

Los “ojos en el cielo” de la NOAA

Tras cinco décadas de predicción meteorológica usando satélites medioambientales, ¿qué pueden esperar los meteorólogos y la sociedad en general de los futuros satélites?



por Derek Hanson¹, James Peronto² y Douglas Hilderbrand³

En la actualidad los satélites medioambientales tienen muchas funciones importantes, una de las más determinantes es suministrar a los meteorólogos los datos necesarios para realizar predicciones precisas y así ayudar a salvar vidas. Estos “ojos en el cielo” están continuamente en órbita sobre nosotros. Realizan observaciones atmosféricas que son integradas en los modelos de predicción numérica del tiempo y, además, proporcionan a los meteorólogos imágenes de fenómenos atmosféricos, que permiten realizar un seguimiento de las tormentas en cualquier punto del planeta, identificar cenizas volcánicas y humo de incendios forestales, así como seguir el desarrollo de los huracanes. Por todas estas razones, la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de Estados Unidos de América (NOAA) reconoce desde hace tiempo que los satélites medioambientales son esenciales para llevar a cabo la misión de proteger vidas y propiedades, y es por esto que continuará manteniendo y mejorando esta tecnología esencial.

Cuando se estableció el programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) en 1963, los satélites medioambientales estaban todavía en sus inicios. Sin el beneficio de una cobertura mundial y un muestreo casi constante de la atmósfera de la Tierra, los meteorólogos dependían de datos esporádicos de globos sonda, de experiencias en situaciones pasadas, y de informes de meteorólogos próximos a los acontecimientos atmosféricos de interés que ocurrían “corriente arriba” de su situación. Había pocas observaciones a lo largo de las vastas extensiones de los océanos de la Tierra y de las regiones escasamente pobladas, hecho que dejaba a los meteorólogos con poca información para llevar a cabo predicciones precisas. Durante las cinco décadas que han pasado desde 1963 se han producido grandes avances en las capacidades de los satélites medioambientales, y también en las habilidades de los científicos para usarlos, y actualmente estamos

culminando una nueva y emocionante generación de satélites medioambientales.

En este artículo, trataremos primero del uso de los satélites medioambientales por los meteorólogos para realizar predicciones del tiempo, tanto de satélites medioambientales de órbita polar como geoestacionarios. A continuación trataremos de la evolución de los satélites medioambientales en Estados Unidos, desde los inicios, una simple cámara en el espacio, hasta hoy en día, con dispositivos de alta capacidad para muestreos y toma de imágenes. Finalizaremos con un análisis de la próxima generación de satélites medioambientales de Estados Unidos, y cómo afectarán estos avances a los meteorólogos y a la sociedad a la que sirven.

La predicción del tiempo utilizando satélites medioambientales

Los satélites medioambientales, situados en diferentes órbitas en el espacio, proporcionan a los meteorólogos diversos tipos de datos. A continuación veremos los tipos de datos recogidos por estos satélites medioambientales y, luego, un resumen de las dos principales órbitas que siguen estos satélites y de las potencialidades de cada una de ellas.

Imágenes y modelos

Una capacidad única y obvia de los satélites medioambientales es su perspectiva desde el espacio: los satélites pueden observar la Tierra desde lejos, hecho que permite a los meteorólogos vigilar las borrascas y su desarrollo siguiendo el movimiento de las nubes y del vapor de agua. Esta es la capacidad de “producir imágenes”. Las imágenes proporcionan una información muy valiosa sobre cualquier tipo de borrasca, esta característica era extremadamente importante en los inicios del desarrollo de los satélites medioambientales por sus aplicaciones en predecir y vigilar los huracanes. Sin ellos, la predicción de las grandes tempestades sobre los océanos era muy complicada, llevando a veces a resultados desastrosos. Un ejemplo bien conocido es el huracán de Galveston, en Texas, que en el año 1900 se abatió sobre la ciudad de Galveston sin que existiese ningún aviso. Basándose principalmente en informes de estaciones terrestres y de algunos barcos en el mar, los predictores de Galveston no tuvieron apenas posibilidad de conocer su

¹ Especialista en relaciones internacionales, División de asuntos internacionales e interagencias del NESDIS (Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información sobre el Medio Ambiente) (NOAA)

² Analista de programas, Oficina de actividades internacionales del Servicio Meteorológico Nacional (NOAA)

³ Asesor de políticas (meteorología y satélites), Oficina de políticas de la NOAA

posición precisa en el golfo de México ni de predecir su futuro desplazamiento para avisar a los habitantes. Fue así como el potente huracán de Galveston, que se estima que causó 8 000 muertos, se convirtió en el más mortífero huracán en la historia de Estados Unidos.

Las imágenes no son la única información valiosa que suministran los satélites medioambientales. Los satélites son imprescindibles para la operatividad de los modelos de predicción numérica del tiempo, los cuales requieren para su funcionamiento datos de observaciones atmosféricas. Los modelos de predicción numérica del tiempo, tales como el Sistema de predicción global de Estados Unidos (GFS) o el modelo del Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP), toman estos datos atmosféricos, crean una instantánea del estado actual de la atmósfera, y realizan unos cálculos extremadamente complejos para predecir el estado de la atmósfera en un instante posterior. Luego los meteorólogos usan las salidas de los modelos de predicción numérica del tiempo, llamadas "guías de predicción", como una ayuda en la confección de sus predicciones del tiempo. Esta manera de trabajar ha revolucionado la predicción meteorológica, consiguiendo unos avances espectaculares en el grado de acierto de las predicciones.

Para que sean eficaces, los modelos de predicción numérica del tiempo requieren un conocimiento exacto del estado inicial de la atmósfera, que incluye la temperatura, presión y contenido de vapor de agua en diferentes niveles de la atmósfera y alrededor de la Tierra. Los satélites medioambientales de órbita polar de la NOAA y de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT), con su capacidad de muestrear rápidamente la atmósfera alrededor de todo el mundo, constituyen las fuentes primarias de los datos usados por estos modelos de predicción numérica del tiempo y resultan decisivos para la exactitud de la predicción a tres días y más allá. Las "sondas", un tipo de instrumento radiométrico montado en estos satélites, son capaces de proporcionar los perfiles verticales de temperatura, presión y vapor de agua necesarios para los modelos de predicción numérica del tiempo. Aunque hay otros datos muy importantes de sondeos que provienen de los globos sonda meteorológicos y de otras fuentes, nada puede igualar la habilidad de los satélites medioambientales para ofrecer un muestreo completo y preciso de la temperatura en toda la atmósfera terrestre y en los océanos.

Satélites de órbita polar y geoestacionarios

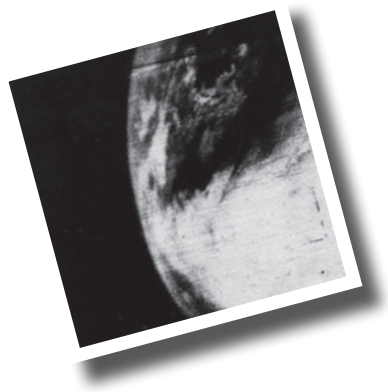
Los satélites de órbita polar giran en torno a la Tierra a poco más de 800 km sobre la superficie, pasando sobre los polos Norte y Sur aproximadamente cada 100 minutos. Como la Tierra está girando debajo de estos satélites de baja altitud, estos cubren una franja distinta de su superficie en cada órbita y al final terminan por muestrear todo el planeta. Si bien estos satélites también ofrecen imágenes, sus sondas obtienen perfiles de alta precisión de las temperaturas de la atmósfera de la Tierra y de los océanos que se integran en los modelos de predicción numérica del tiempo.

Los satélites geoestacionarios orbitan a la Tierra a más de 35 000 km de altitud sobre el ecuador, girando a la misma velocidad que la Tierra. Esto les permite permanecer sobre la misma porción de la Tierra y proporcionar un seguimiento

constante de las condiciones meteorológicas de rápido desarrollo. Estos satélites geoestacionarios se utilizan principalmente para ofrecer imágenes de la Tierra, que cuando se agrupan formando un bucle, permiten a los meteorólogos y al público en general observar el crecimiento y el movimiento de las formaciones nubosas y tormentosas en la atmósfera. Esta información es especialmente importante para los pronósticos a corto plazo, o predicción inmediata, del tiempo adverso.

Breve historia de los satélites medioambientales

Satélites de órbita polar



La primera imagen emitida por el TIROS-1, el primer satélite medioambiental de Estados Unidos, en 1960.

El 1 de abril de 1960, Estados Unidos lanzó el primer satélite meteorológico del mundo: el Satélite de observación de televisión en infrarrojo 1 (TIROS-1). Este satélite pesaba solo 122,5 kg, y llevaba dos cámaras y dos grabadoras de vídeo. A pesar de que solo voló durante 78 días, las imágenes que transmitió a la Tierra demostraron que los satélites podían desempeñar un papel útil en la predicción del tiempo. El TIROS-1, junto con otros satélites iniciales de la serie TIROS, pusieron de relieve la utilidad de los satélites para la predicción del tiempo y este hecho ayudó a obtener apoyos para los nuevos lanzamientos y la continuidad operativa de los satélites medioambientales para la predicción del tiempo.

Después de esas primeras misiones, se han seguido desarrollando y poniendo en funcionamiento nuevas generaciones de satélites de órbita polar, cada una con importantes avances tecnológicos. En 1978, se lanzó una nueva y notable generación de satélites de órbita polar, la serie TIROS-N avanzada, seguida en 1998 por la última generación de satélites medioambientales de órbita polar, llamados actualmente Satélites operativos de órbita polar para el estudio del medio ambiente (POES). Además de llevar a bordo sondas y generadores de imágenes, los satélites POES también forman parte del sistema internacional SARSAT (Seguimiento con ayuda del satélite de búsqueda y salvamento), y llevan a bordo instrumentos especiales suministrados internacionalmente, que detectan la posición de las señales de socorro emitidas por las balizas de emergencia de aviones, barcos y botes, así como de excursionistas perdidos. En 2012 más de 250 rescates se beneficiaron de la ayuda del sistema SARSAT. El último satélite POES, llamado NOAA-19, fue lanzado en febrero de 2009 y continúa proporcionando datos cruciales a los modelos de predicción numérica del tiempo.

La misión del satélite Suomi NPP (Suomi - Asociación nacional de órbita polar) de la NOAA/NASA⁴, lanzada el 22 de octubre de 2011, es un puente entre los satélites POES de la NOAA (y herencia de las misiones de observación de la Tierra de la NASA) y la próxima generación del Sistema conjunto de satélites polares de la NOAA (JPSS). Puesto que la misión del Suomi NPP es la primera en llevar a bordo los nuevos y avanzados instrumentos que el JPSS usará operativamente, se abordará con mayor detalle este asunto en el apartado dedicado a la próxima generación de satélites medioambientales.

Satélites geoestacionarios

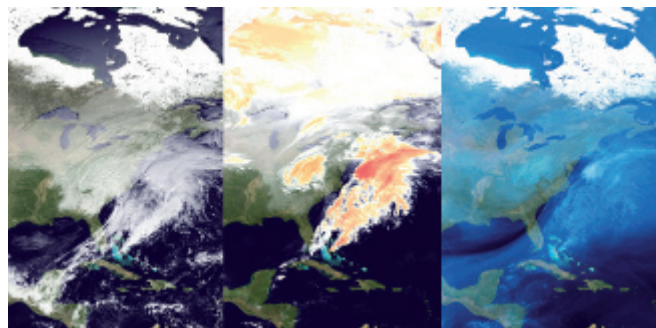
El 6 de diciembre de 1966, Estados Unidos lanzó el primer satélite medioambiental de órbita geoestacionaria: el Satélite de aplicaciones tecnológicas 1 (ATS-1). La cámara de exploración de nubes en rotación montada sobre el ATS-1 generaba



Representación artística del satélite JPSS.

imágenes visibles de la Tierra cada 20 minutos, y debido a que el satélite estaba fijo con respecto a la superficie de la Tierra y podía ver una gran parte de su superficie, la secuencia de estas imágenes permitió a los científicos seguir los movimientos a gran escala de las nubes. Otros satélites de la serie ATS fueron lanzados a mitad de la década de 1970, cada uno llevando instrumentos de nueva tecnología. La serie culminó con el ATS-6, el primer satélite meteorológico geoestacionario estabilizado, sin necesidad de girar como una peonza. Este avance permitió al ATS-6 ver la superficie de la Tierra constantemente, y no solo cuando el instrumento en rotación se encaraba a la Tierra.

A principios de la década de 1970 los meteorólogos comenzaron a usar las imágenes de los satélites ATS. A consecuencia del éxito que esto supuso, la NOAA y su socio cercano, la NASA, comenzaron a desarrollar el programa denominado Satélite geoestacionario operativo para el estudio del medio ambiente (GOES) con el objetivo de crear un programa de satélites geoestacionarios operativos. El GOES-1 fue lanzado en 1975 e incluía, asimismo, un radiómetro que permitía observaciones tanto durante el día como por la noche. El GOES-2, lanzado en 1977, permitió a la NOAA posicionar los dos satélites en



Temporal de nieve en enero de 2011, uno de los tres tipos de imágenes proporcionados por los satélites GOES.

órbita geoestacionaria, disposición que se sigue utilizando hoy en día (con un satélite GOES conocido como GOES-Este, que abarca la mitad este de Estados Unidos y la mayor parte del océano Atlántico, y el segundo satélite GOES operando como GOES-Oeste, cubriendo la mitad oeste de Estados Unidos y gran parte del océano Pacífico y Hawai). Hoy en día, el GOES-13, lanzado en 2006, opera como GOES-Este, y el GOES-15, lanzado en 2010, opera como GOES-Oeste. La NOAA mantiene un satélite geoestacionario de repuesto en órbita sobre el centro de Estados Unidos, actualmente es el GOES-14, que se puede activar si uno de los GOES operativos sufre alguna avería.

Un futuro brillante para los satélites medioambientales

Aunque durante las cinco décadas transcurridas desde la creación de la VMM se han producido avances increíbles en los satélites medioambientales y en su uso, en la actualidad estamos entrando en una época emocionante, con satélites medioambientales más avanzados y con mayores capacidades, que proporcionarán a los meteorólogos de Estados Unidos y de todo el mundo las herramientas necesarias para realizar su trabajo con mayor eficacia. He aquí un vistazo a la próxima generación de satélites medioambientales tanto de órbita polar como geoestacionarios.

La misión Suomi NPP y el Sistema conjunto de satélites polares

Como se mencionó anteriormente, el éxito del lanzamiento del nuevo satélite medioambiental de órbita polar Suomi

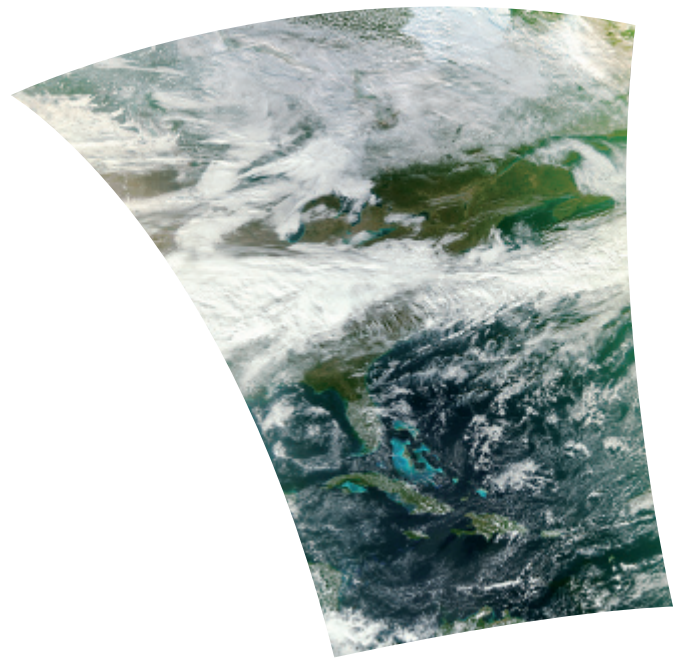


Imagen de "disco completo" (en contraposición a la imagen ampliada) del satélite GOES-Este.

⁴ Administración nacional de aeronáutica y del espacio (Estados Unidos de América)

NPP, el 28 de octubre de 2011, supuso un puente entre el POES de la NOAA (junto con las misiones de observación de la Tierra de la NASA) y la siguiente generación de satélites medioambientales de órbita polar, el Sistema conjunto de satélites polares (JPSS). El Suomi NPP, que pesa alrededor de 2 000 kg y es del tamaño de una furgoneta grande, está siendo utilizado operativamente por la NOAA para seguir emitiendo predicciones precisas y avisos anticipados de tiempo severo tales como las formaciones de tornados mortales, crecidas, olas de calor abrasador, nevadas capaces de inmovilizar a la población e incendios forestales violentos.

Casi todos los instrumentos del Suomi NPP son versiones más avanzadas de los que estaban a bordo de los satélites POES, que fueron diseñados utilizando la tecnología desarrollada entre finales de la década de 1980 y principios de la de 1990. Los cinco instrumentos clave son dos sondas, la sonda de microondas de tecnología avanzada (ATMS) y la sonda infrarroja de seguimiento cruzado (CrIS), además del conjunto de radiómetros de imágenes visibles e infrarrojas (VIIRS), el equipo perfilador y de cartografiado de ozono (OMPS) y el sistema de estudio del balance radiativo de la Tierra y de las nubes (CERES). La NOAA suministra los datos recogidos por estos instrumentos a los modelos de predicción numérica del tiempo y además utiliza los datos para generar decenas de productos adicionales, incluyendo mediciones de nubes,



La primera imagen creada por el instrumento de imágenes visibles del Suomi NPP, que muestra la franja de la Tierra visible en cada pasada de un satélite de órbita polar.

de vegetación, del color del océano y de la temperatura de la tierra y de la superficie del mar.

La NOAA y la NASA están utilizando la experiencia obtenida con el Suomi NPP, para construir y desarrollar el JPSS-1. Los instrumentos que están a bordo del Suomi NPP también lo estarán en el JPSS-1, cuyo lanzamiento está previsto en 2017. Solo ahora se están empezando a vislumbrar los beneficios y los nuevos usos de estos datos, y por lo que ya se ha visto, se espera que el programa JPSS proporcione enormes beneficios tanto a los meteorólogos como a la sociedad, a la que ellos sirven.

GOES-R

La NOAA y la NASA, como socios, también están desarrollando la siguiente generación de satélites GOES, la serie GOES-R. El primero de estos satélites medioambientales geoestacionarios avanzados tiene su lanzamiento previsto a finales de 2015. Estos satélites van a tener una claridad cuatro veces superior a la de los satélites GOES actuales y van a proporcionar una cantidad de datos más de 20 veces superior. La serie GOES-R estará formada por cuatro satélites (GOES-R, -S, -T, y -U) que alargarán la vida útil operativa de los GOES por lo menos hasta 2036.

La serie GOES-R marcará el comienzo de una nueva era para los satélites medioambientales geoestacionarios, ofreciendo de forma continua imágenes y mediciones de la atmósfera del hemisferio occidental de la Tierra. Los instrumentos mejorados del GOES-R, sobre todo su generador avanzado de imágenes de referencia (ABI), supondrán un avance significativo en la capacidad de producir imágenes, ya que proporcionarán tres veces más información espectral, cuatro veces más resolución espacial y cinco veces más resolución temporal en comparación con el actual sistema de imágenes del GOES. Un nuevo instrumento, el sensor de rayos geoestacionario, permitirá la vigilancia de forma continua y casi en tiempo real de toda la actividad de descargas eléctricas, desde el centro del océano

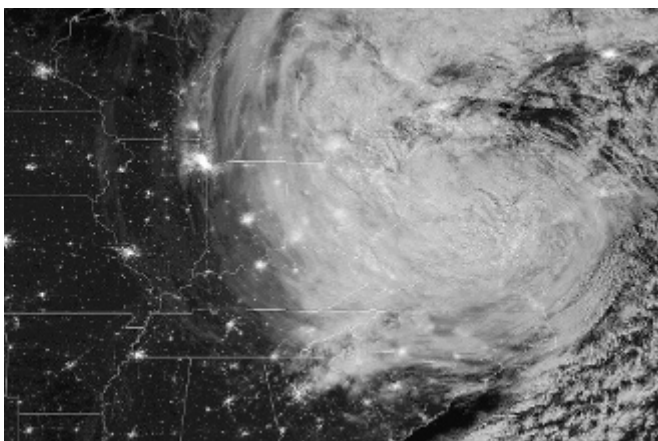


Imagen del Suomi NPP del huracán Sandy tomada por la noche, que muestra las luces de la ciudad y las nubes de Sandy iluminadas por la luz de la luna.

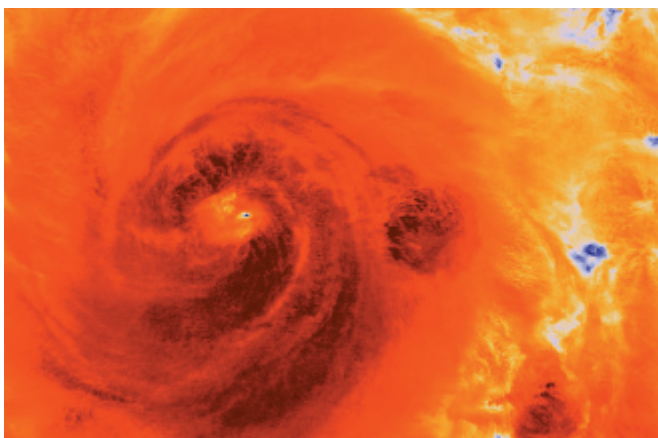


Imagen infrarroja de Sandy desde el Suomi NPP.

Pacífico hasta el centro del Atlántico. Además, la serie GOES-R proporcionará mejoras significativas en el seguimiento solar y en la predicción del tiempo en el espacio.

Ya sea siguiendo los huracanes en el océano Atlántico o el tiempo severo en las Grandes Llanuras del centro de Estados Unidos, la serie GOES-R de satélites medioambientales geoestacionarios representa una mejora significativa con respecto a las capacidades actuales de los satélites geoestacionarios de la NOAA. Los GOES-R, junto con las mejoras en las capacidades de los satélites de órbita polar que suponen el Suomi NPP y el JPSS, proporcionarán mejoras notables a los meteorólogos y a quienes dependen de sus pronósticos.

Otros satélites medioambientales

Además de las misiones de satélites medioambientales tradicionales geoestacionarios y de órbita polar, en el futuro se espera obtener avances a partir de los nuevos tipos de datos de los satélites medioambientales. Muchos satélites extraordinarios ya están en órbita, y los científicos y los meteorólogos están aprendiendo nuevas formas de incorporar sus datos en las predicciones.

Un ejemplo notable es la serie de satélites Jason. Tratándose principalmente de una misión sobre la topografía de la superficie del mar, el Jason-2 es un proyecto internacional que lleva a bordo un altímetro que proporciona mediciones de alta precisión del nivel de la superficie del mar. Debido a que la temperatura del océano y las corrientes oceánicas pueden alterar el nivel del mar y esta circunstancia puede afectar al clima del mundo, incluyendo las tormentas tropicales, Jason-2 ha sido fundamental para mejorar los modelos del tiempo y la predicción de la intensificación de las tormentas tropicales. Su continuación, el Jason-3, se encuentra actualmente en fase de desarrollo.

Otro ejemplo es el Sistema de constelación de observación para la meteorología, ionosfera y clima (COSMIC), una misión internacional que utiliza seis microsátélites equipados con receptores avanzados de ocultación de las señales de radio GPS. Mediante la medición de las desviaciones de las señales GPS causadas por los gradientes de temperatura y humedad

en la atmósfera, los datos de estos satélites son capaces de proporcionar perfiles verticales muy precisos de temperatura y humedad. Cuando esta información adicional se integra en los modelos de predicción numérica del tiempo, se ha demostrado que se puede mejorar la precisión del modelo.

Mejoras en los satélites y en las predicciones meteorológicas

Desde los inicios de la VMM, se ha recorrido un largo camino en la predicción del tiempo. Los aumentos de potencia de cálculo, las mejoras en las comunicaciones y el desarrollo de modelos de predicción numérica del tiempo, todo ello ha cambiado la forma de trabajar de los meteorólogos. Sin embargo, seguramente no ha habido ningún cambio con mayor impacto en la predicción del tiempo que la invención y la mejora de los satélites medioambientales.

Desde que los satélites medioambientales fueron lanzados por primera vez hace 50 años, se han producido grandes progresos en su fiabilidad, cobertura y capacidades, que han mejorado la comprensión del estado de la atmósfera en tiempo real y el seguimiento del tiempo severo de una forma que antes se hubiera considerado imposible. La intensa colaboración internacional en el ámbito de los satélites medioambientales, con socios en Europa, Asia y otros continentes, sigue la larga tradición de la colaboración internacional en las observaciones del tiempo y ha permitido que estas mejoras beneficien a la población de todo el mundo.

Afortunadamente, el futuro de los satélites medioambientales parece prometedor. Mientras que las dificultades económicas han afectado a muchos gobiernos y se presentan desafíos reales a la capacidad de evitar lagunas en la cobertura esencial de los satélites, Estados Unidos y otras naciones no se han cuestionado la necesidad de mantener la cobertura de los satélites medioambientales, fundamentales para la predicción del tiempo y para la protección de vidas y bienes. La próxima generación de satélites medioambientales de la NOAA, JPSS y GOES-R, junto con el uso de nuevas formas de tecnología de satélites, hace prever más avances en las capacidades de los satélites medioambientales durante las próximas décadas y mejoras en las predicciones meteorológicas para el público.