a meteorólogos de más de 120 países, y los seminarios de formación profesional sobre aplicaciones del satélite celebrados en la región de Asia y el Pacífico), los productos de modelos mejorados que utilizan estos

Algunos instrumentos de satélite modelados por el Modelo comunitario de transferencia radiativa

AMSU A	NOAA 15 – 18, METOP
AMSU B	NOAA 15 – 18
HSB	AQUA
AIRS	AQUA
MODIS	AQUA, Terra
WindSat	Coriolis
AVHRR	NOAA 15 – 18, METOP
MHS	NOAA 18, METOP
MSU	NOAA 14
HIRS	NOAA 10 – 18, METOP
GOES 10 - 12	Dispositivo de toma de imágenes, sonda, ABI
SSMI	F 14 – 15
SSMI/S	F 16
VISSR	GMS 5

(NCEP). La correlación se establece entre las desviaciones observadas y previstas del campo climatológico de altura 500 hPa. Al no considerar la variabilidad interanual, se hace evidente un incremento constante del coeficiente de correlación de la anomalía, con un grado de crecimiento mayor en el hemisferio sur. Los importantes aumentos de los últimos años del decenio de 1990 se deben, en gran medida, a la asimilación de la radiancia directa y a instrumentos como la AMSU.

Un ejemplo explícito del impacto de la puesta en funcionamiento de la asimilación de radiancia por la AMSU-A se logró en el Sistema operativo de predicción atmosférica mundial de la Armada de los Estados Unidos (NOGAPS), y supuso uno de los avances más importantes en las técnicas del NOGAPS durante la década. La asimilación de estas radiancias en el Sistema de análisis variacional de la atmósfera del Laboratorio de investigaciones navales (NAVDAS) mejoró de forma sustancial las predicciones de altura, viento y temperatura en ambos hemisferios para todos los plazos de previsión, redujo las predicciones erróneas de las trayectorias de los ciclones tropicales en hasta 25 millas náuticas (Figura 3[a]) y logró que se produjeran muchos menos errores de predicción (Figura 3[b]).

El gran avance que la utilización de los datos de satélite supone para las técnicas de predicción se ilustra claramente también en la Figura 4, que muestra las mejoras en la capacidad de predicción en el hemisferio sur gracias al uso de datos de satélite. El diagrama pone de relieve que la inclusión de datos de satélite en la base de datos operativa del NCEP dobla la extensión de una predicción útil (aceptada, por regla general, como una predicción con una correlación de anomalía de al menos 0,6). Los beneficios sociales y económicos que estas mejoras aportan a los sectores de los servicios de predicción y alerta, así como a los de planificación y gestión de recursos como el agua, tienen un gran alcance.

Aun contando con estas recientes mejoras en las técnicas de predicción, sigue habiendo margen para llevar a cabo un perfeccionamiento importante, en concreto por lo que se refiere a la reducción de la frecuencia de los errores de predicción que son mayores de lo normal o a los problemas relacionados con errores importantes en los campos iniciales del modelo en sectores donde los sistemas de observación existentes no ofrecen la cobertura adecuada con mediciones precisas de temperatura, humedad y viento. Resulta claro que la asimilación de las observaciones de satélite con-

sistemas de observación de la Tierra (GEOSS), puesto que las técnicas de asimilación de datos, los estudios de impacto de datos, los experimentos de simulación del sistema de observación y los estudios de diseño de redes constituyen las principales actividades de la GEOSS.

Beneficios y oportunidades que se obtienen de las observaciones espaciales y de la asimilación de datos

El impacto de los datos de satélite en la mejora de las predicciones operativas se representa en la Figura 2, que muestra la variación del coeficiente de correlación de la anomalía (CA) para la altura de 500 hPa en función del tiempo, calculada para la predicción a cinco días vista del Centro Nacional de Predicción del Medio Ambiente

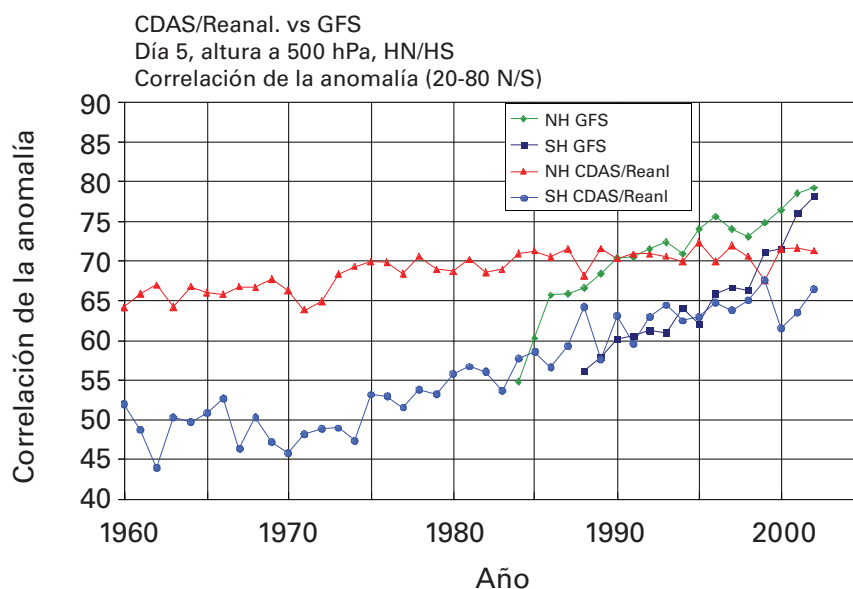


Figura 2 – Variación del coeficiente de correlación de la anomalía para una altura de 500 hPa en función del tiempo, para la predicción a cinco días vista del NCEP. Las líneas roja y azul (verde y negra) hacen referencia al modelo fijo (en evolución) y al sistema de asimilación. Las líneas roja y verde (azul y negra) hacen referencia al hemisferio norte (sur).

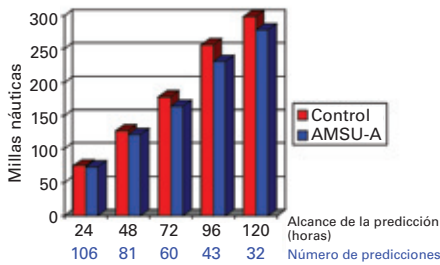


Figura 3 (a) – Predicciones erróneas en la trayectoria de ciclones tropicales con (AMSU-A) y sin AMSU-A (control) en el modelo de predicción NRL NAVDAS.

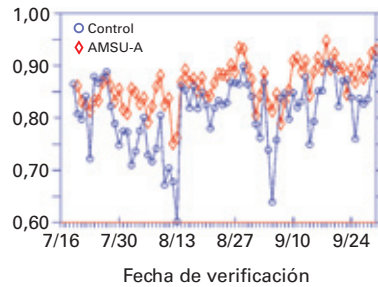


Figura 3 (b) – Correlación de la anomalía de la altura de 500 hPa para NAVDAS con (AMSU-A) y sin él (control), del 16 de julio al 30 de septiembre de 2003.

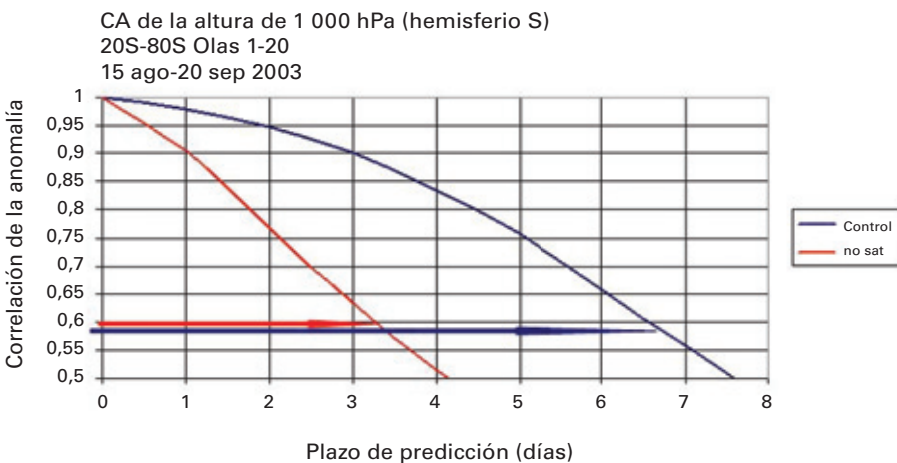


Figura 4 – Precisión de una predicción para el hemisferio sur en la que se han utilizado datos de satélite (flecha azul) frente a otra en la que no se han tenido en cuenta estos datos (flecha roja). Puede advertirse que se dobla la extensión de una predicción útil (la que presenta un coeficiente de correlación de la anomalía > 0,6) al utilizarse los datos de satélite.

tribuirá notablemente a esa mejora; además, los análisis globales que se perfeccionen con la utilización de observaciones espectrales de alta resolución seguirán facilitando que los modelos ofrezcan cada vez más predicciones útiles en un plazo de siete a diez días. En consecuencia, se hará un mayor hincapié en la utilización de los datos de satélite en la comunidad de asimilación de datos, por lo que respecta a la introducción de datos de satélite adicionales y nuevos, así como mejorando los métodos de asimilación de los sistemas de observación actuales y futuros. Esto encierra un importante desafío, y su solución acarreará importantes beneficios respecto a la inversión realizada en la red de observación por satélite. Durante los próximos años se lanzarán instrumentos operativos con las capacidades con las que cuenta el sistema experimental AIRS en la actualidad; estos instrumentos pro-

porcionarán datos con resoluciones espaciales, espectrales y temporales que superarán ampliamente a las ofrecidas por los instrumentos que les preceden. Estas mejoras dotarán al colectivo de la predicción numérica del tiempo y de la asimilación de datos de unas nuevas posibilidades y unos nuevos desafíos.

Las nuevas posibilidades surgen, por ejemplo, de la resolución vertical sin precedentes que proporcionan estos instrumentos; aparecerán nuevos desafíos como consecuencia de los volúmenes totales de datos que proporcionarán y de la multitud de preguntas científicas que habrá que responder para utilizar de forma óptima estas observaciones de teledetección.

Los últimos progresos derivados del uso de tecnologías avanzadas en el JCSDA constatan la obtención

de importantes beneficios para los hemisferios norte y sur de las predicciones gracias a la asimilación de radiancias de la AIRS (véase más adelante) que usa el modelo de predicción global del NCEP, la obtención de beneficios de la asimilación del vector polar de movimiento atmosférico con MODIS respecto a las predicciones globales y el impacto positivo de la utilización de modelos de transferencia radiativa en la simulación de la emisividad del hielo en las regiones polares.

Beneficios y oportunidades de las observaciones espaciales: aplicaciones directas

Además de los importantes beneficios que a la comunidad mundial le aporta la asimilación en los modelos medioambientales de las observaciones realizadas desde el espacio, podrían obtenerse numerosos beneficios significativos a partir de la aplicación directa de los datos de satélite. En la tabla de la página siguiente se expone una lista con estas aplicaciones.

Los avances en la tecnología de la teledetección y en los métodos de recuperación seguirán mejorando la calidad de estas aplicaciones, ofreciendo nuevas oportunidades para la planificación y gestión medioambiental, así como para la predicción y alerta, y la atenuación de desastres medioambientales y la preparación de medidas de respuesta frente a los mismos.

Un buen ejemplo de los beneficios del progreso tecnológico ha sido la utilización del instrumento MODIS en los satélites Terra y Aqua de la NASA para proporcionar mapas con la localización de incendios en el bosque o en el monte. Esta opción, que emplea una comparación de radiancias en las regiones del espectro infrarrojo de onda corta y de onda media, facilita a las autoridades, bomberos y ciudadanos de la zona la planificación de sus actividades con un conocimiento actual y reciente de la situación de los incendios. Un sistema con estas características, basado en la utilización de los datos del MODIS, es el Sistema

Sonda atmosférica en el infrarrojo (AIRS)

Los últimos resultados derivados de la aplicación de los datos de la AIRS a algunos centros fundamentales han puesto de manifiesto su utilidad para la predicción numérica del tiempo. El JCSDA ha constatado la prueba del impacto tan positivo de los datos AIRS en las predicciones mundiales, tanto en el hemisferio norte como en el hemisferio sur, ya que por primera vez se utilizaron todos los campos de visión de la AIRS. El efecto puede observarse en la Figura 5 (a) y (b). La mejora en la técnica de predicción a seis días

es equivalente a ganar una ampliación en la capacidad de predicción de varias horas.

Esta mejora es bastante significativa cuando se compara con el grado de mejora en la predicción general durante la última década, pues lograr un aumento de varias horas en el plazo de predicción a cinco o seis días vista suele llevar varios años en los centros meteorológicos operativos.

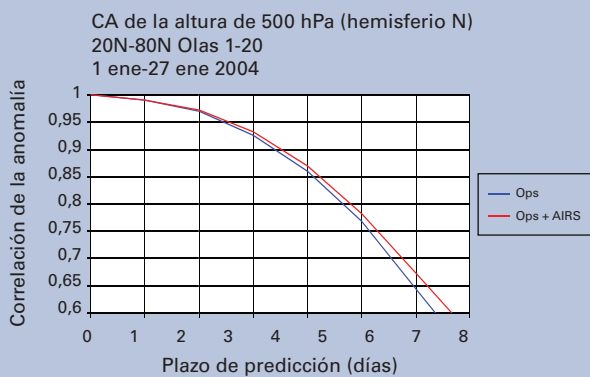


Figura 5 (a) – Impacto de los datos de la AIRS en las predicciones del Sistema Mundial de Predicción para 500 hPa (20°N-80°N) (1-27 de enero de 2004); la curva rosa (azul) muestra el coeficiente de correlación de la anomalía con (sin) datos de la AIRS.

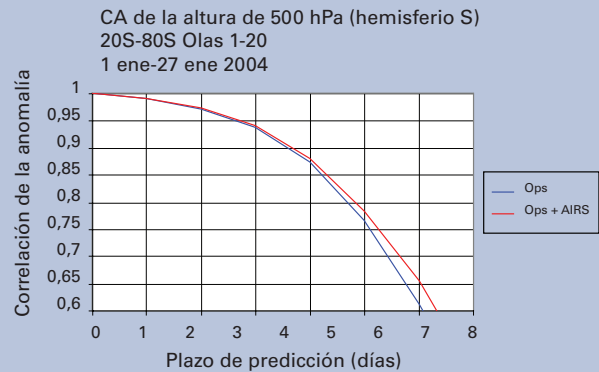


Figura 5 (b) – Impacto de los datos de la AIRS en las predicciones del Sistema Mundial de Predicción para 500 hPa (20°S-80°S) (1-27 de enero de 2004); la curva rosa (azul) muestra el coeficiente de correlación de la anomalía con (sin) datos de la AIRS.

centinela australiano (www.sentinel.csiro.au/mapping/viewer.htm), implantado en Australia en 1999, que ofrece imágenes actuales e históricas relacionadas con la actividad de los incendios. Este sistema resultó de un inestimable valor durante los incendios forestales que destruyeron más de un millón de hectáreas en el

estado australiano de Victoria (diciembre de 2006 a febrero de 2007); los bomberos, los responsables del servicio de emergencias y los propios ciudadanos, especialmente los de las zonas rurales, pudieron beneficiarse de la información facilitada por el instrumento MODIS. En la Figura 6 puede apreciarse un ejemplo de

producto del Sistema centinela, que muestra los incendios (símbolos oscuros) sobre el norte de Australia el 15 de enero de 2007.

Hay que remarcar, asimismo, el hecho de que el progreso tecnológico facilitará la manipulación y la obtención de una mayor resolución de los productos provenientes de la asimilación de datos y directamente de las observaciones de satélite. También permitirá la rápida difusión de la información a través del SIO y de otros nuevos sistemas, como GEONetcast, que mejorarán considerablemente la distribución de la información meteorológica a zonas lejanas mediante estaciones terrestres a un coste razonable. Los sistemas de lectura de salida directa también seguirán ofreciendo datos de observación mejorados y con una adecuada alta resolución a muchos países, lo que supone una oportunidad para optimizar la prestación de servicios y la gestión.

A pesar de los últimos y significativos avances en lo que a la obtención de unos mayores beneficios derivados de

Lista de aplicaciones seleccionadas de los datos de satélite

Análisis a escala subsinóptica	Estimación de la capa de nieve
Vigilancia del tiempo severo (ciclones tropicales, tormentas, etc.)	Determinación y localización de hielo en el mar
Temperatura en la cima de la nube y altura de la nube	Detección de ceniza volcánica
Tipo de nube y determinación de la nubosidad	Estimación de aerosoles
Detección de niebla y nubes bajas	Detección de incendios forestales
Determinación del momento en que se despeja la niebla	Estimación de la temperatura de la superficie del mar (TSM)
Detección de heladas	Vigilancia de la vegetación
Detección de nubes de polvo	Estimación de la radiación solar
Detección de inversiones	Estimación del albedo de la superficie
Estimación de la precipitación	Estimación de la temperatura de la superficie terrestre
Vigilancia de crecidas	Estimación de la humedad del suelo
Localización y vigilancia de los recursos hídricos	

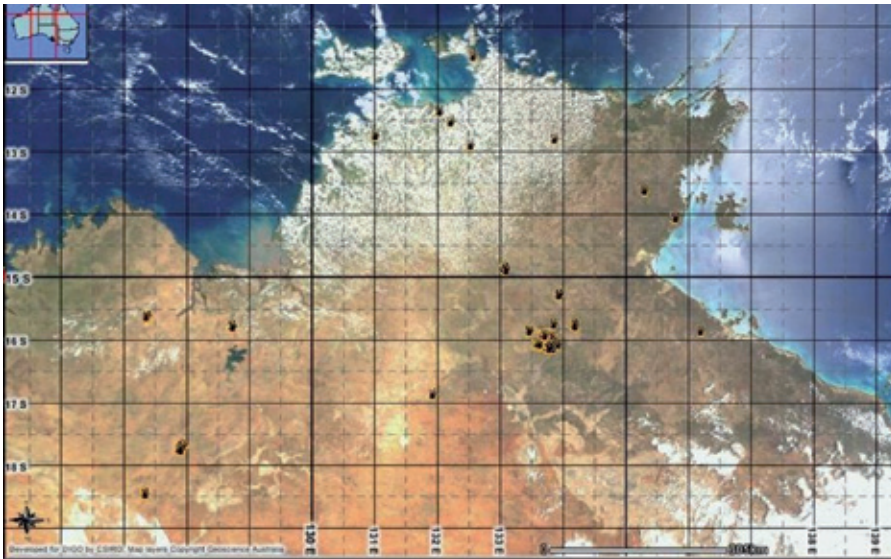


Figura 6 – Imagen MODIS del Sistema centinela correspondiente al norte de Australia, con las posiciones de los incendios forestales (símbolos oscuros) durante las 12 horas previas en superposición. El sistema podrá acercarse a un nivel de los mapas de base en el que se perciban las carreteras y los edificios.

la tecnología espacial se refiere, el aprovechamiento completo de los sistemas de observación espacial seguirá necesitando llevar a cabo un trabajo básico en materia de transferencia radiativa, preparación anticipada de los instrumentos operativos avanzados, mayor utilización de las radiancias asociadas a la nubosidad y las precipitaciones, mejor uso de las observaciones oceánicas y utilización completa de los datos satelitales de radiancia sobre el terreno. Este trabajo se está realizando por medio de la cooperación internacional y en él la OMM está colaborando en ámbitos como el Grupo de trabajo internacional sobre TOVS, el Seminario internacional sobre vientos y el Grupo de trabajo sobre experimentación numérica.

Tecnologías más avanzadas

Aunque las avanzadas tecnologías espaciales seguirán ofreciendo oportunidades, las tecnologías avanzadas existentes en otros sectores también proporcionarán importantes beneficios. Por ejemplo, los progresos en la tecnología del radar están mejorando ya las predicciones a corto plazo del tiempo severo, y se mostrarán en China como parte del Proyecto de demostración del Programa Mundial de Investigación Meteorológica en los XXIX Juegos Olímpicos de 2008. Junto con el fortalecimiento de la predicción numérica

del tiempo (por ejemplo, por medio del uso de la asimilación variacional en cuatro dimensiones), esta tecnología mejorará sobremedida la predicción a corto plazo de la precipitación.

La detección de tsunamis y la difusión de alertas es otra aplicación que se beneficia de la disponibilidad de unas tecnologías avanzadas. Concretamente, el despliegue de las boyas de detección del proyecto DART de la NOAA (profundidad del océano e información sobre tsunamis) y su incorporación a varios sistemas de alerta de emergencia mejorará de forma considerable la preparación de cara al futuro en caso de tsunamis con beneficios a nivel mundial.

Por lo que respecta al sector de las comunicaciones, la tecnología del tipo de la del teléfono móvil sigue proporcionando más información de servicio meteorológico y de emergencias relacionada con la posición, tendencia que apunta a continuar. El bajo coste relativo y la ubicuidad de estos dispositivos los hacen apropiados para suministrar información medioambiental a localizaciones centrales, así como para recibir alertas oportunas, predicciones y análisis localizados.

Conclusiones

La utilización de las tecnologías avanzadas está permitiendo perfeccionar,

en gran medida, la medición y simulación del estado medioambiental actual y futuro, así como la comunicación de esta información fundamental a meteorólogos, autoridades y planificadores. Los sectores clave del avance tecnológico que son responsables de las mayores mejoras son la utilización de la instrumentación de los satélites, la asimilación de datos de satélite, la modelización numérica, la informática y las comunicaciones.

Hasta cierto punto, el beneficio íntegro de la inversión y de los progresos en estos sectores irá aparejado a los avances en los centros fundamentales de asimilación de datos. Estos centros garantizarán que se extraiga el beneficio máximo del sistema de observación espacial. Muchos países, en especial los que están en vías de desarrollo, se beneficiarán en gran medida del acceso y utilización de unos mejores análisis resultantes y de una mayor capacidad de predicción del tiempo, el medio ambiente y el clima. En los centros más pequeños, la creación de capacidad a nivel local a partir del trabajo realizado en los centros fundamentales se verá apoyada por la disponibilidad de información, software (por ejemplo, el Modelo comunitario de transferencia radiativa y los modelos de predicción) y asesoramiento. En el pasado, esta disponibilidad ha sido impulsada y patrocinada, a menudo, por las actividades de la OMM que han apoyado, por ejemplo, al Grupo de trabajo internacional sobre TOVS y al Seminario internacional sobre vientos. Estos grupos han posibilitado que usuarios de numerosos países puedan sacar provecho de los últimos avances de la tecnología espacial asociada a los sondeos atmosféricos y a la utilización de estimaciones de vientos realizadas desde el espacio.

En resumen, podemos decir que los países en vías de desarrollo obtendrán importantes beneficios derivados de la utilización de las tecnologías avanzadas; algunos de ellos dependerán de que la comunicación con los centros de asimilación de datos pueda sacar partido a la amplia y compleja base de datos medioambiental. Las oportunidades y los beneficios tendrán lugar en facetas tales como la mejora de las predicciones y alertas, así como en unas predicciones estacionales e interanuales más precisas.

Acrónimos

AATSR	Radiómetro de exploración avanzado a lo largo de la traza	LIS	Sistema de información terrestre
ABI	Reproductor de imágenes de línea de base avanzado	MERIS	Instrumento espectrómetro de imágenes de media resolución
ADM	Misión de dinámica atmosférica	METOP	Satélite polar meteorológico operativo
AIRS	Sonda atmosférica en el infrarrojo	MIPAS	Interferómetro de Michelson para el sondeo pasivo de la atmósfera
AMSR	Radiómetro de exploración en microondas avanzado	MIRAS	Radiómetro de imágenes de microondas que utiliza apertura sintética
AMSU	Sonda mejorada de microondas	MISR	Espectrorradiómetro de imágenes multiangulares
ASCAT	Dispersómetro avanzado	MLS	Sonda de microondas
ASTER	Radiómetro de reflexión y emisión termal avanzado en satélite	MODIS	Espectrorradiómetro de formación de imágenes de resolución moderada
ATMS	Sonda de microondas de tecnología avanzada	MOPITT	Mediciones de contaminación en la troposfera
ATSR	Radiómetro de exploración en el sentido de la trayectoria	MWR	Radiómetro de microondas
AVHRR	Radiómetro perfeccionado de muy alta resolución	NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (EEUU)
CCD	Dispositivo de acoplamiento de cargas	NAVDAS	Sistema de análisis variacional de la atmósfera del Laboratorio de investigaciones navales
CHAMP	Carga "desafiante" de minisatélite	NOAA	Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera
CNPMA	Centros Nacionales de Predicción del Medio Ambiente	NPOESS	Sistema nacional de satélites de órbita polar para el estudio del medio ambiente
COSMIC	Constelación de satélites para meteorología, ionosfera y clima	NPP	Proyecto preparatorio del NPOESS
CrIS	Sonda transversal de infrarrojos	NRL	Laboratorio de investigaciones navales
DART	Profundidad del océano e información sobre tsunamis	OMPS	Dispositivo localizador y perfilador de ozono
DCS	Sistema de recopilación de datos	POES	Satélite de órbita polar para la vigilancia del medio ambiente
DMSP	Programa de satélites meteorológicos del Departamento de Defensa (EEUU)	SBIV	Retrodispersor solar ultravioleta
DPR	Radar de precipitación de doble frecuencia	SCIAMACHY	Espectrómetro de absorción de imágenes mediante exploración para cartografía de la atmósfera
EOS	Sistema de observación de la Tierra (NASA)	SEM	Microscopio electrónico de barrido
GERB	Instrumento geoestacionario para determinar el balance de las radiaciones terrestres	SMOS	Humedad del suelo y salinidad del océano
GFO	Satélite sucesor de GEOSAT	SSMIS	Sonda de imágenes con detector especial en microondas
GMI	Instrumento de microondas para la misión mundial de medición de la precipitación (GPM)	TMI	Dispositivo de imágenes por microondas de la TRMM
GOES	Satélite geoestacionario operativo para el estudio del medio ambiente	TOVS	Sonda vertical operativa TIROS
GOME	Experimento mundial de vigilancia de la capa de ozono	TRMM	Misión de medición de lluvias tropicales
GOMOS	Espectrómetro de resolución media	TSIS	Sistema transportable de internet por satélite
GPS	Sistema de posicionamiento mundial	VHRR	Radiómetro de muy alta resolución
HIRS	Sonda de infrarrojos de alta resolución	VIRS	Escáner de barrido en el espectro visible e infrarrojo
HSB	Sonda de humedad para Brasil	VISSR	Radiómetro de barrido giratorio en el espectro visible e infrarrojo
IASI	Interferómetro de sondeo atmosférico infrarrojo		
JCSDA	Centro mixto para la asimilación de datos de satélite		

En particular, muchas aplicaciones directas, como los incendios, los recursos hídricos, el seguimiento de crecidas y la detección de tsunamis se perfeccionarán, permitiendo así optimizar las actividades de gestión y planificación.

En conjunto, los beneficios potenciales derivados del progreso tecnológico en los países en vías de desarrollo son

considerables, y están siendo apoyados significativamente por medio de la cooperación y la buena voluntad internacionales, así como por muchos sectores específicos del fomento tecnológico.

Sin embargo, el que los resultados que surgen de estas oportunidades sean satisfactorios dependerá de la infraestructura, de la formación profe-

sional y de sólidos programas, como el Programa de la OMM para los países menos desarrollados junto con otros programas científicos y técnicos de la Organización.

Agradecimientos

Muchas gracias a Terry Adair por su ayuda en la preparación de este manuscrito.