



**ITU**News  
MAGAZINE

Número 1, 2019

# Vigilando nuestro planeta cambiante

Espectro esencial para  
la observación de la  
Tierra desde el espacio



## Supervisión de la evolución de nuestro planeta

Houlin Zhao

Secretario General de la UIT

La Tierra es un planeta frágil con recursos finitos para ir a la par del aumento de la población mundial. En el marco de nuestra colaboración en aras de una economía mundial sostenible, los sensores de teledetección a bordo de vehículos espaciales pueden desempeñar una función cada vez más importante para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS).

Los [Estados Miembros de la UIT](#) y la comunidad internacional reconocen la gran importancia que revisten las observaciones de la Tierra y la información geoespacial para alcanzar los ODS. La teledetección permite obtener información primordial mediante una gran variedad de aplicaciones, en particular sobre la calidad del aire, la gestión de catástrofes, la sanidad pública, la agricultura, la disponibilidad de agua, la gestión de zonas costeras y el estado de los ecosistemas terrestres.

Los datos recabados mediante sensores a bordo de vehículos espaciales se utilizan, por ejemplo, para determinar la incidencia de las catástrofes naturales y mejorar la preparación frente a fenómenos peligrosos en todo el mundo. Los datos de sensores de teledetección a bordo de vehículos espaciales también se utilizan cada vez más para orientar los esfuerzos encaminados a reducir al mínimo las consecuencias adversas que provoca el desarrollo urbano en el medio ambiente.

Estos ejemplos de aplicaciones, entre otros, ponen de manifiesto la utilidad que tienen para la humanidad las mediciones efectuadas mediante teledetección, incluidos los avances científicos que propician. En la presente edición de la revista Actualidades de la UIT se proporcionan más ejemplos de este tipo y amplia de información sobre la forma en que la labor de la UIT contribuye a que se aprovechen mejor los beneficios de índole social y económica que ofrece la observación de la Tierra desde el espacio.

Por otro lado, me complace señalar que la [revista Actualidades de la UIT](#) ha cumplido 150 años. En esta edición se presentan asimismo hitos relativos a esos 150 años de [historia de la revista](#).

¡Aprovecho la ocasión para desear que el año nuevo les depare a todos salud y felicidad!



*“Las mediciones efectuadas mediante teledetección, incluidos los avances científicos que propician, son de gran utilidad para la humanidad.”*

Houlin Zhao

# Vigilando nuestro planeta cambiante

## Espectro esencial para la observación de la Tierra desde el espacio

### 1 Supervisión de la evolución de nuestro planeta

Houlin Zhao  
Secretario General de la UIT

### Ciencia espacial – La UIT y la CMR-19

### 4 Por qué necesitamos hoy la teleobservación espacial

Mario Maniewicz  
Director, Oficina de Radiocomunicaciones, UIT

### 8 Sistemas de observación de la Tierra – Comisión de Estudio 7 del UIT-R y Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones

John Zuzek  
Presidente de la Comisión de Estudio 7, del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) y Director del Programa Nacional del Espectro, NASA

### Beneficios de la observación de la Tierra desde el espacio

### 12 La componente espacial del Sistema Mundial Integrado de Observación de la OMM

Petteri Taalas  
Secretario General, Organización Meteorológica Mundial (OMM)

### 16 La importancia del espectro radioeléctrico para la observación de la Tierra

Eric Allaix  
Presidente, Grupo director sobre la coordinación de las frecuencias radioeléctricas

### 19 Altimetría espacial

Jean Pla  
Vicepresidente, Comisión de Estudio 7 del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

### 24 Selección de bandas para detección pasiva atmosférica

Richard Kelley  
Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA),  
Departamento de Comercio de los Estados Unidos

## Vigilando nuestro planeta cambiante

Espectro esencial para la observación de la Tierra desde el espacio



Shutterstock/NASA

ISSN 1020-4164  
itunews.itu.int  
6 números al año  
Copyright: © UIT 2019

Jefe de redacción: Matthew Clark  
Diseñadora artística: Christine Vanoli  
Auxiliar de edición: Angela Smith

Departamento editorial/Publicidad:  
Tel.: +41 22 730 5234/6303  
Fax: +41 22 730 5935  
E-mail: itunews@itu.int

Dirección postal:  
Unión Internacional de Telecomunicaciones  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20 (Suiza)

Cláusula liberatoria:  
la UIT declina toda responsabilidad por las opiniones vertidas que reflejan exclusivamente los puntos de vista personales de los autores. Las designaciones empleadas en la presente publicación y la forma en que aparezcan presentados los datos que contiene, incluidos los mapas, no implican, por parte de la UIT, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de determinadas empresas o productos no implica en modo alguno que la UIT los apoye o recomiende en lugar de otros de carácter similar que no se mencionen.

Todas las fotos por la UIT, salvo indicación en contrario.

**30 La monitorización del tiempo y el clima desde el espacio es fundamental para nuestra sociedad moderna globalizada**

Markus Dreis

Presidente del Grupo de Trabajo 7C del UIT-R  
Gestor de Frecuencias, EUMETSAT

**36 Sistemas de detección activa a bordo de vehículos espaciales para el estudio de la Tierra y la predicción de catástrofes naturales**

Bryan Huneycutt

Delegado de la UIT para temas de teledetección, Jet Propulsion Laboratory, Instituto Tecnológico de California, NASA

**41 Cómo se utilizan los teledetectores para predecir el tiempo**

Yu Yang

Ingeniero, Centro Nacional de Meteorología por Satélite, Administración Meteorológica de China (CMA), China

**44 Proteger el espectro de los sensores de observación de la Tierra por el bien de la sociedad**

Gilberto Cámara

Director de la Secretaría, Grupo de Observación de la Tierra (GEO)

Tratar la interferencia perjudicial

**47 El problema de la interferencia asociado a la detección pasiva a escala mundial**

Josef Aschbacher

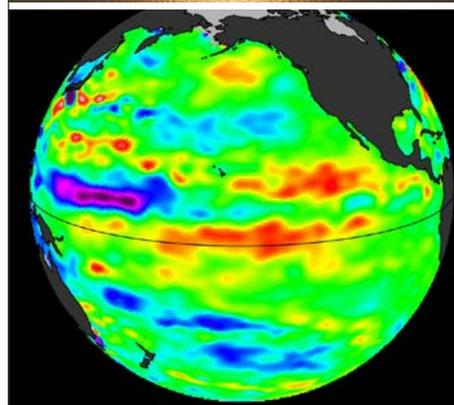
Director de los Programas de Observación de la Tierra de la Agencia Espacial Europea (ESA)

**54 La importante contribución de la teledetección pasiva por microondas a la predicción meteorológica numérica y cómo puede abordarse la interferencia radioeléctrica en la CMR-19**

Stephen English

Jefe de la Sección de Asimilación de Sistemas Terrenos, Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (CEPMMP)

**59 Hitos en los 150 años de Historia de ITU News**



## Por qué necesitamos hoy la teleobservación espacial

Mario Maniewicz

Director, [Oficina de Radiocomunicaciones](#), UIT

**E**l cambio climático y la creciente explotación de los recursos naturales de la Tierra están ocasionando toda una gama de problemas medioambientales que requieren una acción a nivel internacional.

Si la humanidad quiere responder de manera efectiva, muchas de las soluciones se basarán en el seguimiento mundial del medio ambiente, incluida la utilización de activos espaciales.

En efecto, la teleobservación espacial resulta indispensable para ayudar a los dirigentes y a los ciudadanos a tomar mejores decisiones basadas en datos fiables.

En la actualidad, varias docenas de satélites contribuyen a la acumulación de conocimientos esenciales acerca del sistema de la Tierra, permitiendo a científicos describir los vínculos específicos entre las grandes perturbaciones naturales en la atmósfera superior y los cambios meteorológicos que se producen a miles de kilómetros.



*“En la actualidad, varias docenas de satélites contribuyen a la acumulación de conocimientos esenciales acerca del sistema de la Tierra.”*

Mario Maniewicz



Dado que la precisión de las predicciones meteorológicas tiene que basarse en la mejor estimación posible del estado actual de la atmósfera, resulta esencial que los meteorólogos dispongan de observaciones mundiales precisas y en tiempo real respecto de lo que está ocurriendo en la atmósfera del planeta sobre la tierra y en los océanos. Y, para ello, se basan en la teleobservación espacial.

Hoy en día, los datos obtenidos por los satélites suponen un insumo indispensable para los modelos de previsión meteorológica y los sistemas de predicción que se utilizan para emitir alertas y otras informaciones de seguridad que sirven para la toma de decisiones en los sectores público y privado.

## El Sistema Mundial de Observación del Clima - Un marco de las Naciones Unidas

La necesidad de disponer de observaciones se aborda oficialmente a través de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que ha encomendado al [Sistema Mundial de Observación del Clima](#) la responsabilidad de definir los requisitos de las observaciones pertinentes para el cambio climático. Todos los organismos de las Naciones Unidas interesados colaboran para garantizar la entrega continua de registros y observaciones de datos físicos, químicos y biológicos fiables a fin de contribuir al logro de cada uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas conexas.

38<sup>TH</sup> WORLD RADIOCOMMUNICATION CONFERENCE



**ITUWRC**  
SHARM EL-SHEIKH 2019

28 October - 22 November  
Sharm El-Sheikh, Egypt

[www.itu.int/wrc2019](http://www.itu.int/wrc2019)  
#ITUWRC



## La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 - Toma de decisiones en relación con el espectro

Este número de la Revista Actualidades de la UIT se publica en el contexto de la [Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 de la UIT](#), que se celebrará del 28 de octubre al 22 de noviembre de 2019 en Sharm El-Sheikh (Egipto).

La Conferencia adoptará decisiones relativas a la utilización del espectro por los distintos servicios de radiocomunicaciones, incluido el servicio científico espacial. Resulta esencial que dichas decisiones ofrezcan una protección apropiada a la ciencia espacial, de manera que ésta siga prestando su apoyo al desarrollo sostenible de la especie humana.

*“Resulta esencial que los meteorólogos dispongan de observaciones mundiales precisas y en tiempo real respecto de lo que está ocurriendo en la atmósfera del planeta.”*

Mario Maniewicz

## Espectro - Esencial para los sistemas meteorológicos

Resulta por tanto importante que los lectores de este número de la revista Actualidades de la UIT entiendan por qué la disponibilidad y la protección del espectro apropiado para los sistemas meteorológicos resultan esenciales para la calidad de funcionamiento de los mismos, y por qué el valor económico y social teórico de estos sistemas hacen que las necesidades de la comunidad científica espacial merezcan una atención especial por parte de los miembros de la UIT. Estoy muy agradecido a los autores por compartir sus conocimientos especializados y sus puntos de vista.



## Tipos de sensores a bordo de vehículos espaciales para la observación de la Tierra

**Los sensores activos** son sistemas de radar sobre plataformas a bordo de vehículos espaciales. Obtienen datos a través de la transmisión y recepción de ondas radioeléctricas. Son de 5 tipos:



### Radares de apertura sintética (SAR)

Obtienen datos topográficos de la superficie de la Tierra

### Altímetros

Miden la altura precisa de la superficie del océano

### Dispersímetros

Determinan la dirección y la velocidad del viento en la superficie del océano

### Radares de precipitación

Determinan la intensidad de la lluvia y la estructura 3D de la lluvia

### Radares de perfil de nubes

Miden la cobertura y estructura de las nubes sobre la superficie de la Tierra



**Los sensores pasivos** son receptores muy sensibles que miden la energía electromagnética emitida y dispersada por la Tierra, y los componentes químicos de la atmósfera de la Tierra. Requieren protección frente a la interferencia de radiofrecuencias.



## Su fuente para las Recomendaciones UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R)  
Comisión de Estudio 7 (Servicios científicos)

Su fuente a las [Recomendaciones UIT-R](#) que describe las características técnicas y operativas, los criterios de protección y las consideraciones de compartición para los sistemas de satélites de teledetección y sus datos de control y enlace de retorno asociados:



Serie RS (para la teledetección)



Serie SA (para las aplicaciones espaciales y la meteorología)



Manual sobre el [servicio de exploración de la Tierra por satélite](#)



Manual conjunto OMM-UIT sobre [Utilización del espectro radioeléctrico en meteorología: Observación y predicción del clima, de los fenómenos meteorológicos y de los recursos hídricos](#)



## Sistemas de observación de la Tierra - Comisión de Estudio 7 del UIT-R y Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones

John Zuzek

Presidente de la [Comisión de Estudio 7](#), del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) y Director del Programa Nacional del Espectro, [NASA](#)



La [Comisión de Estudio 7](#) del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) se ocupa de los servicios científicos. Estos incluyen los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite, que cuentan con sistemas para la teledetección pasiva y activa a bordo de vehículos espaciales que nos permiten obtener datos importantes acerca de la Tierra y su atmósfera.

Los sistemas utilizados con este fin tienen efectos trascendentales para todos los habitantes del planeta. Los datos se utilizan para estudiar y realizar el seguimiento del cambio climático, para ayudar a los meteorólogos a predecir el tiempo, y para anticipar y realizar el seguimiento de diversas catástrofes naturales.

Es importante señalar que, mientras que son pocos los países que operan los satélites meteorológicos y de observación de la Tierra, los datos y productos derivados resultantes de sus operaciones se distribuyen y utilizan a escala mundial, especialmente por los servicios nacionales de meteorología de los países, tanto desarrollados como en desarrollo, y por organizaciones que realizan el seguimiento y los estudios del cambio climático.

“Los datos de los sistemas de observación de la Tierra y de teledetección se utilizan en aplicaciones para la predicción, el seguimiento y la mitigación de catástrofes.”

John Zuzek

Además, los datos de los sistemas de observación de la Tierra y de teledetección se utilizan en aplicaciones para la predicción, el seguimiento y la mitigación de catástrofes. En un [informe de las Naciones Unidas se revela que cerca del 90 por ciento de todas las catástrofes están relacionadas con la meteorología](#). Debido al carácter global de los sistemas de observación de la Tierra y de teledetección, la protección frente a la interferencia perjudicial debe considerarse a escala mundial.

### Sensores activos a bordo de vehículos espaciales

Los sensores activos a bordo de vehículos espaciales son instrumentos que obtienen datos mediante la transmisión y recepción de ondas radioeléctricas. Se trata básicamente de sistemas de radar en plataformas a bordo de estaciones espaciales. Hay cinco tipos de sensores activos, cada uno de ellos con un propósito específico. El radar de apertura sintética (SAR) se utiliza para obtener datos topográficos de la superficie de la Tierra. Los altímetros se utilizan para medir la altura precisa de la superficie de los océanos. Los dispersímetros se utilizan básicamente para determinar la dirección y la velocidad del viento en la superficie de los océanos. Los radares de precipitación se utilizan para determinar la intensidad y la estructura tridimensional de las precipitaciones lluviosas. Los radares de perfil de nubes se utilizan para medir la cobertura y estructura de las nubes sobre la superficie de la Tierra.

➤ Cerca del 90 por ciento de todas las catástrofes están relacionadas con la meteorología.



### Sensores pasivos a bordo de vehículos espaciales

Los sensores pasivos a bordo de vehículos espaciales son receptores muy sensibles llamados radiómetros que miden la energía electromagnética emitida y dispersa por la Tierra y por los componentes químicos de su atmósfera. Estos receptores muy sensibles requieren protección respecto de la interferencia de radiofrecuencias a fin de que puedan efectuar las mediciones requeridas.

Los instrumentos de teledetección pasiva que operan en los satélites de observación de la Tierra están orientados a la superficie y la atmósfera terrestres, y están expuestos a la interferencia de transmisores que funcionan en o junto a la superficie de la Tierra. Estos receptores sensibles sólo pueden funcionar con éxito gracias a la atribución de ciertas bandas de frecuencias a sus respectivos servicios de radioeléctricos y a las protecciones reglamentarias de las que se benefician a través de numerosas disposiciones especiales del [Reglamento de Radiocomunicaciones](#).

De hecho, debido a su propia naturaleza, los sensores pasivos tratan de recibir y procesar señales radioeléctricas muy débiles de origen natural en frecuencias específicas determinadas por la física molecular. Por consiguiente, si dichas señales se ven corrompidas por las interferencias, no es posible utilizar simplemente otra frecuencia para obtener la información. La información no está disponible.



## Vea todas las Recomendaciones de la Comisión de Estudio 7 del UIT-R para:

- Los sistemas de teledetección: [Serie RS](#)
- Aplicaciones espaciales y meteorología: [Serie SA](#)

Una vez que los sistemas de sensores de observación de la Tierra han obtenido los datos científicos, éstos deben transmitirse a la Tierra para que los científicos los procesen y utilicen. Estos enlaces de transmisión de los datos también deben protegerse frente a la interferencia perjudicial de radiofrecuencias, o los datos científicos pueden corromperse o perderse completamente.

### Comisión de Estudio 7 del UIT-R

La Comisión de Estudio 7 del UIT-R mantiene las [Recomendaciones UIT-R](#) de la [Serie RS](#) (para la teledetección) y de la [Serie SA](#) (para las aplicaciones espaciales) que describen las características técnicas y operativas, los criterios de protección y las consideraciones de compartición para los sistemas de satélites de teledetección y sus correspondientes enlaces de control y de retorno de datos. También mantiene el Manual del UIT-R sobre el [servicio de exploración de la Tierra por satélite](#) y el Manual conjunto OMM-UIT sobre [Utilización del espectro radioeléctrico en meteorología: observación y predicción del clima, de los fenómenos meteorológicos y de los recursos hídricos](#), así como muchos informes pertinentes sobre la teledetección y la observación de la Tierra. Esta documentación contribuye a los esfuerzos de la comunidad científica en general, y de la comunidad de la teledetección en particular, para ayudar a proteger la utilización del espectro radioeléctrico para las aplicaciones de teledetección.

### Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones y teledetección

Las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones ([CMR](#)) también han desempeñado un papel fundamental en la teledetección.

A partir de la [CAMR-79](#), se procedió a las primeras atribuciones de bandas de frecuencias al servicio de exploración de la Tierra por satélite.

En la [CMR-97](#), se ampliaron las atribuciones al servicio de exploración de la Tierra (activo) por satélite para la teledetección de la Tierra, se perfeccionaron y mejoraron las atribuciones entre 50 y 71 GHz para importantes aplicaciones de teledetección, y se globalizaron las bandas de frecuencias del enlace de datos descendente.

En la [CMR-2000](#), se introdujeron nuevas mejoras en distintas bandas de frecuencias de teledetección, y se reorganizaron y actualizaron las atribuciones de 71 a 275 GHz para reconocer el uso por los sistemas de teledetección en ciertas bandas de frecuencias.

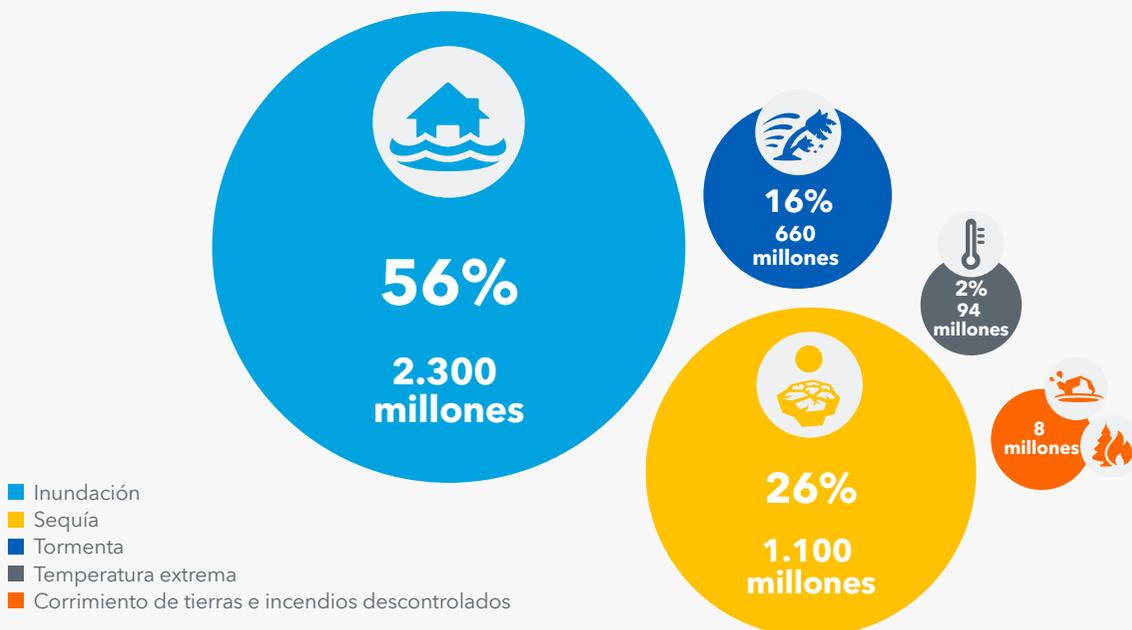
En la [CMR-07](#), se logró la protección de ciertas bandas utilizadas para la teledetección pasiva, incluida la protección de las bandas atribuidas puramente pasivas frente a las emisiones fuera de banda de los transmisores del servicio activo próximos.

La [CMR-12](#) reconoció oficialmente la importancia de las radiocomunicaciones de la observación de la Tierra en el [Reglamento de Radiocomunicaciones](#). Todas estas medidas han contribuido a configurar la actual utilización de los sistemas de teledetección con sus beneficios económicos y sociales asociados y señalan a la futura utilización de estos sistemas durante los próximos decenios.

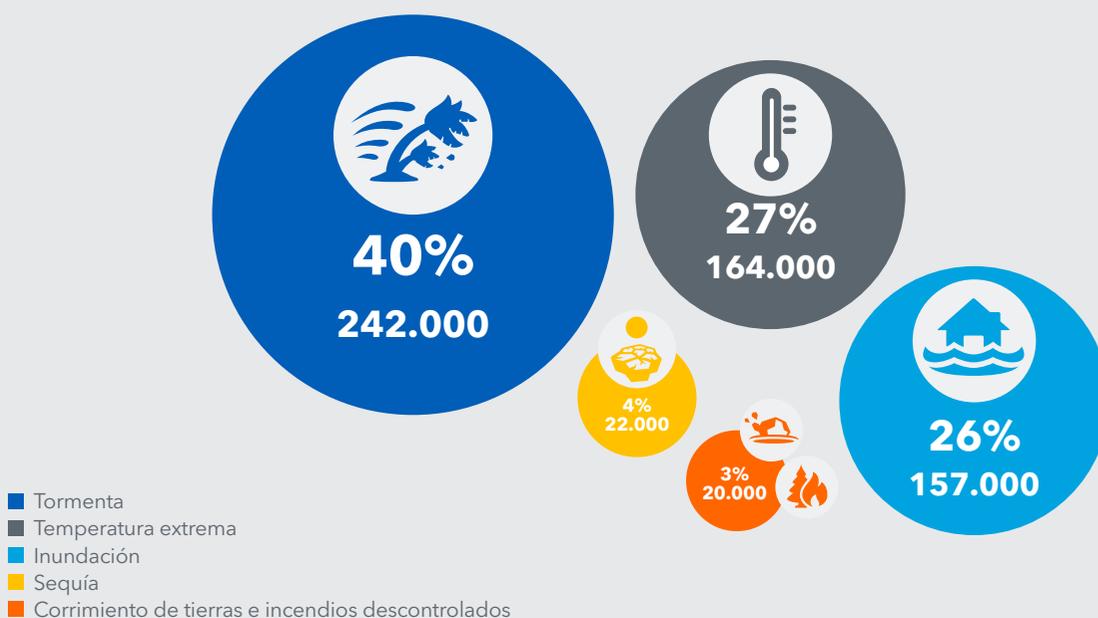


## El coste humano de las catástrofes relacionadas con la meteorología 1995-2015

### Número de personas afectadas por catástrofes relacionadas con la meteorología (1995-2015) (NB: se excluyen las muertes del total de afectados)



### Número de personas muertas, por tipo de catástrofe (1995-2015)



Fuente: *The Human Cost of Weather Related Disasters 1995-2015*.

Centro de investigación sobre epidemiología de los desastres (CRED)/Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)

## La componente espacial del Sistema Mundial Integrado de Observación de la OMM

Petteri Taalas

Secretario General, Organización Meteorológica Mundial (OMM)



Las ventajas inherentes a la utilización de satélites en órbita terrestre para la observación de la Tierra empezaron a reconocerse a principios del siglo XX y pudieron hacerse efectivas con el lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik, el 4 de octubre de 1957, fecha que marca el inicio de la era espacial.

En 1961, en respuesta a una petición formulada por la recién establecida Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS) de la Asamblea General de las Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) elaboró un informe sin precedentes en el que propuso la creación de un programa mundial encaminado a promover la investigación en ciencias atmosféricas y reforzar las capacidades en materia de predicción meteorológica utilizando la tecnología espacial (véase [The Global Satellite Observing System: a Success Story](#)).

“El programa de Vigilancia Meteorológica Mundial constituye uno de los mejores ejemplos de distribución de los beneficios espaciales entre todos los países.”

Petteri Taalas

## **“Vigilancia Meteorológica Mundial” - Protegiendo vidas y bienes**

El programa se denominó programa de “[Vigilancia Meteorológica Mundial](#)” y combinó sistemas de observación, instalaciones de telecomunicaciones y centros de predicción y procesamiento de datos explotados por miembros de la OMM, a fin de poner a disposición la información meteorológica y ambiental conexas necesarias para prestar servicios eficientes y proteger vidas y bienes en todos los países.

La componente de los sistemas de observación del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial, el Sistema Mundial de Observación ([SMO](#)), se ha transformado en un sistema bien planificado de satélites meteorológicos y ambientales, que se compone de una serie de redes de observación in situ y soporta una amplia gama de programas de aplicación de la OMM. Dicho sistema está integrado por numerosos satélites en órbita geoestacionaria, en órbita terrestre baja y en otras ubicaciones del sistema Tierra-Sol.

Los datos generados por estos satélites proporcionan información esencial para una amplia gama de programas de aplicación. Por ejemplo, han mejorado la precisión de los pronósticos meteorológicos a través de modelos numéricos de predicción meteorológica y permiten emitir alertas cada vez más fiables y oportunas de fenómenos meteorológicos extremos. Los productos y servicios que utilizan datos obtenidos desde el espacio facilitan la ejecución de programas mundiales de desarrollo, tales como la [Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible](#), el [Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres](#) y el [Acuerdo de París](#) para la lucha contra el cambio climático.

El programa de Vigilancia Meteorológica Mundial constituye uno de los mejores ejemplos de distribución de los beneficios espaciales entre todos los países. La información y los datos conexos están a disposición de todos los países, con independencia de su nivel de desarrollo social y económico. Ello incluye la provisión y la recepción de análisis, equipos y proyectos de creación de capacidad, en forma de capacitación, programas de becas y apoyo de otro tipo.



## Un nuevo marco para observar la variabilidad climática mundial

En respuesta a la ampliación de los mandatos de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), a la evolución técnica y científica y a las circunstancias económicas, el Sistema Mundial de Observación se ha convertido en un elemento clave de un marco que comprende el SMO actual y el Sistema Mundial Integrado de Observación de la OMM (WIGOS). En este nuevo marco, el SMO se integrará con los componentes del sistema de observación de esferas de aplicación que antes se desarrollaban de manera independiente.

A medida que el clima de la Tierra entra en una nueva era, en la que sufre la presión tanto de las actividades humanas como de los procesos naturales, es de vital importancia mantener un sistema de observación capaz de detectar y documentar la variabilidad y el cambio climático global durante largos periodos de tiempo. La comunidad de investigadores, los responsables de la formulación de políticas y el público en general necesitan observaciones climáticas de alta calidad para evaluar el estado actual del océano, la criosfera, la atmósfera y la tierra y ponerlo en contexto con respecto al pasado. La OMM y el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), junto con el Grupo de Coordinación sobre Satélites Meteorológicos (CGMS) y el Comité sobre Satélites de Observación de la Tierra (CEOS), siguen colaborando activamente en aras de la eficacia y la optimización de la componente espacial del sistema de vigilancia meteorológica..

*“Es de vital importancia mantener un sistema de observación capaz de detectar y documentar la variabilidad y el cambio climático global durante largos periodos de tiempo.”*

Petteri Taalas

WIGOS proporciona un marco de integración que no conoce de fronteras nacionales, institucionales ni tecnológicas, ni de niveles de rendimiento, y utiliza redes normalizadas y de referencia, así como datos de origen colectivo. A través de un proceso de examen continuo de las necesidades, denominado Rolling Review of Requirements, las capacidades de observación se someten a evaluaciones periódicas con objeto de garantizar que los sistemas de observación explotados por los miembros de la OMM satisfagan las necesidades de los usuarios. El CGMS y el CEOS responden a las recomendaciones formuladas por la OMM a fin de subsanar las deficiencias del sistema de observación espacial. WIGOS entrará en funcionamiento a partir de 2020.

Los miembros de la OMM suelen compartir gratuitamente la mayor parte de estos datos, que se difunden a través de diversos canales de comunicación, coordinados en el marco del Sistema de Información de la OMM (SIO).

El Programa Espacial de la OMM, creado en 2003, coordina y apoya el desarrollo de la componente espacial del sistema WIGOS y responde a la creciente función que desempeñan los satélites en los programas de aplicación de la OMM.

En la Visión de WIGOS para 2040 se esboza la forma en que el sistema de observación espacial ha de evolucionar en los próximos dos decenios para poder responder a las progresivas necesidades de los usuarios.

Los nuevos tipos de sensores, el ascendente número de satélites, incluidos los desplegados en constelaciones y formaciones, así como los nuevos campos de aplicación y las crecientes necesidades de ancho de banda para la transmisión de datos figuran entre los factores que dan lugar a una demanda progresiva de utilización del espectro de frecuencias a efectos de la teledetección espacial.

La importancia de los sistemas espaciales para el beneficio directo de los ciudadanos de todo el mundo, así como para la provisión de datos e información que contribuyan a la formulación de políticas y la adopción de decisiones en pro del desarrollo sostenible, pone de relieve el papel vital de la UIT en la gestión mundial del espectro de radiofrecuencias y las órbitas de satélites.

Por consiguiente, la estrecha cooperación entre la OMM y la UIT sigue siendo crucial con el fin de garantizar la disponibilidad y la integridad del sistema WIGOS y de velar por que las observaciones mundiales de nuestro planeta sigan contribuyendo a su desarrollo sostenible.



Karolin Eichler/Deutscher Wetterdienst/WMO

### Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM)

Para predecir el tiempo, la meteorología moderna depende del intercambio casi instantáneo de información meteorológica a lo largo de todo el mundo. El sistema de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), que fue creado en 1963 y constituye el núcleo de los programas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), combina sistemas de observación, instalaciones de telecomunicaciones y centros de predicción y procesamiento de datos explotados por miembros de la OMM, a fin de poner a disposición la información meteorológica y ambiental conexas necesaria para proporcionar servicios eficaces en todos los países.

Más información [aquí](#).

## La importancia del espectro radioeléctrico para la observación de la Tierra

Eric Allaix

Presidente, [Grupo director sobre la coordinación de las frecuencias radioeléctricas](#)



**E**l espectro de radiofrecuencias es el recurso crucial y escaso en el que se sustentan todas las actividades de observación de la Tierra, entre ellas, la recopilación y medición de datos observacionales y la realización de análisis, previsiones y alertas. Estas últimas desempeñan un papel crucial en la protección de las personas y los bienes, así como en la supervisión y la anticipación de los efectos del cambio climático y medioambiental.

Los principales sistemas de observación de la Tierra son los radares meteorológicos (medición de precipitaciones y perfiles de viento), los dispositivos de ayuda a la meteorología (radiosondas, radiosondas con paracaídas, cohetes, etc.) y los satélites.

### Sensores activos y pasivos

En este último caso, suelen utilizarse dos tipos de sistemas de teledetección a bordo de vehículos espaciales: los sensores activos y los sensores pasivos. Los sensores activos tienen la capacidad de transmitir y recibir a bordo, así como de iluminar su objetivo y medir la radiación reflejada. A menudo, la emisión de señales de alta potencia y

*“A escala mundial, es preciso que los sistemas de vigilancia del medioambiente desde el espacio brinden una cobertura reiterativa y fiable.”*

Eric Allaix

la detección de señales de escaso nivel se efectúan en los mismos satélites. Por su parte, los sensores pasivos son receptores de radiación de muy baja intensidad y de origen natural, procedente del sistema Tierra-atmósfera.

Los sensores pasivos y activos utilizan numerosas técnicas de observación que abarcan una amplia gama de longitudes de onda del espectro electromagnético, desde rayos gamma hasta ondas radioeléctricas. Las leyes básicas de la física y la radiación determinan las bandas espectrales aptas para la observación de la Tierra. Por ejemplo, la observación de la Tierra solo puede llevarse a cabo a través de los segmentos del espectro de microondas que comprenden bandas capaces de absorber oxígeno, vapor de agua u otros constituyentes atmosféricos. La radiación recibida por los satélites se integra en los análisis meteorológicos numéricos y en los modelos de predicción, a fin de obtener mediciones relacionadas con la temperatura, la humedad o el contenido de agua líquida, entre otros.

### **Microondas - a través de las nubes y más allá**

Una gran ventaja de las microondas es que, a diferencia de los infrarrojos, permiten recopilar información a través de las nubes y más allá. Este factor reviste un interés particular para la observación de la Tierra, puesto que, generalmente, casi dos tercios del globo están cubiertos de nubes. Además de brindar la posibilidad de observar la Tierra con independencia de las condiciones climáticas, también facilita la realización de mediciones con sensores pasivos de microondas en cualquier momento del día o de la noche, ya que estos no miden reflejos de luz del sol ni de la luna. Habida cuenta de que las señales de microondas naturales emiten niveles de radiación más bajos que los infrarrojos, la realización de tales mediciones desde el espacio resulta técnicamente más compleja. En consecuencia, aunque los satélites geoestacionarios proporcionan más cobertura alejándose de la Tierra, los satélites de órbita terrestre más baja también son esenciales.

*“El desarrollo de la observación de la Tierra a escala mundial está subordinado a la utilización de las bandas de frecuencias adecuadas.”*

Eric Allaix

Cabe asimismo señalar que la técnica de medición de determinadas características de la atmósfera y de la superficie de la Tierra requiere una combinación de varias mediciones efectuadas por diversos sensores a diferentes frecuencias. En ese sentido, cualquier interferencia causada a un sensor puede corromper múltiples mediciones.

El conjunto de datos recopilado por los sistemas de observación de la Tierra desde el espacio que se sirven del espectro radioeléctrico desempeña un papel cada vez más importante en la investigación y las operaciones medioambientales, en particular, a fin de limitar el impacto de las catástrofes meteorológicas y climáticas y mejorar la comprensión científica, la vigilancia y la predicción del cambio climático y sus efectos en nuestro planeta.

### **Garantizar la observación de la Tierra en todo el mundo**

A escala mundial, es preciso que los sistemas de vigilancia del medioambiente desde el espacio brinden una cobertura reiterativa y fiable.

Además, es sumamente importante gestionar las bandas de frecuencias asignadas a los diversos servicios científicos y meteorológicos de manera eficiente y fundamentada, con objeto de garantizar y mejorar la calidad y precisión de los productos y aplicaciones meteorológicos derivados de estas observaciones.

Casi toda la información recopilada por los sistemas de observación de la Tierra (actualmente, tres cuartas partes de estos datos proceden de satélites) está disponible en todo el mundo. Posean o no redes de satélites o estaciones receptoras en su territorio, todas las Administraciones (Estados Miembros de la UIT) tienen acceso a los datos necesarios para realizar mediciones y pronósticos meteorológicos en la superficie oceánica (altura de las olas, temperatura de la superficie del mar, salinidad, espesor del hielo marino, etc.) y en la superficie terrestre (vapor de agua, velocidad del viento, intensidad de las precipitaciones, densidad de árboles en los bosques, etc.), así como a todo tipo de investigaciones relacionadas con los efectos del cambio climático.

El desarrollo de la observación de la Tierra a escala mundial está subordinado a la utilización de las bandas de frecuencias adecuadas, lo que a su vez depende de unas propiedades físicas precisas y únicas que no pueden ser modificadas ni duplicadas en otras bandas.

El espectro radioeléctrico está sometido a una presión cada vez mayor, debido a la aparición de nuevas y crecientes necesidades, así como a la elevada densificación de usos y a la alta sensibilidad de los sensores pasivos, que no son capaces de diferenciar una señal deseada de cualquier otra señal de interferencia recibida.



## Manual sobre Utilización del espectro radioeléctrico en meteorología: Observación y predicción del clima, de los fenómenos meteorológicos y de los recursos hídricos



Más información [aquí](#)

Por ello, la Organización Meteorológica Mundial y la Unión Internacional de Telecomunicaciones han renovado su acuerdo de cooperación para la protección y utilización óptima de las frecuencias esenciales para la observación de la Tierra y su atmósfera, especialmente, en el contexto de la preparación de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019, cuyo orden del día comprende puntos sumamente interesantes para las comunidades científica y meteorológica.

Esta estrecha colaboración también ha permitido actualizar el [Manual sobre Utilización del espectro radioeléctrico en meteorología: Observación y predicción del clima, de los fenómenos meteorológicos y de los recursos hídricos](#). Dicho Manual está disponible en los seis idiomas oficiales de las Naciones Unidas y contiene información técnica exhaustiva sobre la utilización de las radiofrecuencias por los sistemas meteorológicos.

## Altimetría espacial

Jean Pla

Vicepresidente, [Comisión de Estudio 7 del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT](#)



La técnica de altimetría espacial permite medir las cotas de la superficie situada bajo un satélite preciso, gracias a un radar que mide el tiempo que tarda un pulso en viajar desde la antena del satélite a la superficie y regresar al receptor del satélite.

Las señales recibidas proporcionan una amplia gama de datos, entre ellos, mediciones precisas de la topografía de los océanos para determinar la altitud exacta de la superficie oceánica de la Tierra u obtener un mejor conocimiento de la circulación de las corrientes oceánicas.

Todo ello es posible gracias a un instrumento integrado a bordo de los satélites, que se denomina «sensor activo» y puede garantizar una cobertura continua (día y noche) en cualesquiera condiciones meteorológicas, con independencia de la cobertura de nubes.

Los satélites que orbitan alrededor de la Tierra ofrecen un excelente punto de observación desde el que detectar las condiciones de la superficie de la Tierra (terrenal y oceánica), los componentes de la atmósfera terrestre y las regiones polares.

Los satélites geoestacionarios permiten realizar un seguimiento continuo de una zona extensa, mientras que los satélites polares de baja órbita abarcan toda la Tierra a intervalos regulares.

*“La medición del nivel medio del mar desvela pistas cruciales sobre el calentamiento global.”*

Jean Pla

Los satélites altimétricos extraen mapas topográficos de los océanos, a fin de obtener un conocimiento preciso del nivel medio de los océanos, visualizar con mayor claridad el hielo y determinar el nivel exacto del terreno en la Tierra y en otros planetas.

La medición del nivel medio del mar desvela pistas cruciales sobre el calentamiento global.

En el Cuadro 1 figuran las principales misiones altimétricas pasadas y presentes.

**Cuadro 1: Características principales de las misiones de altimetría espacial pasadas y presentes**

Misión	Fecha de lanzamiento	Frecuencia central	Órbita
GEOSAT	1985; funcionamiento cesado en 1986	13,5 GHz	Órbita polar heliosíncrona, 108,1° de inclinación, 757-814 km de altitud
ERS-1 and 2	1991 y 1995; funcionamiento cesado en 2000 y 2011	13,8 GHz	Órbita polar heliosíncrona, 98,5° de inclinación, 780 km de altitud
TOPEX-POSEIDON	1992; funcionamiento cesado en 2005	13,575 y 5,3 GHz	Órbita circular no heliosíncrona, 66,039° de inclinación, 1336 km de altitud, intervalo de repetición de 10 días
JASON-1	2001; funcionamiento cesado en 2013	13,575 y 5,3 GHz	Órbita circular no heliosíncrona, 66° de inclinación, 1324 km de altitud, intervalo de repetición de 10 días
JASON-2	2008	13,575 y 5,3 GHz	Órbita circular no heliosíncrona, 66° de inclinación, 1336 km de altitud, intervalo de repetición de 9,9 días
CRYOSAT-2	2010	13,575 GHz	Órbita circular no heliosíncrona, 92° de inclinación, 717 km de altitud
HY-2A	2011	13,575 y 5,3 GHz	Órbita circular heliosíncrona, 98,5° de inclinación, 800 km de altitud, intervalo de repetición de 35 días
SARAL	2013	35,75 GHz	Órbita circular no heliosíncrona, 66° de inclinación, 1336 km de altitud, intervalo de repetición de 9,9 días
JASON-3	2016	13,575 y 5,3 GHz	Órbita circular heliosíncrona, 98,6° de inclinación, 815km de altitud, intervalo de repetición de 27 días
SENTINEL-3A	2016	13,575 y 5,3 GHz	Órbita circular heliosíncrona, 98,6° de inclinación, 815km de altitud, intervalo de repetición de 27 días
SENTINEL-3B	2018	13,575 y 5,3 GHz	Sun-synchronous circular orbit, inclination 98.6°, 815 km altitude, 27-day repeat period

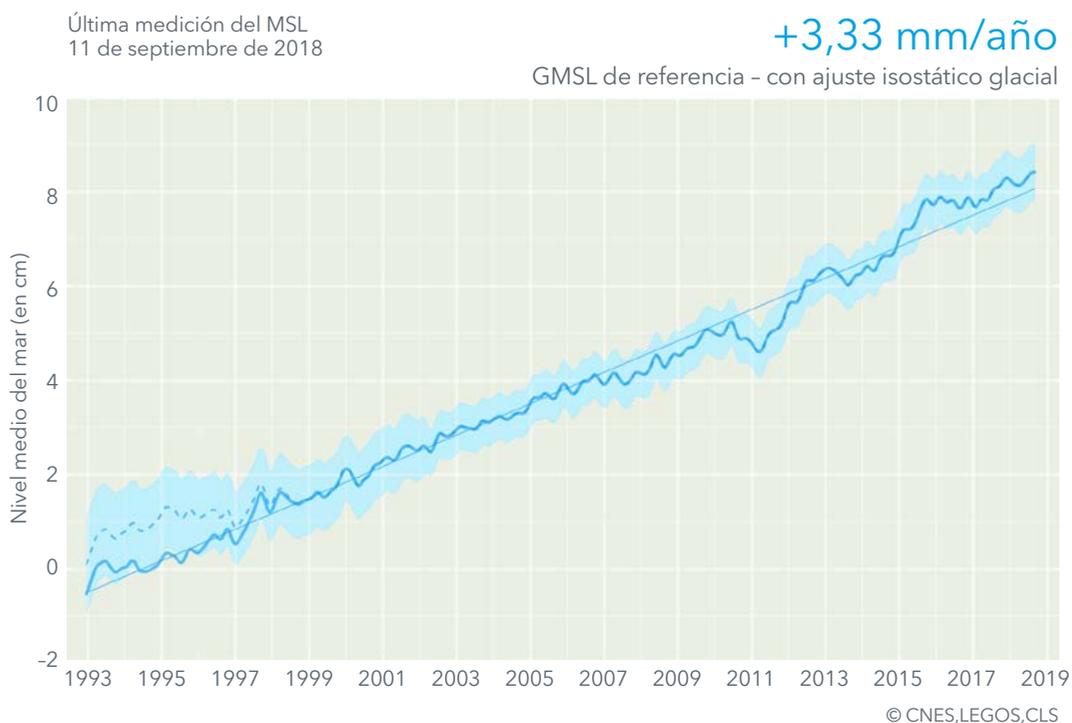
El altímetro es un radar de incidencia vertical (véase la figura adjunta: [Altimetry principle](#)) y la señal que regresa al satélite es muy similar a una reflexión en una superficie lisa (reflexión especular).

En este caso, se requiere la posición exacta del satélite a través del conocimiento de una órbita precisa. Los oceanógrafos precisan una altura relativa de la superficie del mar con respecto al geode.

El radar altimétrico proporciona mediciones precisas de la distancia entre el satélite y la superficie de la Tierra, así como de la potencia y la forma de los ecos devueltos por las superficies oceánicas, terrenales y de hielo.

El nivel medio global del mar (global mean sea level, GMSL) de los océanos es uno de los indicadores más importantes del cambio climático y se viene calculando en base a los datos de las misiones TOPEX/Poseidón, Jason-1, Jason-2 y Jason-3 desde enero de 1993 hasta la fecha. Se estima que dicho nivel aumenta 3,3 mm/año (véase la Figura 1).

Figura 1: Elevación del nivel medio del mar



## Ahora podemos predecir El Niño

El Niño constituye un ejemplo especialmente interesante para América del Sur. Un conocimiento más preciso de la circulación oceánica nos permite comprender y predecir mejor el clima, especialmente, catástrofes naturales (sequías, inundaciones y ciclones) de la índole de El Niño (una masa de agua inusualmente cálida frente a la costa occidental de América del Sur, vinculada a interacciones complejas y a gran escala entre la atmósfera y el océano en el Pacífico).

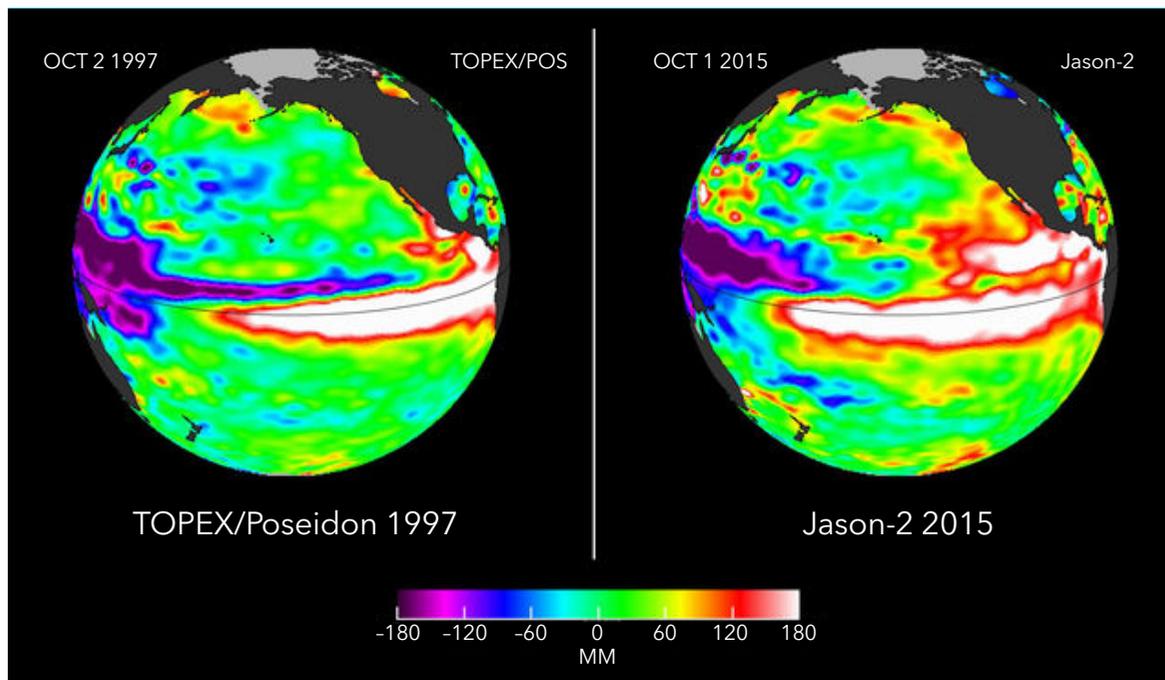
La figura 2 muestra que, actualmente, es posible predecir el fenómeno de El Niño a partir de datos oceánicos obtenidos por satélite: obsérvese la llegada anómala de una ingente masa de agua caliente a las costas del Perú en 1997 y 2015.

“Actualmente, es posible predecir el fenómeno de El Niño a partir de datos oceánicos obtenidos por satélite.”

Jean Pla

El excesivo aumento del nivel del mar causado por El Niño supera ampliamente la elevación media del nivel del mar. En 1997, se registró un aumento local de unos 20 cm del nivel del mar en el Pacífico ecuatorial cuando el fenómeno alcanzó su apogeo (y de unos 30 centímetros frente a las costas del Perú).

Figura 2: Fenómenos de El Niño en 1997 y 2015





Frans De lian/Shutterstock

*La catástrofe del terremoto y el tsunami del Océano Índico destruyó la ciudad de Banda Aceh (Indonesia) el 26 de diciembre de 2004*

**Cuadro 2: Futuras misiones de altimetría espacial**

Name of the mission	Objetivo	Órbita
CFOSAT	Dirección, amplitud y longitud de onda de las olas superficiales y medición de la velocidad del viento	Heliosíncrona, 520 km de altitud, 97,4° de inclinación
JASON-CS (Sentinel 6)	Topografía precisa de la superficie oceánica, continuidad con Jason-3	No heliosíncrona, 1336 km de altitud, 66° de inclinación
SWOT	Hidrología terrestre y oceanografía	No heliosíncrona, 890,6 km de altitud, 77,6° de inclinación

Sin embargo, entre 1997 y 1998, los efectos meteorológicos de El Niño se sintieron a escala mundial y todas las anomalías conexas repercutieron en el nivel medio global del mar: en 1997, dicho nivel aumentó 15 mm.

### Altimetría y detección inesperada de tsunamis

Una aplicación inesperada de la altimetría es la detección de tsunamis. Fue pura coincidencia que,

al despuntar la mañana del 26 de diciembre de 2004, a pocas horas del gran terremoto acaecido en el Océano Índico, dos satélites conjuntos de la NASA y el CNES (Topex y Jason-1), el satélite ENVISAT de la ESA y el satélite GFO de la NOAA detectaran, por casualidad, el tsunami de la Bahía de Bengala.

Los organismos espaciales están preparando futuras misiones de altimetría espacial (véase el Cuadro 2).

## Selección de bandas para detección pasiva atmosférica

Richard Kelley

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), Departamento de Comercio de los Estados Unidos



### Información básica sobre las bandas de frecuencias para la teledetección pasiva de microondas

Los órganos de reglamentación nacionales e internacionales han reservado ciertas porciones del espectro de microondas para fines de observación pasiva. La teledetección pasiva en bandas de microondas es la técnica que más se utiliza para mejorar la precisión de la predicción numérica del tiempo. Este tipo de detección también es importante para estudiar el estado de la nieve, el hielo y la superficie terrestre de la Tierra.

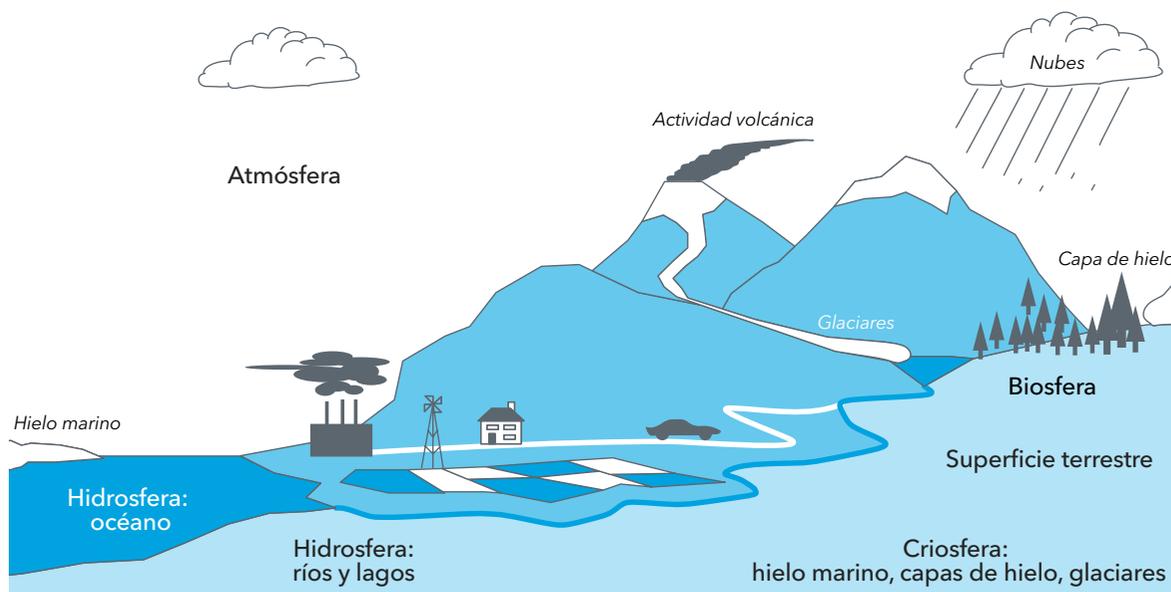
Los sensores instalados en los satélites escanean la Tierra, desde la superficie hasta el espacio, cubriendo toda la columna de aire. Con ellos se escanean todos los componentes del sistema de la Tierra que figuran en la Figura 1.

Todos los países se benefician de la tecnología de satélites para la detección pasiva de microondas, independientemente de si poseen, operan o lanzan satélites.

*“Los órganos de reglamentación nacionales e internacionales han reservado ciertas porciones del espectro de microondas para fines de observación pasiva.”*

Richard Kelley

Figura 1: Componentes del sistema de la Tierra observados por sensores pasivos



Fuente: Adaptado de "Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis - The Climate System" - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

Gracias al Proyecto de demostración de las predicciones de fenómenos meteorológicos extremos de la Organización Meteorológica Mundial, los servicios nacionales meteorológicos e hidrológicos realizan mejores predicciones y emiten alertas más pertinentes ante fenómenos meteorológicos extremos para salvar vidas y proteger medios de subsistencia y propiedades e infraestructuras en los países menos adelantados (PMA) y en los pequeños Estados insulares en desarrollo (PEID), utilizando para ello la información obtenida en los sistemas de detección pasiva de microondas

Entre los más de 75 países en desarrollo que se benefician de este proyecto figuran los de África Meridional, el Pacífico Meridional, África Oriental, Asia Sudoriental, el Golfo de Bengala (Asia Meridional), Asia Central, África Occidental y el Caribe Oriental.

El proyecto se lleva a cabo gracias a la contribución de los centros meteorológicos regionales e internacionales y con el apoyo de donantes y asociados.

Además de las predicciones meteorológicas, hay más información fundamental para el mundo que se obtiene de la detección pasiva de microondas. Gran parte de esa información es decisiva para el estudio a largo plazo del clima en la Tierra. En el Cuadro 1 figuran algunos ejemplos de la información importante obtenida con sistemas de detección pasiva de microondas.

Los sensores de detección pasiva reciben continuamente energía de la Tierra en bandas de radiofrecuencia concretas y transmiten los datos obtenidos a estaciones en tierra. Los informes obtenidos a partir de esos datos son fundamentales para las administraciones ya que les proporcionan información valiosa para la protección de la vida y los bienes materiales.

**Cuadro 1: Usos digitales de la información obtenida por teledetección**

1	Determinación del contenido de humedad del suelo mediante sensores activos y pasivos desde el espacio
2	Detección de vertidos de petróleo para la protección de la vida marina y la preservación del medio ambiente
3	Detección de masas forestales y medición de sus superficies para el cálculo de suministros disponibles forestales
4	Medición de velocidad y dirección del viento para parques eólicos, pronósticos meteorológicos y surfistas
5	Predicción meteorológica para alertar sobre desastres naturales
6	Detección de tipos de uso/cobertura de suelo para toma de decisiones
7	Observación del flujo de las corrientes marinas y la circulación oceánica
8	Estudio del derretimiento de glaciares y de su efecto sobre el nivel del mar
9	Seguimiento de peligros para una mejor respuesta y recuperación. La integración de los datos de observación de la Tierra y de los sistemas de información geográfica (SIG) en situaciones de peligro se ha convertido en un instrumento fundamental para la gestión de desastres
10	Prevención de la degradación y de la pérdida de ecosistemas de humedales
11	Comparación de factores climáticos del pasado y del presente
12	Emisión de señales de alerta temprana para hambrunas a gran escala

Fuente: *Proyecto de demostración de las predicciones de fenómenos meteorológicos extremos de la OMS*

### Las bandas para la detección pasiva no pueden desplazarse a otras frecuencias

Las bandas para la detección pasiva establecen las propiedades fundamentales de la Tierra y su atmósfera. Son propiedades que no se pueden cambiar con ninguna obra de ingeniería ni financiación.

Los sensores pasivos pueden determinar la variación vertical y la distribución horizontal de la temperatura y la humedad en la atmósfera, dos variables atmosféricas fundamentales. Hay también otros parámetros físicos que marcan las condiciones del planeta: el hielo, el agua líquida y el estado del mar, por ejemplo. En el Cuadro 2 se presentan los vínculos entre las bandas de frecuencias y esos parámetros.

### Sensores pasivos que operan en bandas de frecuencias

En general, la opacidad atmosférica es baja para las bajas frecuencias y aumenta para las frecuencias más altas, debido principalmente a la absorción del vapor de agua y al aumento de esa absorción y de la dispersión por la presencia de nubes y precipitaciones. Además, hay bandas que se ven mucho más afectadas por la absorción originada por diversos gases atmosféricos, por ejemplo, el oxígeno para 60 GHz y el vapor de agua para 183 GHz. El que esas moléculas afecten a esas frecuencias en concreto se debe a su modo de rotación, de conformidad con los principios de la física molecular. Esas bandas de frecuencias para detección pasiva son un recurso natural protegido.

**Cuadro 2: Bandas para detección pasiva seleccionadas para monitorizar los componentes del sistema de la Tierra por debajo de 275 GHz**

Bandas de frecuencias (MHz)	Parámetro físico
1,37-1,427	Humedad del suelo, salinidad de los océanos, temperatura de la superficie del mar, índice de vegetación
2,64-2,7	Salinidad de los océanos, humedad del suelo, índice de vegetación
4,2-4,4	Temperatura de la superficie del mar
6,425-7,25	Temperatura de la superficie del mar
10,6-10,7	Índice de pluviosidad, contenido de agua de la nieve, morfología del hielo, estado del mar, velocidad de los vientos del océano
15,2-15,4	Vapor de agua, tasa de lluvia
18,6-18,8	Índice de pluviosidad, estado del mar, hielo del mar, vapor de agua, velocidad de los vientos del océano, emisividad y humedad del suelo
21,2-21,4	Vapor de agua, agua líquida
22,21-22,5	Vapor de agua, agua líquida
23,6-24	Vapor de agua, agua líquida, canal asociado para sondeo atmosférico
31,3-31,8	Hielo del mar, vapor de agua, vertidos de crudo, nubes, agua líquida, temperatura superficial, ventana de referencia para la gama 50-60 GHz
36-37	Índices de pluviosidad, nieve, hielo del mar, nubes
50,2-50,4	Ventana de referencia para el perfil de la temperatura atmosférica (temperatura de la superficie)
52,6-59,3	Perfil de la temperatura atmosférica (rayas de absorción del O <sub>2</sub> )
86-92	Nubes, vertidos de crudo, hielo, nieve, lluvia, ventana de referencia para sondeos de temperatura a proximidad de 118 GHz
100-102	N <sub>2</sub> O, NO
109,5-111,8	O <sub>3</sub>
114,25-116	CO
115,25-122,25	Perfil de la temperatura atmosférica (raya de absorción del O <sub>2</sub> )
148,5-151,5	N <sub>2</sub> O, temperatura de la superficie de la Tierra, parámetros de nubes, ventana de referencia para sondeo de temperatura
155,5-158,5	Parámetros de la Tierra y las nubes
164-167	N <sub>2</sub> O, agua y hielo de nubes, lluvia, CO, ClO
174,8-191,8	N <sub>2</sub> O, perfil del vapor de agua, O <sub>3</sub>
200-209	N <sub>2</sub> O, ClO, vapor de agua, O <sub>3</sub>
226-231,5	Nubes, humedad, N <sub>2</sub> O (226.09 GHz), CO (230.54 GHz), O <sub>3</sub> (231.28 GHz), ventana de referencia
235-238	O <sub>3</sub>
250-252	N <sub>2</sub> O

Fuente: *Recomendación UIT-R RS.515 "Bandas de frecuencias y anchuras de banda para la teledetección pasiva por satélite"*.

Para frecuencias inferiores a 10 GHz, la atmósfera es casi completamente transparente, incluso en presencia de nubes. Eso permite que los sensores que operan por debajo de esa frecuencia detecten directamente la superficie del planeta.

A 10 GHz, las nubes y el vapor de agua son mayoritariamente transparentes, pero las lluvias intensas atenúan las ondas y proporcionan información única sobre las precipitaciones (se utilizan también otras técnicas indirectas).

A 18 GHz, las propiedades dieléctricas del agua del mar son tales que la energía recogida por los sensores pasivos apenas depende de la temperatura de la superficie del mar, si bien las olas generadas por el viento cambian la emisividad, por lo que puede determinarse información sobre el viento.

A partir de 22-24 GHz, hay una línea débil de absorción de ondas por el agua cuya medición permite determinar el contenido total de vapor de agua en la columna atmosférica. La banda de 24 GHz es muy sensible al contenido total de vapor de agua en la columna atmosférica y muy poco sensible al agua líquida de las nubes.

A 31 GHz, la atenuación producida por el agua líquida permite conocer su contenido en las nubes.

Aunque suele decirse que 24 GHz es un canal para determinar el vapor de agua, y 31 GHz, un canal para determinar el contenido de agua en las nubes, en realidad la pérdida de datos en uno de ellos reduce el valor de ambos.

El oxígeno absorbe energía entre los 50 y los 60 GHz en varias bandas estrechas individuales (líneas). Los sensores pasivos que operan en esas bandas ofrecen información sobre el perfil vertical de temperatura y muestran su variación a diferentes alturas atmosféricas (perfil vertical de temperatura).

“Esos datos se utilizan para obtener información para el público mundial: alertas y avisos medioambientales, cobertura de desastres y estudios a largo plazo sobre el clima de la Tierra.”

Richard Kelley

Se necesita un gran número de canales en el entorno de esa compleja línea espectral de absorción de oxígeno para proporcionar información sobre el perfil vertical.

Por encima de 60 GHz, la línea espectral más importante para el vapor de agua se encuentra en 183 GHz. Para obtener información del perfil se realiza un muestreo de esa línea, alejándose cada vez más de la frecuencia central. Los efectos de las nubes son todavía más importantes a 183 GHz que a 50 GHz, por lo que se necesitan canales adicionales para proporcionar información sobre las nubes, en particular a 89 GHz, 150 GHz y 229 GHz.

También hay una importante línea de absorción por el oxígeno en 118 GHz. La longitud de onda corta permite campos de visión estrechos para detectar características a pequeña escala de eventos climáticos extremos como huracanes/tifones.

## Las ventajas de los satélites medioambientales para el mundo

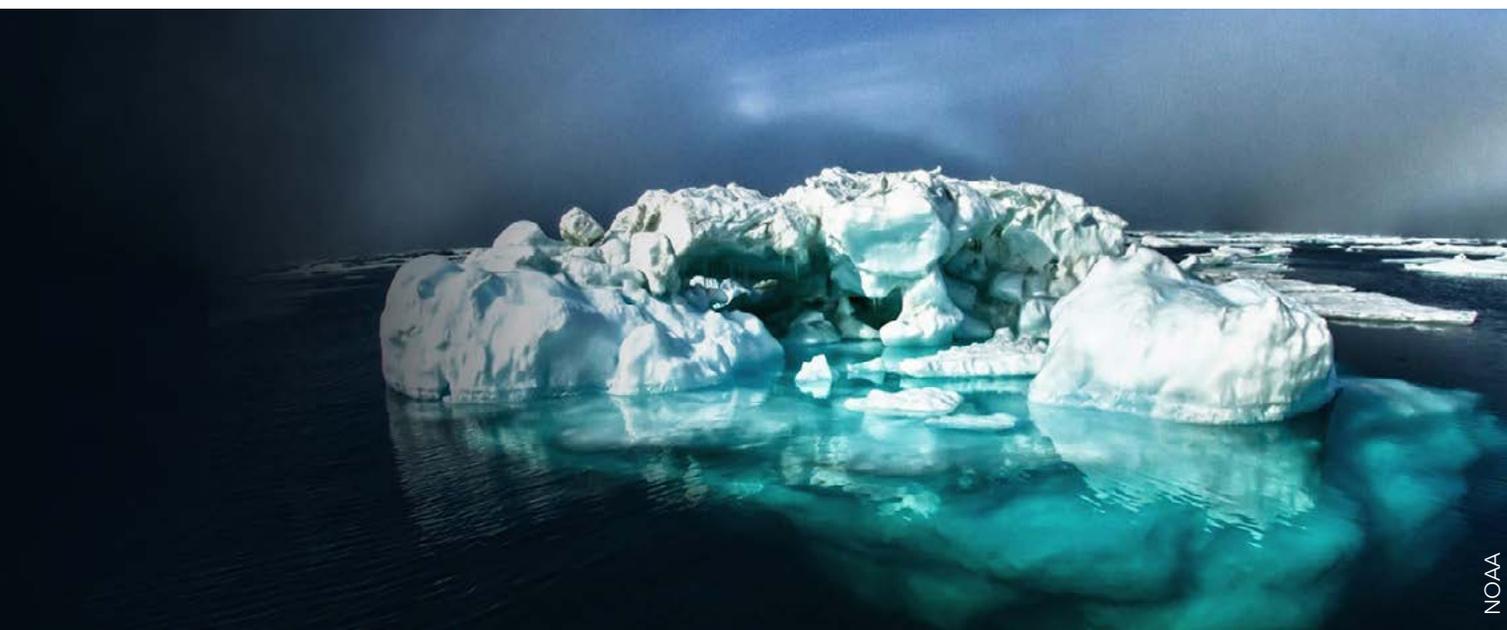
Más de 100 organizaciones nacionales, multinacionales e internacionales patrocinan satélites medioambientales que proporcionan datos de sensores pasivos a muchos otros. Esos datos se utilizan para obtener información para el público mundial: alertas y avisos medioambientales, cobertura de desastres y estudios a largo plazo sobre el clima de la Tierra.

La comunidad meteorológica mundial es el principal usuario de los datos de detección pasiva de microondas. Los modelos meteorológicos computarizados utilizan datos de sensores pasivos y datos de otras fuentes para generar información para la predicción numérica del tiempo. Como la atmósfera cambia segundo a segundo, los datos pasivos pierden su valor en seguida, así que se descargan rápidamente y se transmiten a centros de predicción numérica del tiempo, donde se incorporan a modelos de predicción. Los pronósticos que se obtienen con ordenadores a partir de esos datos cubren zonas geográficas de diferentes tamaños, desde zonas muy pequeñas hasta todo el mundo. Las predicciones numéricas del tiempo se ofrecen a países sin esa técnica.

## Resumen

En todo el mundo, las administraciones invierten mucho dinero en el sector de los satélites medioambientales y en las infraestructuras complementarias. El uso de las frecuencias mencionadas por sensores pasivos es fundamental para comprender la Tierra y su atmósfera, y permite la toma de decisiones críticas a partir de los valores obtenidos.

Las mediciones físicas del medio ambiente solo pueden realizarse utilizando el conjunto actual de bandas de frecuencias para detección pasiva.



## La monitorización del tiempo y el clima desde el espacio es fundamental para nuestra sociedad moderna globalizada

Markus Dreis

Presidente del [Grupo de Trabajo 7C del UIT-R](#)  
Gestor de Frecuencias, [EUMETSAT](#)



**N**uestra sociedad es cada vez más sensible a los efectos del clima y puede permitirse menos errores en las predicciones, observaciones y alertas meteorológicas. Por ello, Gobiernos y empresas exigen mejoras continuas en los pronósticos y alertas meteorológicos para poder gestionar los riesgos y las consecuencias cada vez mayores de los fenómenos meteorológicos extremos (inundaciones, sequías, incendios forestales, contaminación, etc.). Además, la sociedad exige más información meteorológica fiable y en tiempo real para su uso en el ámbito económico, en el ámbito de la seguridad e incluso para la vida privada. En este contexto, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de los diferentes países utilizan las observaciones de [EUMETSAT](#) para que puedan cumplirse esas exigencias.

Las predicciones meteorológicas también sirven para apoyar el crecimiento económico, ya que nuestras economías altamente desarrolladas dependen mucho del clima en abundantes ámbitos: transporte, energía, agricultura, turismo, alimentación, construcción, etc. En consecuencia, los beneficios socioeconómicos de las predicciones y su mejora constante son proporcionales al PIB de un país o una región.

*“En nuestra sociedad cada vez más dependiente del tiempo, los datos obtenidos por satélites meteorológicos son fundamentales para que los servicios meteorológicos nacionales realicen predicciones meteorológicas de todo tipo.”*

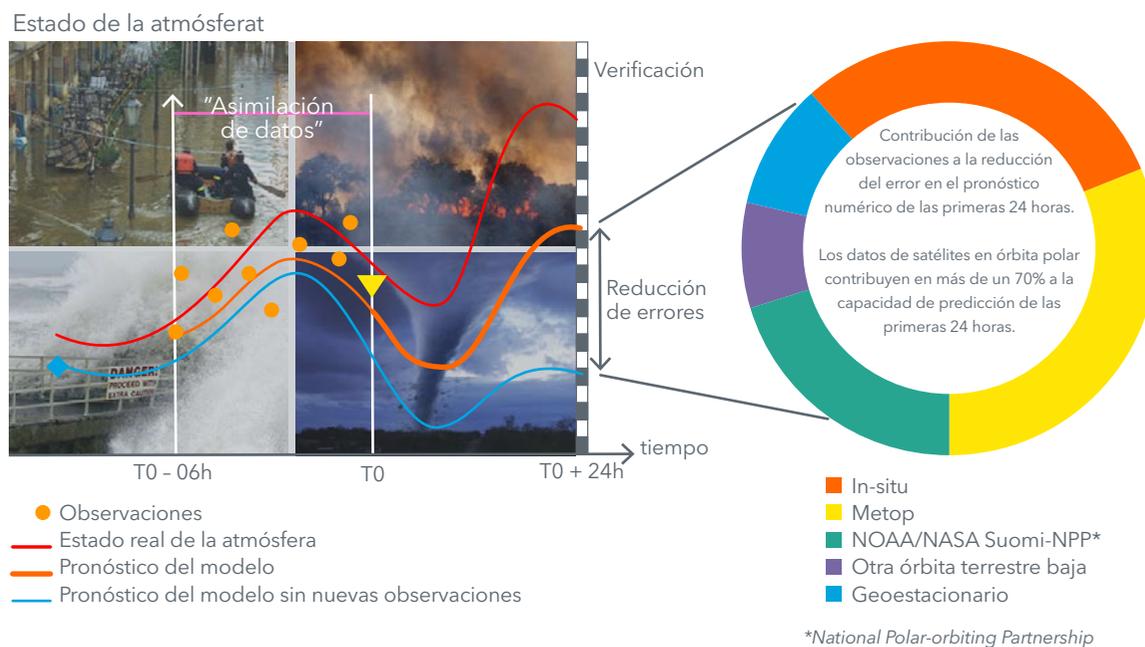
Markus Dreis

## Las predicciones meteorológicas actuales requieren observaciones desde el espacio

En términos históricos, las observaciones por satélite del tiempo y del clima son todavía muy recientes. Hace solo 20 años tenían muy poca repercusión en los modelos de predicción numérica del tiempo. La mayoría de los datos de entonces procedían de mediciones in situ.

La situación ha evolucionado mucho en este periodo de tiempo y las observaciones por satélite se han convertido en el elemento más importante para la predicción numérica del tiempo. Hoy en día, las predicciones meteorológicas dependen en gran medida de las observaciones por satélite y contribuyen en más de un 70% a la mejora de las previsiones (reducción de errores) para las primeras 24 horas (Figura 1).

Figura 1: Mejora de la capacidad de previsión gracias a satélites meteorológicos



En la Figura 2 se ilustra cómo los satélites meteorológicos ayudan a realizar predicciones. Sin ellos se perdería un tiempo de preparación ante fenómenos meteorológicos peligrosos muy valioso, lo que tendría efectos devastadores para la sociedad.

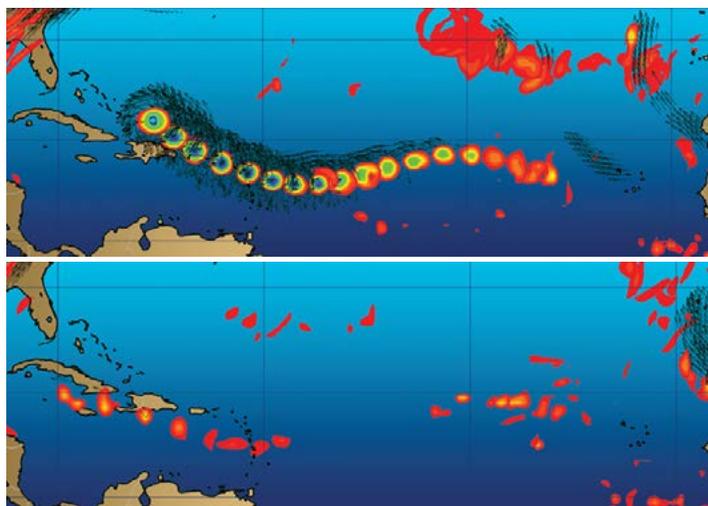
## Mejorar la observación de la Tierra desde el espacio

Mientras las observaciones por satélites sigan cobrando importancia, los datos obtenidos por satélite deberán satisfacer los requisitos de los innovadores modelos de predicción numérica del tiempo de muy alta resolución, que serán utilizados cada vez más por los SMHN para realizar predicciones de muy corto plazo junto con observaciones en tiempo real.

**Figura 2: Contribución de los satélites meteorológicos a la predicción. Ejemplo: Huracán Irma**

(Ejemplo: el Initial Joint Polar System (IJPS) de satélites en órbita polar de EUMETSAT y de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos)

Las condiciones iniciales, obtenidas en gran medida mediante las observaciones por satélite (arriba a la derecha, en rojo) fueron cruciales para que el Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP) predijese el desarrollo y la trayectoria del huracán Irma con cuatro días de antelación. (Fuente: CEPMMP)



Sin las observaciones por satélite, en el modelo no se habría tenido en cuenta el desarrollo inicial del huracán. (Fuente: CEPMMP)

Por consiguiente, las organizaciones que operan sistemas de satélites meteorológicos, como EUMETSAT, la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos, esperan más y mejores observaciones desde el espacio (mejores en cuanto a puntualidad, resolución y volumen).

Para alimentar esos modelos de predicción, EUMETSAT, igual que los demás operadores de satélites meteorológicos, dispone de una cartera de satélites (Figura 3) en órbita geoestacionaria y en órbitas terrestres bajas no geoestacionarias, con instrumentos especiales y complementarios a bordo. A partir de los datos obtenidos por esos satélites, se proporcionan de forma sostenida y oportuna predicciones precisas de corto a largo plazo sobre el tiempo, la calidad del aire, el océano y la criosfera, a escala regional y mundial. Eso se logra gracias a un catálogo continuo de productos de observación mundial, regional y local de la atmósfera, el océano, el hielo y las superficies terrestres, incluido el manto de nieve.

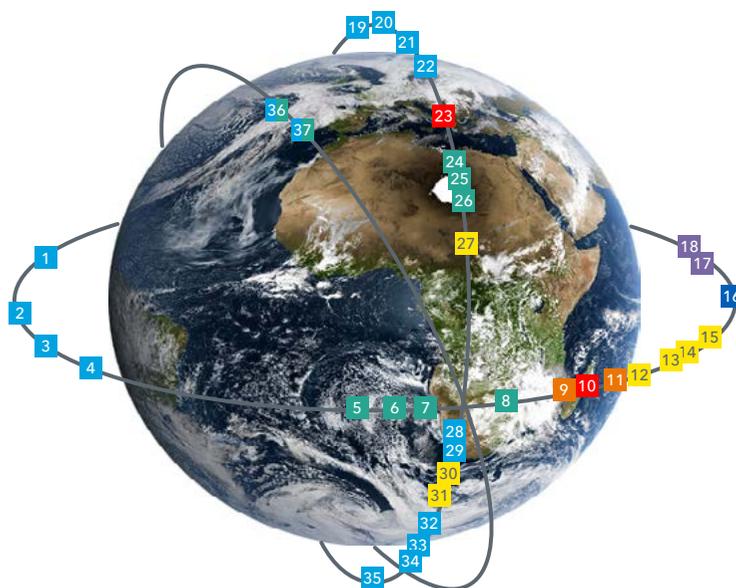
### Generar los registros climáticos más extensos

Además de la realización constante de predicciones meteorológicas, los satélites meteorológicos generan también los registros más extensos de datos climáticos desde el espacio: más de 35 años de datos de satélites meteorológicos. Desde el espacio se estudian las variables climáticas esenciales de la atmósfera, el océano, la criosfera y las superficies terrestres a escala mundial. Esos registros de datos climáticos se generan y actualizan periódicamente con datos obtenidos por operadores de satélites meteorológicos, como EUMETSAT. El resultado es información útil para los servicios de información climática en el marco de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y para las iniciativas relativas al cambio climático

## Los satélites meteorológicos constituyen el componente espacial del Sistema Mundial de Observación de la OMM

La red mundial de satélites meteorológicos en órbita geostacionaria y en órbitas terrestres bajas no geostacionarias constituye el componente espacial del Sistema Mundial de Observación (SMO) de la OMM.

Figura 3: Satélites meteorológicos actualmente operacionales



### Satélites meteorológicos geostacionarios

- 1 GOES-15 (Estados Unidos) 135°W
- 2 GOES-14 (Estados Unidos) 105°W (en espera)
- 3 GOES-17 (Estados Unidos) 89.5°W (en espera)
- 4 GOES-16 (Estados Unidos) 75.2°W
- 5 METEOSAT-11 (India) 0°
- 6 METEOSAT-9 (EUMETSAT) 3.5°E (en espera)
- 7 METEOSAT-10 (EUMETSAT) 9.5°E
- 8 METEOSAT-8 (EUMETSAT) 41.5°E
- 9 INSAT-3DR (India) 74°E
- 10 ELECTRO-L N2 (Rusia) 76°E
- 11 INSAT-3D (India) 82°E
- 12 FY-2E (China) 86.5°E
- 13 FY-2G (China) 105°E
- 14 FY-4A (China) 105°E
- 15 FY-2F (China) 112°E (en espera)
- 16 COMS (República de Corea) 128.2°E
- 17 HIMAWARI-8 (Japón) 140.68°E
- 18 HIMAWARI-9 (Japón) 140.73°E (en espera)

### Satélites meteorológicos no geostacionarios

- 19 DMSP-F17 (Estados Unidos) ECT 06:20 Descendente
- 20 NOAA-15 (Estados Unidos) ECT 06:30 Descendente
- 21 DMSP-F18 (Estados Unidos) ECT 07:08 Descendente
- 22 NOAA-18 (Estados Unidos) ECT 07:40 Descendente
- 23 METEOR-M N2 (Rusia) ECT 09:30 Ascendente
- 24 METOP-A (EUMETSAT) ECT 09:30 Descendente
- 25 METOP-B (EUMETSAT) ECT 09:30 Descendente
- 26 METOP-C (EUMETSAT) ECT 09:30 Descendente
- 27 FY-3C (China) ECT 10:15 Descendente
- 28 NOAA-20 (Estados Unidos) ECT 13:25 Ascendente
- 29 SNPP (Estados Unidos) ECT 13:25 Ascendente
- 30 FY-3B (China) ECT 13:38 Ascendente
- 31 FY-3D (China) ECT 14:00 Ascendente
- 32 DMSP-F15 (Estados Unidos) ECT 14:50 Ascendente
- 33 NOAA-19 (Estados Unidos) ECT 15:44 Ascendente
- 34 DMSP-F16 (Estados Unidos) ECT 15:50 Ascendente
- 35 DMSP-F14 (Estados Unidos) ECT 17:00 Ascendente
- 36 JASON-2 (Estados Unidos, Europa) 66° inclination
- 37 JASON-3 (Estados Unidos, Europa) 66° inclination

(A fecha de octubre de 2018, fuente de información: CGMS)

## Evitar interrupciones en la obtención de datos obtenidos desde el espacio

Para que a nivel internacional pueda accederse en todo momento a datos de observaciones meteorológicas espaciales, los operadores de satélites meteorológicos cooperan en la creación de una red mundial de este tipo de satélites. A fin de garantizar una continuidad de datos meteorológicos y climáticos durante decenios, los satélites meteorológicos en funcionamiento deben ser sustituidos por nuevos satélites de la misma serie, o por satélites meteorológicos de próxima generación con mayor capacidad de observación y resolución (todo ello sin interrumpir la generación de datos de observación). La generación más reciente de satélites está equipada con los instrumentos más modernos, y con cada vez más canales de medición y mayor sensibilidad y precisión, para cumplir las demandas de la comunidad de usuarios en el ámbito meteorológico. Todo ello necesita de una inversión especial en infraestructura mundial, en el espacio y en tierra, para optimizar los beneficios de esa iniciativa conjunta/coordiinada con un número limitado de operadores de satélites meteorológicos.

Los satélites meteorológicos están equipados con generadores de señales y de imágenes visibles e infrarrojas. Los datos que proporcionan esos instrumentos se utilizan para obtener muchos parámetros meteorológicos. Los satélites en órbita polar están equipados además con instrumentos activos y pasivos de detección de microondas para generar, por ejemplo, perfiles verticales de la temperatura y la humedad en la atmósfera e información sobre la distribución de las nubes, la nieve y el hielo, y sobre las temperaturas de la superficie del océano y los vientos en todo el planeta. Se sabe que todas esas variables atmosféricas son fundamentales para la monitorización del cambio climático a largo plazo.

Además de los instrumentos a bordo, los satélites meteorológicos transportan también sistemas de recogida de datos que reúnen datos

meteorológicos y medioambientales básicos para el SMO a partir de plataformas de recogida de datos situadas en cualquier parte del mundo (lugares remotos o boyas en el mar). La información proporcionada se utiliza casi en tiempo real en diferentes disciplinas medioambientales, como hidrología o sismología, pero también en protección civil, por ejemplo para alertar de la llegada de tsunamis.

## Satélites meteorológicos y uso de frecuencias reglamentadas en el marco de la UIT

Los satélites meteorológicos tienen que utilizar muchas frecuencias radioeléctricas ([reguladas por el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT](#)) para su operación, la operación de diversos instrumentos y el envío a la Tierra de los datos obtenidos para su posterior procesamiento y distribución a los usuarios. Entre los usos de esas frecuencias figuran:

- telemetría, telemando y determinación de la distancia del vehículo espacial;
- detección activa y pasiva de microondas;
- transmisiones de datos de observación desde satélites meteorológicos hasta las principales estaciones de recepción;
- retransmisiones de datos preprocesados a las estaciones meteorológicas de usuario a través de satélites meteorológicos;
- radiodifusión directa a estaciones meteorológicas de usuario desde satélites meteorológicos;
- difusión alternativa de datos a usuarios ([GEONETCast](#)) a través de otros sistemas de satélites diferentes a los satélites meteorológicos (en bandas de frecuencias no atribuidas a satélites meteorológicos (MetSat)/satélite de exploración de la Tierra (SETS));
- transmisiones desde plataformas de recogida de datos a través de satélites meteorológicos;
- retransmisión de mensajes de búsqueda y salvamento ([COSPAS-SARSAT](#))

Para todos esos usos de frecuencias radioeléctricas es necesario que los recursos de espectro de frecuencias asignados a los correspondientes servicios de radiocomunicaciones en el Reglamento de Radiocomunicaciones estén disponibles y protegidos de interferencias a largo plazo (en particular para la detección pasiva): se trata de recursos tan sensibles que requieren una atención especial en el Reglamento.

### Acceso a datos de medición de satélites meteorológicos

Los satélites meteorológicos proporcionan datos que se necesitan con urgencia. Así, uno de los objetivos clave de un satélite meteorológico es que sus usuarios puedan acceder en el menor tiempo posible a unos datos de máxima fiabilidad. Para ello es necesario ofrecer servicios de datos de alto nivel a un coste mínimo para los usuarios. Esos servicios de datos se prestan a través de diferentes medios utilizando radiofrecuencias. Además de los mecanismos tradicionales de distribución directa de datos a los usuarios mediante satélites meteorológicos, los datos procesados también se distribuyen a los usuarios por medios alternativos de difusión de datos, por ejemplo [GEONETCast](#), que consiste en utilizar las normas de radiodifusión de vídeo digital más eficientes, junto con una gestión optimizada del ancho de banda disponible, para ofrecer datos meteorológicos y climáticos a nivel mundial a través de satélites geoestacionarios convencionales en las bandas C y Ku. Mediante esa solución se mejoran los servicios de datos regionales y se obtiene una latencia de 15-30 minutos desde el momento en que los instrumentos adquieren los datos de medición hasta que esos se transmiten a una red de estaciones terrestres.

### Datos de satélites: cada vez más necesarios para las predicciones meteorológicas

En nuestra sociedad cada vez más dependiente del tiempo, los datos obtenidos por satélites meteorológicos son fundamentales para que los servicios meteorológicos nacionales realicen predicciones meteorológicas de todo tipo y produzcan alertas oportunas y otra información que ayude a tomar decisiones a nivel público y privado en pro de nuestro bienestar económico y social.

El aprovechamiento de esos satélites meteorológicos se basa en la disponibilidad sin interferencias de los recursos de frecuencias necesarios (que se garantiza en las disposiciones pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones) para el control de esos mismos satélites, la operación de un número de instrumentos de detección activa y pasiva de microondas y la distribución oportuna de datos directamente desde los satélites o a través de medios alternativos que utilizan otros servicios de radiocomunicaciones.

### La necesidad de una respuesta coordinada a largo plazo

La monitorización del tiempo y el clima es un imperativo mundial. Requiere una respuesta coordinada y a largo plazo basada en inversiones estratégicas en grandes infraestructuras, en el espacio y sobre el terreno, en beneficio de la sociedad humana. Para lograr ese objetivo, también es necesario que el espectro de frecuencias necesario para el funcionamiento de los satélites meteorológicos y sus instrumentos de detección de microondas se mantenga disponible y libre de interferencias. Eso requiere el apoyo de las administraciones de radiocomunicaciones de todo el mundo.



## Sistemas de detección activa a bordo de vehículos espaciales para el estudio de la Tierra y la predicción de catástrofes naturales

Bryan Huneycutt

Delegado de la UIT para temas de teledetección, Jet Propulsion Laboratory, Instituto Tecnológico de California, [NASA](#)



**E**l espacio ofrece una perspectiva ideal para el estudio de la Tierra. Los sensores activos a bordo de vehículos espaciales en órbita alrededor de la Tierra se utilizan para estudiar a distancia las superficies terrestre y oceánica, así como la atmósfera de la Tierra. También sirven para detectar y supervisar catástrofes naturales como huracanes, inundaciones, incendios y desprendimientos de terreno, y proporcionan información de gran utilidad en actividades de respuesta y recuperación.

Los citados sensores activos a bordo de vehículos espaciales (véase el recuadro 1) obtienen información mediante la transmisión de ondas radioeléctricas y la recepción ulterior de la potencia reflejada (retrodispersada). Se han atribuido catorce bandas de frecuencias, de 432 MHz a 238 GHz, al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo) para su utilización por sensores activos a bordo de vehículos espaciales. Esas atribuciones de frecuencias son fruto de la colaboración con el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) en el marco de varias Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR).

*“El espacio ofrece una perspectiva ideal para el estudio de la Tierra.”*

Bryan Huneycutt

### Sensores activos

Los sensores activos incorporan un transmisor y un receptor. Emiten una señal hacia el objetivo que ha de ser objeto de análisis. Posteriormente detectan y miden la señal de retrodispersión. Los sensores pasivos no incorporan ningún transmisor. Son meros receptores que detectan la radiación natural (por ejemplo, la luz solar) que se refleja en el objeto observado.

La apertura sintética se obtiene por medio del registro de la señal de retrodispersión a lo largo de la trayectoria de vuelo del radar. Los datos se procesan mediante el algoritmo SAR para generar una imagen que permite sintetizar una apertura virtual mucho más amplia que la longitud física de la antena.

### Sector de Radiocomunicaciones de la UIT - Protección de bandas de frecuencias frente a la interferencia perjudicial

El UIT-R lleva a cabo diversos estudios de comparación para garantizar que los nuevos sistemas que se proponen no provoquen interferencia radioeléctrica (RFI) perjudicial en las bandas de frecuencias utilizadas actualmente. La RFI puede incidir adversamente en la señal retrodispersada de los sensores activos, cuyo nivel de potencia recibida suele ser muy bajo, justo por encima del nivel de ruido del receptor.

Por ejemplo, la posible implantación de sistemas de acceso inalámbrico y redes radioeléctricas de área local (WAS/RLAN) (véase el recuadro 2) en la gama de frecuencias 5 350-5 470 MHz, atribuida actualmente a título primario a los sensores activos a bordo de vehículos espaciales, constituye una de las principales esferas de estudio del UIT-R para la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19).

### Cinco tipos principales de sensores activos a bordo de vehículos espaciales

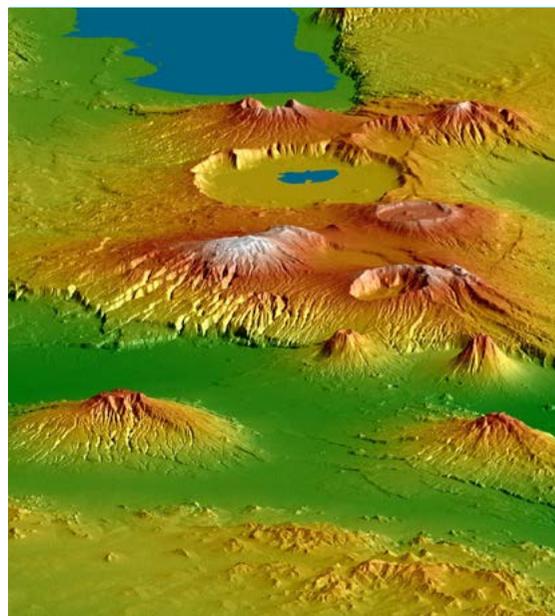
Cabe distinguir los siguientes tipos de sensores activos a bordo de vehículos espaciales que son objeto de estudio del UIT-R en el marco del SETS (activo): radares de apertura sintética (SAR), altímetros, difusímetros, radares de precipitación (PR) y radares de perfil de nubosidad (CPR).

### Los radares de apertura sintética proporcionan imágenes y mapas topográficos

Habida cuenta de su capacidad para proporcionar imágenes diurnas o nocturnas, independientemente de las condiciones climatológicas, y de su sensibilidad con respecto a variaciones de distancia de tan sólo varios centímetros, los radares de apertura sintética (SAR) (véase el recuadro 3) se han utilizado satisfactoriamente en todo el mundo en actividades de respuesta a catástrofes, en particular derrames de petróleo y seísmos. La Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) utilizó el SAR JPL/NASA de 5 GHz para obtener mapas de elevación digitales de alta resolución de la superficie de la Tierra.

En la Figura 1 se muestra la imagen de Crater Highlands, Tanzania, a lo largo de la Falla de África oriental en Tanzania, generada en 2000 mediante un SAR SRTM.

Figura 1 - Imagen de Crater Highlands, Tanzania, generada mediante un radar (SAR) SRTM de la NASA



### WRC-19 Agenda Item 1.16

## 2

En el punto 1.16 del orden del día de la CMR-19 se aborda parcialmente la posible inclusión de WAS/RLAN en la gama de frecuencias 5 350-5 470 MHz. En los estudios del UIT-R no se ha determinado hasta ahora ninguna técnica de mitigación eficaz para prevenir la interferencia de radiofrecuencias perjudicial a los sensores activos a bordo de vehículos espaciales mediante WAS/RLAN.

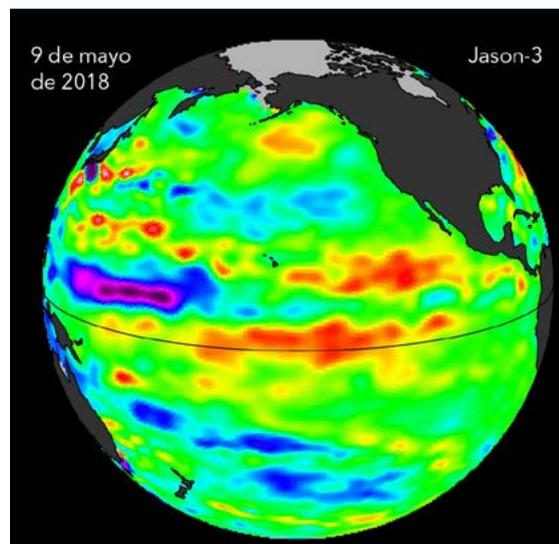
Los sensores SAR se orientan lateralmente con respecto a la trayectoria del nadir (véase el recuadro 4) para generar un registro temporal de los datos de fase de las señales de radar reflejadas coherentes. Sobre la base de esa información se genera una imagen de radar de alta resolución o un mapa de interferometría topográfica de la superficie de la Tierra.

### Los altímetros proporcionan valores de altitud y de elevación de la superficie del océano

El altímetro bifrecuencia Jason-3 utiliza atribuciones del SETS (activo) en torno a 13,6 GHz y 5,3 GHz para generar imágenes relativas a la altura del nivel del océano. En la Figura 2 se muestra una imagen generada en mayo de 2018 por el satélite Jason-3 al orbitar en sentido este sobre la zona tropical del Océano Pacífico. Por lo general, la onda Kelvin (de color rojo) que se muestra sobre la zona ecuatorial permite predecir un fenómeno asociado a El Niño (véase el recuadro 5). La comprensión de las pautas y de los efectos de ciclos climáticos como El Niño facilita la predicción y mitigación de los efectos de catástrofes como inundaciones y sequías.

Los sensores del altímetro se orientan al nadir y permite medir el periodo de tiempo exacto comprendido entre la transmisión y la recepción de una señal con el fin de obtener información sobre la elevación exacta del nivel del océano.

Figura 2 (Altímetro) - Imagen de la elevación del nivel del océano generada por el satélite JASON-3 de la NASA



### Los difusímetros proporcionan datos relativos a la velocidad y al sentido del viento sobre la superficie del océano

El difusímetro SeaWinds de 13 GHz a bordo del satélite QuikSCAT de la NASA recopiló los datos utilizados para generar una imagen del huracán Francis al aproximarse a Cuba en septiembre de 2004. En la Figura 3 se utilizan varios pseudocolores para representar las velocidades del viento cerca de la superficie y trazos de color negro para indicar la velocidad y el sentido del viento.

Los sensores se orientan con respecto a varios ángulos de presentación lateral de la trayectoria del nadir para medir la variación de potencia reflejada para cada ángulo de presentación a fin de determinar el sentido y la velocidad del viento sobre la superficie oceánica de la Tierra.

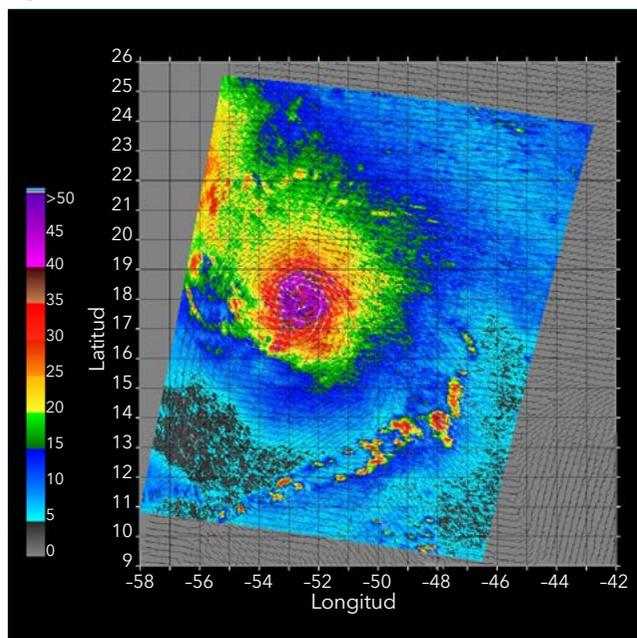
#### Nadir

El nadir es el punto de la esfera celeste que se encuentra directamente debajo de un lugar o de un observador determinado. Su situación es opuesta a la del cénit.

#### El Niño

La oscilación meridional de El Niño (ENSO, por sus siglas en inglés) guarda relación con el ciclo de temperaturas elevadas y bajas de la superficie del océano de la zona tropical del Océano Pacífico central y meridional. El Niño constituye la etapa cálida de la ENSO y La Niña la etapa fría. Tanto El Niño como La Niña modifican las temperaturas y las precipitaciones a escala mundial.

Figura 3 (Difusímetro) - Imagen del huracán Francis generada mediante el (difusímetro) SeaWinds de la NASA



### Los radares de precipitación proporcionan índices pluviométricos relativos a las zonas tropicales

El radar de precipitación bifrecuencia (DPR) para la medición de precipitaciones a escala mundial (GPM) utiliza las bandas de frecuencias de 13,6 GHz y 35,5 GHz para generar una imagen tridimensional de los índices pluviométricos y de la estructura de la precipitación. En la Figura 4 se muestra una representación tridimensional de la estructura del supertifón MANGKHUT al desplazarse hacia las Islas Filipinas en septiembre de 2018.

Figura 4 - Imagen del radar (de precipitación) GPM de la NASA del supertifón MANGKHUT

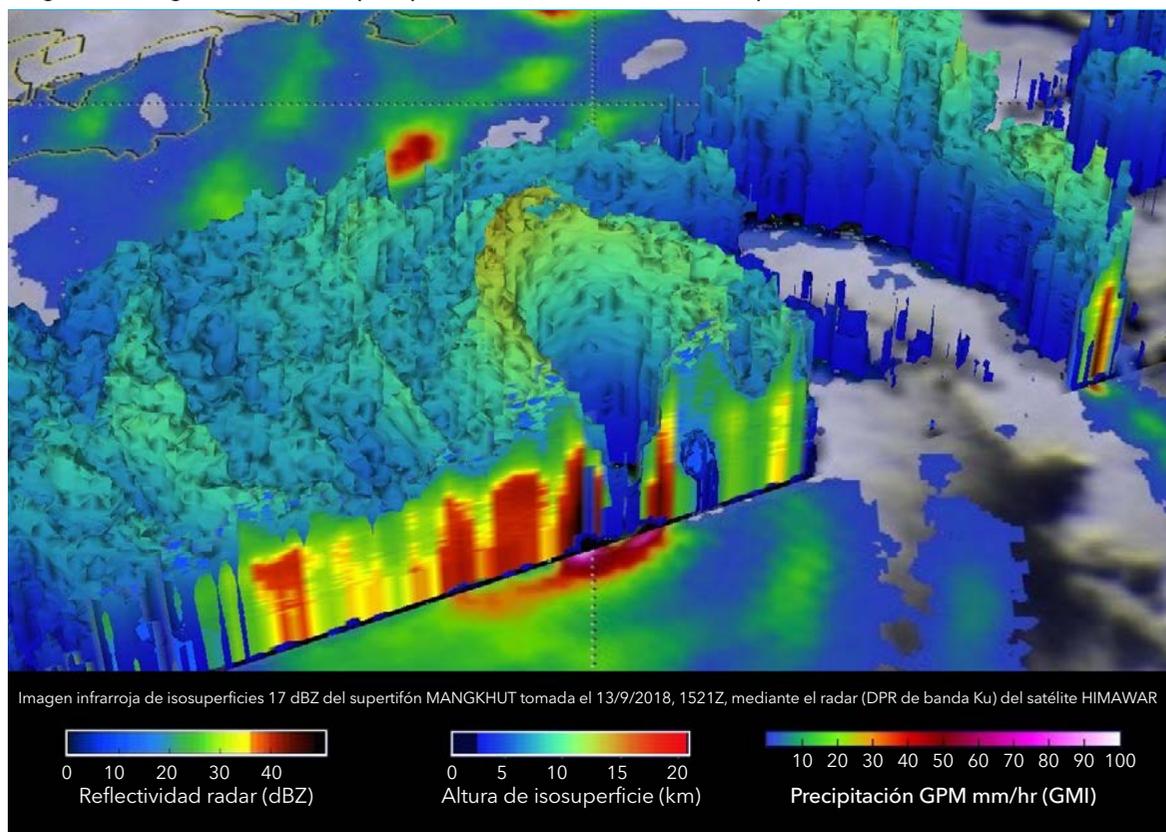
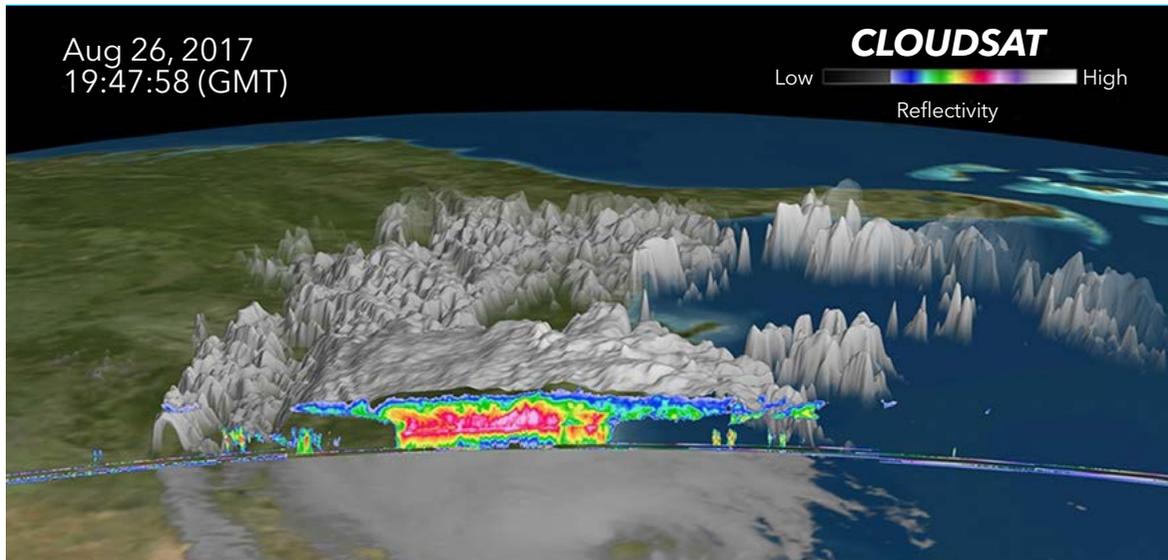


Figura 5 (Radar de perfil de nubosidad) - Imagen de la tormenta tropical Harvey generada mediante el radar CloudSat en agosto de 2017



La sección transversal tridimensional de este DPR GPM muestra el valor de los puntos más elevados de la tormenta y la intensidad de precipitación para la superficie vertical interna del ojo del MANGKHUT y otras bandas de lluvia.

Los sensores del radar de precipitación realizan una exploración en sentido perpendicular con respecto a la trayectoria del nadir para medir la señal de radar reflejada en la precipitación, a fin de determinar el índice de pluviosidad sobre la superficie de la Tierra, por lo general en zonas tropicales.

### Los radares de perfil de nubosidad proporcionan perfiles de reflectividad de nubosidad tridimensionales

El satélite [CloudSat JPL/NASA](#) incorpora un radar de 94 GHz para establecer perfiles de nubosidad sobre la superficie de la Tierra, con inclusión de perfiles de huracanes y de tormentas intensas. En la Figura 5 se muestra el perfil vertical de las profundas nubes de la tormenta tropical Harvey, establecido mediante el radar del CloudSat en agosto de 2017.

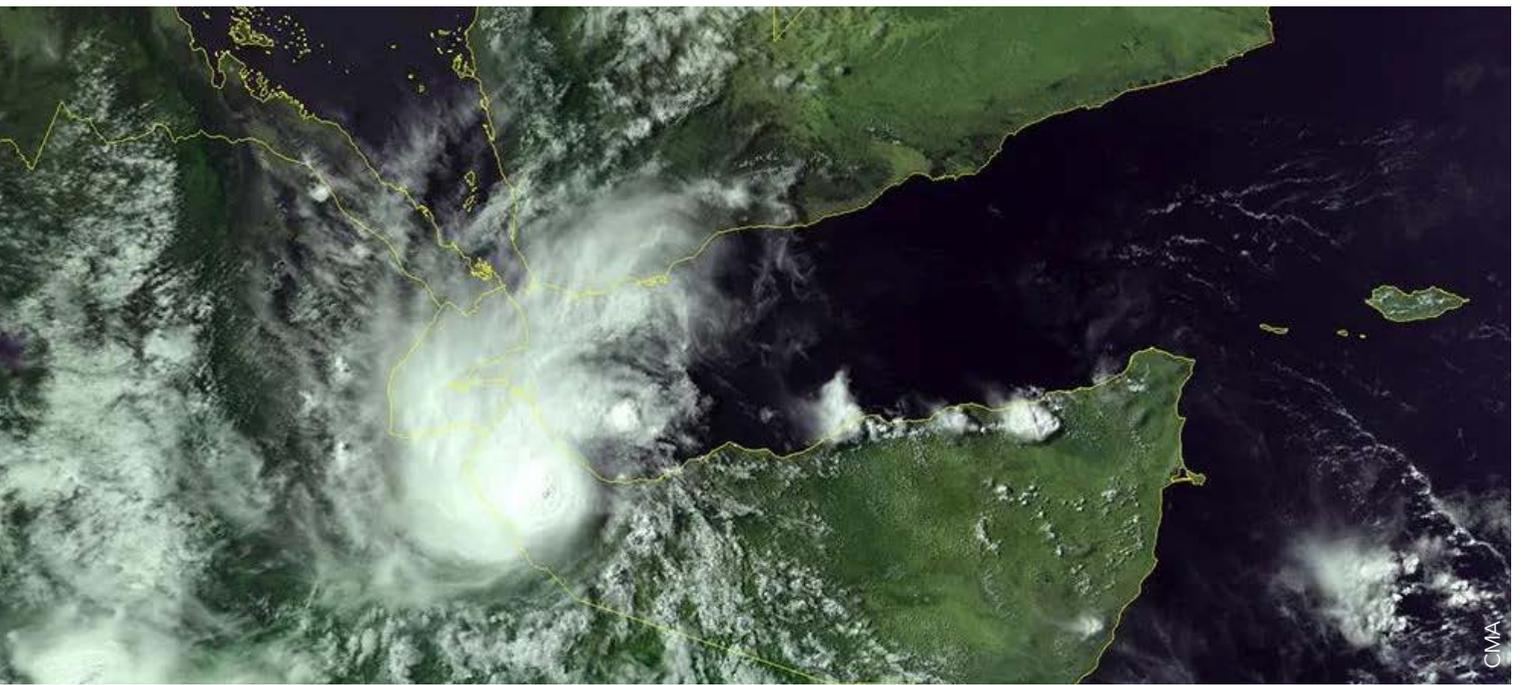
La imagen de CloudSat muestra una vista de cortina del aspecto de las nubes a lo largo de la línea roja desde el satélite Aqua de la NASA

Los sensores del radar de perfil de nubosidad se orientan hacia la dirección del nadir para medir la señal de radar reflejada en las nubes con objeto de determinar el perfil de reflectividad de nubosidad tridimensional sobre la superficie de la Tierra.

### Importancia de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales en órbita alrededor de la Tierra para predecir catástrofes y mejorar la calidad de vida

Los sensores activos a bordo de vehículos espaciales en órbita alrededor de la Tierra contribuyen notablemente a tener una comprensión más cabal de nuestro planeta. Dichos sensores han aumentado inconmensurablemente nuestra capacidad de medición y observación de la Tierra, nos ayudan a entender ésta como un sistema completo y facilitarán la predicción de catástrofes y la mejora de la calidad de vida en el futuro.

Nota: El estudio se llevó a cabo en el Jet Propulsion Laboratory del Instituto Tecnológico de California en el marco de una relación contractual con la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio.



En mayo de 2018, el satélite FY-3B realizó el seguimiento de la primera tormenta ciclónica Sagar sobre el Océano Índico septentrional, Centro Nacional de Meteorología por Satélite

## Cómo se utilizan los teledetectores para predecir el tiempo

Yu Yang

Ingeniero, Centro Nacional de Meteorología por Satélite, Administración Meteorológica de China (CMA), China

Los sistemas de teledetección que miden la energía que está disponible de forma natural se denominan "sistemas de teledetección pasiva". La detección pasiva sólo puede utilizarse para detectar energía cuando hay energía natural disponible, y la frecuencia de la detección pasiva depende de las características físicas. Esto significa que una banda de frecuencias de un sistema de detección pasiva sólo puede utilizarse para investigar una característica física, como la temperatura o la humedad, por ejemplo.

“Hoy en día, los pronósticos meteorológicos se hacen recogiendo la mayor cantidad de datos posible sobre el estado actual de la atmósfera como información para la predicción meteorológica numérica.”

Yu Yang

Muchas de estas características físicas proporcionan información valiosa para la meteorología y la oceanografía, para el pronóstico del tiempo, la predicción del clima y la vigilancia del medio ambiente.

Hay tres tipos principales de sensores pasivos: los sensores de imágenes, los sensores de sondeo atmosférico y los sensores de sondeo del limbo por microondas.

### **Sensores de imágenes**

Los sensores de imágenes pueden obtener datos ambientales producidos mediante algoritmos multivariados para recuperar simultáneamente un conjunto de parámetros geofísicos a partir de imágenes radiométricas de microondas multicanal calibradas.

### **Sensores de sondeo atmosférico**

Los sensores de sondeo atmosférico miden la distribución vertical de las propiedades físicas de la atmósfera, tales como presión, temperatura, velocidad del viento, dirección del viento, contenido de agua líquida, concentración de ozono, contaminación y otras propiedades.

### **Sensores de sondeo del limbo por microondas**

Los sensores de sondeo del limbo por microondas observan la atmósfera en direcciones tangenciales a las capas atmosféricas, y se utilizan para estudiar las regiones desde la atmósfera baja hasta la superior, donde las intensas actividades fotoquímicas pueden ejercer gran influencia en el clima terrestre.

### **Predicción numérica - Actuales sistemas de predicción meteorológica**

Al utilizar la limitada banda de frecuencias de un sistema de detección pasiva, los sensores pasivos proporcionan una forma y la capacidad de obtener observaciones de la Tierra y su atmósfera en todas las condiciones meteorológicas, durante todo el día, y a escala mundial. Estos datos de observación son la parte más importante a asimilar en el sistema de predicción meteorológica numérica (NWP), que es el método más popular para hacer pronósticos meteorológicos.

La predicción meteorológica numérica predice el tiempo utilizando "modelos" de la atmósfera y técnicas de computación. Los modelos numéricos de predicción meteorológica toman los datos como punto de partida para evaluar el estado de la atmósfera con anticipación, utilizando la física y ecuaciones de dinámica de fluidos.

Las ecuaciones diferenciales parciales utilizadas como guía se complementan con parametrizaciones para la difusión turbulenta, la radiación, los procesos húmedos, el intercambio de calor, el suelo, la vegetación, las aguas superficiales y los efectos cinemáticos del terreno.

Las complicadas ecuaciones que explican cómo cambia el estado de un fluido con el tiempo requieren supercomputadoras para resolverlas. Hoy en día, el pronóstico del tiempo es la aplicación de la actual tecnología basada en la ciencia orientada a la predicción numérica del tiempo, para predecir el estado de la atmósfera en el futuro y en un lugar determinado.

### **Los datos - clave para la predicción meteorológica numérica (NWP)**

Hoy en día, los pronósticos meteorológicos se hacen recogiendo la mayor cantidad de datos posible sobre el estado actual de la atmósfera, en particular la temperatura, la humedad y el viento, y utilizando la comprensión de los procesos atmosféricos a través de la meteorología para determinar cómo evolucionará la atmósfera en el futuro. Por lo tanto, los datos de los sensores pasivos proporcionan información para las ecuaciones de predicción meteorológica numérica como la presión atmosférica, la temperatura, la velocidad del viento, la dirección del viento, la humedad y la precipitación. Estos datos son la clave para los actuales pronósticos meteorológicos.

### **Protección de las bandas de detección pasiva en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones**

Los sensores pasivos se diseñan de forma similar a los instrumentos de radioastronomía, que detectan emisiones de muy baja potencia. La interferencia es un problema para cualquier instrumento de detección pasiva. Afortunadamente, la UIT ya ha elaborado una serie de recomendaciones a este respecto, y abordará la cuestión de la protección de la utilización de las bandas de detección pasiva durante la próxima [Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019](#).

■

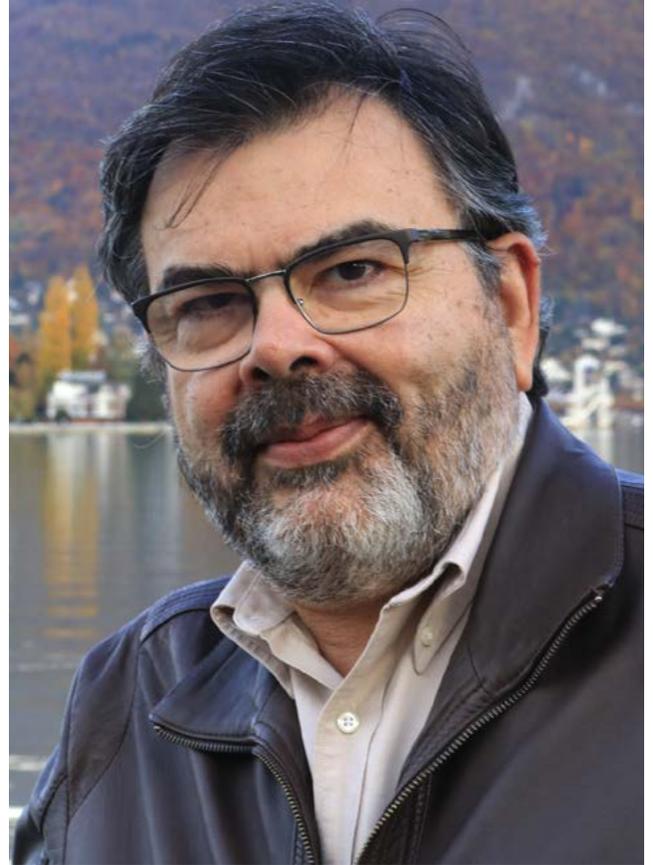
*“La UIT ya ha elaborado una serie de recomendaciones... y abordará la cuestión de la protección de la utilización de las bandas de detección pasiva durante la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019.”*

Yu Yang

## Proteger el espectro de los sensores de observación de la Tierra por el bien de la sociedad

Gilberto Câmara

Director de la Secretaría, Grupo de Observación de la Tierra (GEO)



Los datos de los satélites son esenciales para una amplia gama de procesos de toma de decisión que protegen y preservan nuestro medio ambiente y nuestras comunidades. Los satélites facilitan datos básicos para la predicción numérica del tiempo, la medición del balance de radiación de la Tierra y la disminución de la capa de ozono, la estimación de los recursos de aguas subterráneas, el seguimiento de la dinámica de los océanos y la evaluación de la productividad terrestre y marítima.

El desarrollo sostenible es un proceso a largo plazo. Para apoyar la creación de indicadores para los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS), necesitamos conjuntos de datos procedentes de múltiples satélites, a largo plazo y listos para su análisis. Los conjuntos de datos a largo plazo son esenciales para proyectar futuras tendencias, y los grandes conjuntos de datos de sensores múltiples y listos para su análisis son un requisito importante para aprovechar las observaciones de la Tierra a fin de apoyar los ODS.

“Los datos de los satélites son esenciales para una amplia gama de procesos de toma de decisión que protegen y preservan nuestro medio ambiente y nuestras comunidades.”

Gilberto Câmara

## Bandas de radiofrecuencias - esenciales para la observación de la Tierra

Las radiofrecuencias han sido un tema importante para la observación de la Tierra, especialmente teniendo en cuenta que las bandas de frecuencias son esenciales para observar los parámetros físicos de la Tierra por medio de sensores pasivos. En caso de conflicto en la atribución de espectro entre los sensores de observación de la Tierra y los servicios comerciales, debe protegerse el espectro dedicado de manera que pueda transmitirse la información de los sensores sin interrupción ni degradación. Como demuestra el trabajo de la comunidad del Grupo de Observación de la Tierra (GEO), hay cientos de casos de utilización de datos de satélite que demuestran la posible repercusión que pueden tener unos flujos de datos sostenidos y de calidad que hacen posibles las atribuciones de espectro apropiadas sobre los objetivos medioambientales y de desarrollo.

La Iniciativa de Seguimiento Agrícola Mundial del GEO (GEOGLAM) utiliza datos de varios sensores a bordo de vehículos espaciales para la lucha contra la inseguridad alimentaria y la volatilidad de los precios de los alimentos. Se crean mapas de utilización

del suelo utilizando datos ópticos y de radares (MODIS, Landsat, RADARSAT-2, ALOS-2, TerraSAR). La información agrícola depende de conjuntos de datos clave de precipitaciones, temperatura en la superficie, humedad del suelo, evapotranspiración y caudales que requieren sensores no ópticos pasivos y activos a bordo de estaciones espaciales (GPM, SMAP y SMOS) que necesitan protección del espectro.

## Contribuir al ODS 6: Agua potable y saneamiento

El Sistema Integrado de Análisis de Inundaciones del Centro Internacional para la Gestión de los Peligros y Riesgos ligados al Agua (ICHARM) contribuye al ODS 6 (Agua potable y saneamiento) y al Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, al permitir una mejor predicción de las inundaciones utilizando datos de pluviometría (GSMaP) recopilados en satélites y estaciones terrenas para calcular las condiciones de caudal. El GSMaP es un mapa mundial de pluviometría producido en tiempo casi real a partir de datos de radiómetro de microondas, datos térmicos infrarrojos y otros datos meteorológicos.

6 CLEAN WATER AND SANITATION





## Seguimiento del crecimiento urbano - ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

La Capa de Asentamientos Humanos Mundiales (GHSL), un producto de la [Iniciativa Planeta Humano del GEO](#), permite a los responsables políticos realizar un seguimiento del crecimiento urbano con arreglo al [ODS 11](#) (Ciudades y comunidades sostenibles), facilitando información espacial mundial sobre asentamientos humanos a lo largo del tiempo, incluyendo mapas de superficie construida, densidad de población y asentamientos. Esta información se obtiene a partir de sensores de radar (Sentinel-1, Envisat) y de sensores ópticos (Landsat y Sentinel-2). Los sensores de radar permiten el seguimiento en todas las condiciones meteorológicas, lo que permite un mejor análisis en zonas tropicales y otras zonas donde la cubierta de nubes supone un desafío para los sensores ópticos.

El Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) especifica conjuntos de datos de Variables Climáticas Esenciales (VCE) que proporcionan pruebas empíricas para entender y predecir la evolución del clima, orientar las medidas de mitigación y adaptación, evaluar los riesgos y permitir la atribución de eventos climáticos a causas subyacentes, y que sirven de base para los servicios climáticos.

Son necesarios para apoyar la labor de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). En la actualidad, más de la mitad de las 55 VCE se benefician sustancialmente de la observación por satélite.

## Importancia de la protección de los datos de observación de la Tierra

Estas son sólo algunas de las numerosas aplicaciones basadas en datos procedentes de la teleobservación de la Tierra que está empleando la comunidad del GEO. Por tratarse de un recurso con inmenso valor social, la protección de estos datos debería ser un objetivo esencial de los órganos de gobierno. Es preciso gestionar los posibles conflictos entre el espectro que se requiere para la observación de la Tierra y las solicitudes de los servicios comerciales y otros usuarios a fin de proteger flujos de datos continuos y fiables destinados a los investigadores y los responsables políticos, a fin de apoyar mejores políticas en pro del bien común.

## El problema de la interferencia asociado a la detección pasiva a escala mundial

Josef Aschbacher

Director de los Programas de Observación de la Tierra de la Agencia Espacial Europea (ESA)



**E**n el presente artículo se aborda el modo en que la interferencia de determinados servicios de radiofrecuencia puede afectar a los sistemas pasivos de teledetección por microondas, y en consecuencia, a aplicaciones de observación de la Tierra que revisten gran importancia y dependen de las mediciones de dichos sistemas. También se analiza la importancia de las disposiciones pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) para evitar la interferencia perjudicial. En otros artículos de la presente edición de la revista Actualidades de la UIT se aborda la importancia del espectro, la función de observación de la Tierra, la especificidad de la teledetección pasiva y el alcance internacional de ese servicio.

Los sensores pasivos utilizan una cantidad limitada de bandas identificadas en el RR con arreglo al tipo de emisiones desde la tierra, la atmósfera o el océano, en una amplia gama espectral de frecuencias de ~1 GHz a ~1 THz. Permiten medir el umbral mínimo de emisión radiactiva natural de fondo, teniendo en cuenta que es probable que cualquier señal artificial (por ejemplo, de comunicaciones o de radar) por encima de ese umbral de emisión natural interfiera en las mediciones. Esa interferencia sólo se puede tolerar si su energía está muy por debajo del nivel de sensibilidad del sensor.

*“En el orden del día de la CMR-19 figuran cuatro puntos en los que se abordan las posibles emisiones no deseadas en las bandas de detección pasivas.”*

Josef Aschbacher

Habida cuenta de la baja intensidad de las emisiones naturales, aun niveles muy bajos de interferencia de radiofrecuencia (RFI) pueden degradar las mediciones de un sensor pasivo.

Las necesidades comerciales están dando lugar a una cantidad cada vez mayor de aplicaciones comerciales, incluidas sus correspondientes necesidades de espectro, que abarcan no sólo las gamas congestionadas del espectro de radiofrecuencias (RF), sino también frecuencias más elevadas. Esa situación está provocando gran inquietud en relación con la protección de aplicaciones críticas para la observación de la Tierra (OE).

### **Repercusiones económicas y sociales de la interferencia perjudicial en la teledetección pasiva**

Las aplicaciones operacionales y de investigación para el estudio de la Tierra requieren zonas de medición a escala mundial en varias bandas de frecuencias atribuidas al Servicio de exploración de la Tierra por satélite, SETS (pasivo). Las mediciones pasivas por microondas también constituyen un factor clave para la predicción meteorológica numérica (PMN) y son fundamentales para otras aplicaciones, en particular la vigilancia y predicción climáticas, la hidrología, la gestión de la tierra y la agricultura, la predicción y gestión de catástrofes naturales (por ejemplo, inundaciones, seísmos o actividad volcánica), y muchas otras esferas de interés público y privado. Existen múltiples bandas del SETS (pasivo) que son primordiales para los sistemas operacionales. Si las observaciones de detección pasiva se ven dificultadas por la interferencia de fuentes artificiales, no existe ninguna banda o técnica alternativa que pueda emplearse. En consecuencia, la alteración de los datos de las mediciones debido a

la interferencia repercutirá en el rendimiento de los sistemas de alerta basados en sistemas de predicción numérica altamente estratégicos.

Ello supondría un retroceso con respecto a las capacidades actuales y las futuras, con las consiguientes pérdidas en las inversiones de gobiernos, organismos espaciales y órganos comerciales.

### **Necesidades específicas para la teledetección pasiva**

Si el nivel de RFI supera ampliamente el nivel de emisión natural plausible, se puede detectar la interferencia y descartar las mediciones. Ello dará lugar a deficiencias de cobertura del sensor, y dificultará la comprensión de los complejos fenómenos mundiales que son objeto de estudio, así como de cualquier evento a nivel local. Sin embargo, si el nivel de interferencia es menor y las mediciones resultantes son plausibles, la interferencia podría pasar desapercibida y los datos alterados se confundirían con datos válidos. El análisis de esos datos alterados sería muy inexacto.

La mayoría de los sensores pasivos no permiten diferenciar la radiación natural de la artificial, y los errores en los datos no pueden detectarse ni corregirse. Por ejemplo, en meteorología (predicción meteorológica a corto y medio plazo), ello daría lugar a una reducción del factor de calidad asociado a esas mediciones por satélite, lo que representaría un retroceso con respecto a los numerosos avances logrados en la esfera de la meteorología por satélite. En consecuencia, el mantenimiento de la integridad de los datos depende de la prevención de la interferencia perjudicial provocada por fuentes artificiales por medio de la definición, aplicación y cumplimiento de las disposiciones pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones.

## La protección de los sistemas de teledetección pasiva en el Reglamento de Radiocomunicaciones

A mediados del decenio de 1990 se aprobaron las primeras [Recomendaciones](#) (normas técnicas) del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) relativas a los criterios de protección frente a la interferencia de los sensores espaciales. Puesto que los sistemas terrenales funcionaban principalmente en bandas de baja frecuencia, se prestó poca atención al modo de funcionamiento de los servicios activos con objeto de evitar que éstos superaran los criterios de protección y provocaran interferencia perjudicial a los sensores pasivos. Las primeras limitaciones reglamentarias explícitas para proteger los sensores se establecieron únicamente a partir de 2000, mediante la protección de la banda 18,6-18,8 GHz, por ejemplo. Transcurrió algún tiempo antes de que se aceptaran los conceptos clave relativos a las evaluaciones de RFI y se tuvieran en cuenta los análisis de compartición y compatibilidad. Cabe destacar los conceptos de efecto combinado de múltiples fuentes de interferencia, la repercusión de las emisiones no deseadas de los servicios en bandas adyacentes y la distribución del balance de RFI con respecto a varios tipos de fuentes de interferencia.

En la actualidad, los criterios sobre calidad de funcionamiento e interferencia relativos a los sensores pasivos figuran en la Recomendación [UIT-R RS.2017](#).

### El problema, cada vez más acuciante, de la interferencia perjudicial a los sensores pasivos

Pese a las mejoras reglamentarias logradas, a través de imágenes recientes obtenidas mediante sensores pasivos se ha puesto de manifiesto una cantidad cada vez mayor de incidencias de RFI. En particular, se ha registrado interferencia perjudicial en las bandas identificadas con arreglo al número

5.340 del RR, en virtud del cual se prohíben las emisiones en varias bandas pasivas.

Ello obedece:

- al gran aumento de la cantidad y los tipos de usuarios de espectro activos;
- a la capacidad de los dispositivos de radiofrecuencia activos para funcionar en bandas de frecuencias cada vez más elevadas (por ejemplo, en las bandas Ka, Q, V y W) que antes sólo utilizaban sensores pasivos;
- a la generalización del uso de dispositivos de bajo coste sin licencia cuyo funcionamiento no siempre cumple lo dispuesto en el RR, o no se vela por su cumplimiento.

La RFI en sensores pasivos proviene habitualmente de emisores terrestres dispersos sobre la superficie de la Tierra a escala mundial. La mayoría de los sensores no permiten la localización de las fuentes interferentes, especialmente si la RFI proviene de múltiples fuentes de interferencia combinadas de poca intensidad. Sólo permiten identificar amplias zonas afectadas por interferencia perjudicial, que a menudo abarcan varios países. Poco se puede hacer en ese caso para proteger los sensores. El ajuste de los límites de los servicios activos que figuran en el RR requiere tiempo y sus resultados se constatan únicamente muchos años después de identificarse el problema de la interferencia, de ahí la importancia de definir límites adecuados desde el principio.

Con respecto a los pocos radiómetros que permiten algún tipo de localización de la fuente de interferencia, en la Recomendación [UIT-R RS.2106](#) se facilita la notificación y resolución de casos de RFI que afectan a sensores pasivos. En relación con los múltiples casos de RFI notificados por sistemas de comunicaciones terrenales y espaciales, se subestima el problema de la interferencia a los sensores pasivos, puesto que muchos casos de RFI no se notifican a la administración con jurisdicción en el territorio en el que se localiza la fuente de RFI, ni a la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT.

## Ejemplo de interferencia: la experiencia de SMOS

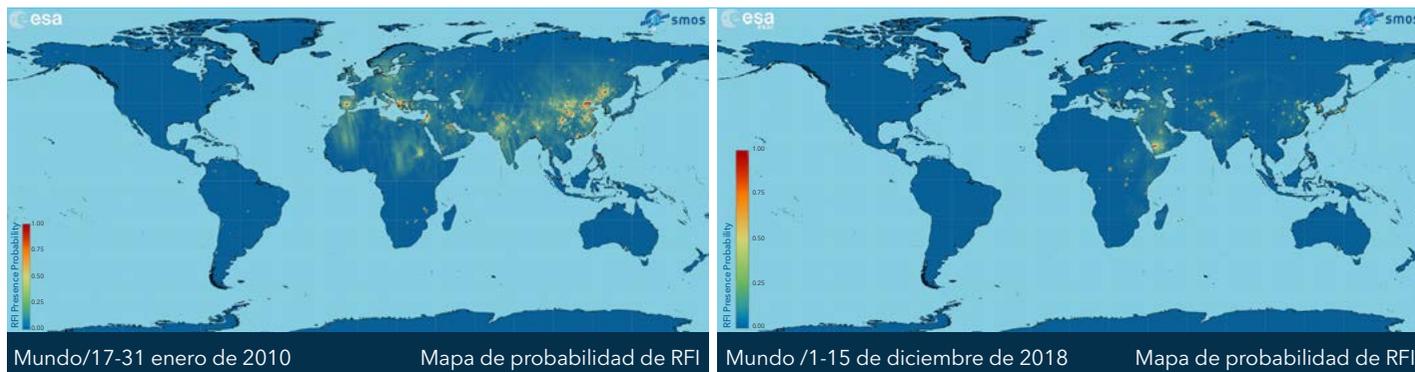
El satélite **SMOS**, lanzado en noviembre de 2009, forma parte de una misión de la Agencia Espacial Europea (ESA) para satisfacer la necesidad de realizar observaciones de alta calidad a escala mundial de la humedad del suelo y de la salinidad del océano desde el espacio. Ambos parámetros son variables clave que permiten describir el ciclo hidrológico de la Tierra y se consideran variables climáticas esenciales.

La carga útil del SMOS consiste en un radiómetro interferométrico pasivo de imágenes por microondas que funciona en la banda de 1 400-1 427 MHz (solo pasiva). Desde que comenzó su funcionamiento, su radiómetro ha sido objeto de RFI en numerosas ocasiones con arreglo a una amplia distribución geográfica, con el consiguiente deterioro de las mediciones del SMOS. Esa interferencia también ha sido detectada por los radiómetros de las misiones SMAP y AQUARIUS de la NASA (véase el Informe [UIT-R RS. 2315](#)). A diferencia de la mayoría de los demás radiómetros, las características del sensor SMOS permiten a los científicos determinar con gran precisión la ubicación de una fuente interferente (0,5-4 km).

Sobre la base de esa información, la ESA inició en 2010 un largo proceso de interacción con muchas administraciones nacionales de todo el mundo. La ubicación e intensidad de las fuentes de RFI en su territorio se han notificado a las administraciones pertinentes, de conformidad con las directrices que figuran en la Recomendación [UIT-R RS.2106](#). La situación de interferencia del SMOS a nivel general se supervisa sistemáticamente y las fuentes de RFI se catalogan en función de su geolocalización e intensidad. A lo largo de los años se ha constatado una mejora considerable gracias a esas interacciones y a la cooperación de muchas administraciones (véase la Figura 1).

El número de fuentes interferentes de gran intensidad (a saber, de temperatura de brillo superior a 5 000 Kelvin) ha pasado de 136 fuentes de RFI, en 2010, a 60 fuentes RFI, en 2018. Sin embargo, si bien se ha constatado una mejora real de la situación, a finales de 2018 todavía existían 470 fuentes de RFI activas y el nivel de degradación de los datos sigue constituyendo motivo de inquietud (Figura 2).

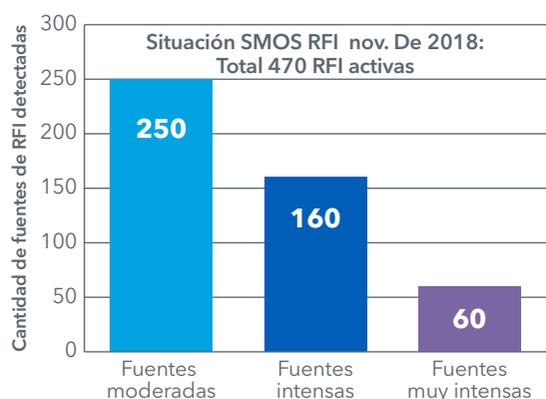
Figura 1: Mapas de probabilidad de RFI generados mediante el SMOS en los que se representa la mejora registrada de 2010 a 2018 en la distribución de las fuentes de interferencia en todo el mundo



Créditos: Agencia Espacial Europea

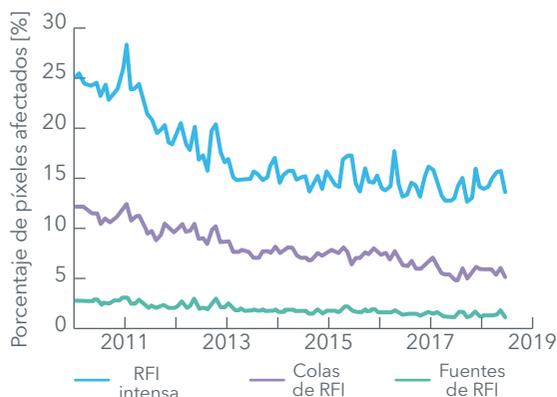
Dicha mejora ha permitido aumentar sustancialmente la cantidad de datos no alterados por la RFI perjudicial. En el siguiente cuadro (Figura 3) se presenta la evolución temporal del porcentaje de píxeles terrestres alterados por la RFI, según las observaciones del SMOS.

**Figura 2: Datos estadísticos a escala mundial sobre la cantidad de fuentes de RFI detectadas por el radiómetro SMOS en la banda pasiva 1 400-1 427 MHz**



*Nota: Las fuentes de RFI del SMOS se clasifican con arreglo a su intensidad, a saber, "muy intensa" para temperatura de brillo (BT)  $\geq 5\ 000\ K$ ; "intensa", para  $5\ 000\ K > BT \geq 1\ 000\ K$ ; y "moderada", para  $1\ 000\ K > BT \geq 350\ K$*

**Figura 3: Evolución del valor porcentual relativo a la cantidad de píxeles del SMOS sobre el terreno afectados por RFI de 2010 a 2018. Créditos: ESA**



Fuente: Agencia Espacial Europea

Las fuentes de interferencia identificadas son, por lo general, sistemas de radar que funcionan en bandas adyacentes con niveles de emisiones no deseadas demasiado elevados, enlaces radioeléctricos de funcionamiento deficiente y sistemas de radiodifusión no autorizados que funcionan en la banda pasiva. En el futuro deberían evitarse situaciones de índole similar debido a la gran carga de trabajo que conllevan para el operador de satélites, las administraciones participantes y la UIT para tratar de identificar y eliminar las fuentes de interferencia. Por otro lado, el funcionamiento de los satélites y la eficacia de las misiones a nivel científico se ven gravemente perturbados.

### Puntos del orden del día de la CMR-19 susceptibles de revestir gran importancia con respecto a la teledetección

Uno de los principales retos de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR19) consistirá en lograr un equilibrio adecuado entre la demanda de servicios activos para una mayor utilización del espectro y el derecho de los usuarios pasivos a seguir sus operaciones sin que estas sean objeto de RFI perjudicial. La experiencia pone de manifiesto que si los dispositivos activos se despliegan sin las condiciones regulatorias adecuadas para proteger los sensores pasivos, resulta sumamente complejo restaurar un entorno viable para los sensores pasivos. Como se ha señalado anteriormente, ello es primordial para las aplicaciones de predicción meteorológica numérica y los servicios de cambio climático de gran repercusión estratégica en los planos económico y social.

En el orden del día de la CMR-19 figuran cuatro puntos en los que se abordan las posibles emisiones no deseadas en las bandas de detección pasivas (puntos 1.6, 1.13, 1.14 y 9.1.9), que requerirán el establecimiento de límites adecuados para las emisiones no deseadas:

- Punto 1.13 del orden del día: el espectro para las IMT-2020/5G es objeto de estudio en las bandas 24,25-27,5 GHz, 31,8-33,4 GHz, 37-43,5 GHz, 45,5-50,2 GHz, 50,4-52,6 GHz, 66-76 GHz y 81-86 GHz.
- Punto 1.14 del orden del día: identificación de espectro suplementario para estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) en varias bandas, en particular en las bandas 21,4-22 GHz y 24,25-27,5 GHz, y posible modificación de notas y resoluciones existentes, en particular en las bandas 6 440-6 520 MHz y 31-31,3 GHz.
- Punto 1.6 del orden del día: formular un marco reglamentario para sistemas de satélite no OSG (del SFS) que funcionen en las bandas de frecuencias 37,5-39,5 GHz (espacio-Tierra), 39,5-42,5 GHz (espacio-Tierra), 47,2-50,2 GHz (Tierra-espacio) y 50,4-51,4 GHz (Tierra-espacio).
- Punto 9.1.9 del orden del día: posible atribución de la banda de frecuencias 51,4-52,4 GHz al servicio fijo por satélite (Tierra-espacio).

En la Figura 4 se representan gráficamente las bandas de frecuencias anteriormente mencionadas.

Con respecto a los límites reglamentarios de los dispositivos IMT-2020 (AI 1.13), se deberá tener en cuenta la gran cantidad de dichos dispositivos a largo plazo, no solo la cantidad limitada prevista en el despliegue inicial. El establecimiento de límites con cierta tolerancia en la CMR-19 daría lugar a una situación irreversible a largo plazo en relación con los sensores.

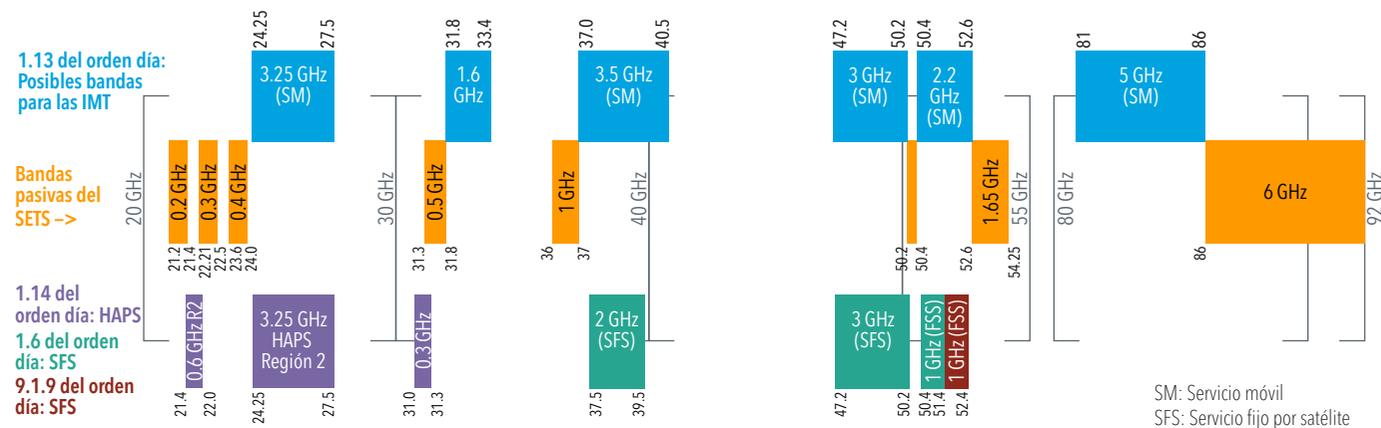
El punto 1.15 del orden día de la CMR-19, que trata de la identificación de bandas para los servicios fijo y móvil terrestre en la gama 275-450 GHz, también

*“Las generaciones futuras deben seguir gozando de los beneficios sociales y económicos que brindan los sistemas de teledetección en las esferas de la meteorología, la climatología, la ordenación del territorio y la gestión hídrica, la agricultura y la predicción de catástrofes naturales, entre otros muchos ámbitos de interés público y privado.”*

Josef Aschbacher

podría tener repercusiones en los servicios pasivos. Si bien en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del RR no figura ninguna referencia por encima de 275 GHz, en la gama 275-450 GHz, existen varias bandas de interés para aplicaciones del servicio pasivo, que se identifican y protegen en el número 5.565 del RR. En consecuencia, en los estudios deberá ponerse de manifiesto la compatibilidad de los nuevos servicios activos con las operaciones de los sistemas de teledetección pasivos.

Figura 4: Bandas de frecuencias del servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) que pueden verse afectadas por las emisiones no deseadas demasiado intensas de los sistemas IMT-2020/servicio móvil (SM) 5G (punto 1.13 del orden del día de la CMR-19); sistemas de estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) (punto 1.14 del orden día); y/o futuros sistemas del servicio fijo por satélite (SFS) (puntos 1.6 y 9.1.9 del orden del día)



## Conclusión

En la Figura 5 se representan gráficamente los motivos fundamentales del aumento previsto de la RFI a la teledetección pasiva. La única forma de mitigar el problema es definir límites apropiados y aplicables en las Recomendaciones del RR y del UIT-R para los sistemas activos que puedan repercutir en las mediciones de los sensores pasivos.

Las generaciones futuras deben seguir gozando de los beneficios sociales y económicos que brindan los sistemas de teledetección en las esferas de la meteorología, la climatología, la ordenación del territorio y la gestión hídrica, la agricultura y la predicción de catástrofes naturales, entre otros muchos ámbitos de interés público y privado. A tal efecto, todas las administraciones deben obrar con prudencia con una visión a largo plazo.

Figura 5: Motivos del aumento de RFI a los sistemas de teledetección pasivos



## La importante contribución de la teledetección pasiva por microondas a la predicción meteorológica numérica y cómo puede abordarse la interferencia radioeléctrica en la CMR-19

Stephen English

Jefe de la Sección de Asimilación de Sistemas Terrenos, Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (CEPMMP)

**A**l adoptar la [Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible](#), los líderes mundiales convinieron en la necesidad de contar con un marco mundial de indicadores para avanzar hacia el logro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus 169 metas asociadas.

La predicción numérica del tiempo (PNT) desempeña una función crucial en la mayoría de los ODS, por ejemplo, Hambre cero, Vida de ecosistemas terrestres y Ciudades y comunidades sostenibles. La PNT es uno de los pilares fundamentales para conseguir una reducción sustancial del riesgo de desastres y de las pérdidas ocasionadas por los desastres, tanto en vidas, medios de subsistencia y salud como en bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ambientales de las personas, las empresas, las comunidades y los países., como se establece en el [Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres](#) de las Naciones Unidas.



“En estas aplicaciones de PNT, el espectro de radiofrecuencias es crucial para las observaciones meteorológicas por satélite y para las comunicaciones.”

Stephen English

## Observaciones precisas para la predicción meteorológica

Los sistemas nacionales de alerta temprana se apoyan en la PNT, igual que las predicciones meteorológicas diarias. A su vez, la PNT se basa en observaciones precisas. La PNT puede analizar los sistemas meteorológicos en sus primeras etapas de desarrollo e incluso predecir su génesis, lo que permite emitir una alerta temprana con tiempo para adoptar las medidas necesarias. Para ello se requiere un sistema de observación global con un gran componente espacial que pueda crear una estimación de las condiciones meteorológicas actuales, en todo el mundo. Con esta estimación, los modelos matemáticos de la atmósfera y los océanos pueden predecir el tiempo futuro.

En estas aplicaciones de PNT, el espectro de radiofrecuencias es crucial para las observaciones meteorológicas por satélite y para las comunicaciones. Se necesitan mediciones muy precisas, y los errores de las observaciones, incluso los más pequeños, reducen la eficacia de la PNT. La PNT, además de ser decisiva para la seguridad pública, contribuye enormemente a la economía en todos sus aspectos, desde la aviación, el transporte marítimo y el tráfico hasta la agricultura y la gestión de la estabilidad de la red eléctrica en favor de las energías renovables.

Un estudio cuantitativo reciente de la [UK Met Office](#), el servicio meteorológico oficial del Reino Unido, valoró en 61.400 millones de euros los beneficios socioeconómicos anuales de la información de la predicción meteorológica en la Unión Europea, según los precios de 2010 y apoyándose en una serie de estudios independientes.

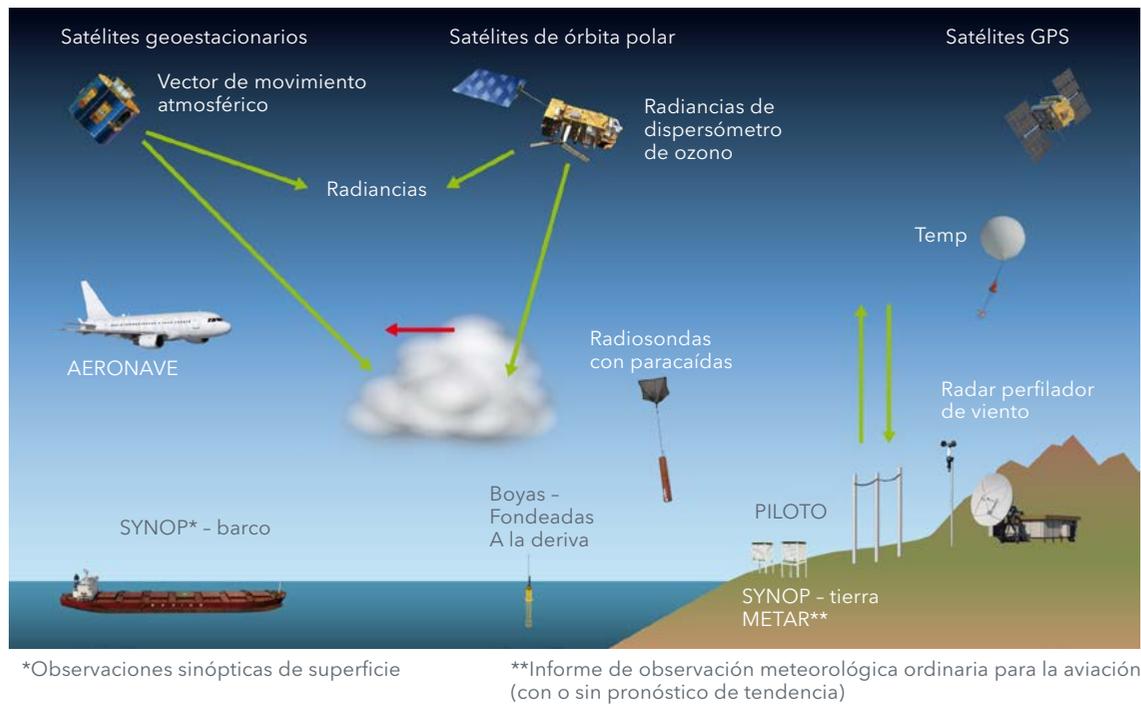
## Acerca de los modelos numéricos de predicción meteorológica

Son muchos los países de todo el mundo que utilizan modelos de PNT cuyos datos de entrada son las observaciones meteorológicas transmitidas desde satélites de observación de la Tierra, radiosondas, aeronaves y otros sistemas de observación (véase la Figura 1). Algunos modelos de PNT tienen carácter global, mientras que otros cubren una región local de manera más detallada.

Muchas observaciones por satélite para la PNT utilizan técnicas de detección pasiva en bandas de radiofrecuencias, por lo que dependen de las atribuciones del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS). Entre las características de absorción de la atmósfera figuran las crestas de absorción debidas a la resonancia molecular de los gases atmosféricos, y el continuum de vapor de agua y la absorción y dispersión de las nubes, que aumentan con la frecuencia.

Por debajo de 10 GHz, la atmósfera es prácticamente transparente, incluso en presencia de nubes. Estas frecuencias bajas detectan directamente la superficie de la Tierra. A 18 GHz, debido a las propiedades dieléctricas del agua de mar, la emisión es casi independiente de la temperatura superficial del mar, por lo que la emisión de la superficie es sensible principalmente al estado del mar y las olas pequeñas. A 22-24 GHz existe una débil línea de absorción de agua cuya medición ofrece información sobre el vapor de agua total en columna. A 31 GHz se obtienen datos sobre el contenido de agua líquida de las nubes.

Figura 1: Como parte de sus actividades de vigilancia y asimilación de los datos operativos diarios, el CEPMMP procesa sistemáticamente los datos de unos 90 productos de datos de satélite. En total se procesan y utilizan 40 millones de observaciones al día, y la gran mayoría de ellas son mediciones por satélite. Sin embargo, el CEPMMP también aprovecha todas las observaciones disponibles de fuentes ajenas a los satélites, como los informes de aeronaves y de superficie.

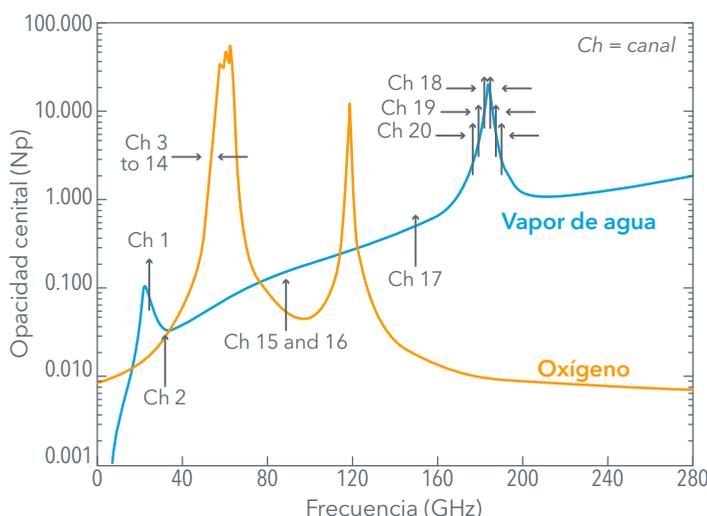


Fuente: <https://www.ecmwf.int/en/research/data-assimilation/observations>

Hay una fuerte banda de absorción de oxígeno a 50-60 GHz. Esta importante característica espectral nos permite recopilar información sobre la estructura 3D de la temperatura atmosférica con muy poco impacto de las nubes y el vapor de agua. La principal característica espectral de interés por encima de 60 GHz es la raya del vapor de agua a 183 GHz, que ofrece información sobre la estructura 3D del vapor de agua. Las frecuencias superiores a 200 GHz facilitan información muy pormenorizada sobre los gases traza y las nubes de hielo.

La frecuencia de todas estas características espectrales se basa en las leyes de la física y, por tanto, está determinada por la naturaleza; además, se trata de un activo único que no puede sustituirse con otras mediciones (véase la Figura 2). Cada banda del SETS ofrece información crucial para la avanzada predicción meteorológica actual.

Figura 2: Opacidad atmosférica en la gama de frecuencias 0-280 GHz y representación de frecuencias utilizadas por los canales de la sonda perfeccionada de microondas (canales 1-15 de la AMSU-A, canales 16-20 de la AMSU-B), uno de los instrumentos más importantes de la PNT que el Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico y la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos llevan operando ininterrumpidamente desde 1998 en una secuencia de satélites operativos, junto con numerosos instrumentos de nueva generación, como el MWTS-2 y el MWHS-2 de China, el MTVZA-GY de Rusia and y el ATMS de los Estados Unidos.



Fuente: Fuente: English, S. J.; Guillou, C.; Prigent, C.; y Jones, D. C. (1994), *Aircraft measurements of water vapour continuum absorption at millimetre wavelengths*.

Las evaluaciones del impacto de las observaciones meteorológicas concluyeron que, hoy en día, las observaciones de microondas son el sistema de observación por satélite más utilizado en la PNT mundial y representan entre el 30% y el 40% aproximadamente de la mejora global en la capacidad de predicción a corto plazo. La degradación de las previsiones sin observaciones de microondas conlleva, en promedio, una pérdida de 3-6 horas para la capacidad de predicción de casi todos los centros. En otras palabras, si no dispusiéramos de observaciones de microondas, se ofrecería el mismo nivel de orientación en materia de predicciones entre 3 y 6 horas más tarde.

Esto se traduce en una pérdida de tiempo significativa para la emisión de avisos, por ejemplo, sobre fenómenos meteorológicos graves, en todos los sistemas de PNT del mundo.

Un estudio realizado por el Centro europeo de predicción meteorológica a medio plazo (CEPMMP) también demostró la pérdida de resiliencia que sufriría el sistema de observación como consecuencia de la pérdida de datos de microondas.

De hecho, la degradación derivada de la pérdida de observaciones de infrarrojos hiperespectrales se multiplica cuando no se cuenta con observaciones de microondas y, llegado el caso, muchos lugares no conocerían los peligros climáticos inminentes ni estarían preparados para ellos.

El impacto general en los sistemas de PNT mundiales también se refleja en los sistemas de PNT regionales. Un estudio reciente del servicio meteorológico de Noruega ha detectado una degradación importante de las previsiones de su sistema regional en ausencia de datos de microondas.

Se debe prestar una atención especial a los requisitos de la predicción meteorológica operativa. Sin embargo, la vigilancia y la predicción del clima también tienen otros requisitos adicionales, que dependen también de las observaciones mediante sensores remotos pasivos de microondas.

### **Interferencia de radiofrecuencia y pérdida de banda potencial**

Los usuarios de la PNT ya están observando indicios de interferencias de radiofrecuencia (IRF) en las bandas de frecuencias C, X y K, sobre todo en el AMSR2, el radiómetro de exploración en microondas avanzado utilizado por el Japón. La pérdida de estas y otras bandas afectaría negativamente a los sistemas nacionales de advertencia meteorológica y a nuestra capacidad para vigilar el cambio climático.

*“La pérdida de estas y otras bandas afectaría negativamente a los sistemas nacionales de advertencia meteorológica y a nuestra capacidad para vigilar el cambio climático.”*

Stephen English

### **La importante contribución de la CMR-19 a la protección de las bandas de los SETS frente a las interferencias**

En lo que respecta a los puntos del orden del día que se examinarán en la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19), conviene destacar la importancia de garantizar la protección de las bandas (pasivas) de los SETS frente a la amenaza de interferencias procedentes de emisiones de IMT-2020/5G no deseadas, en particular a la banda pasiva de 24 GHz, y frente a emisiones no deseadas de sistemas de satélites comerciales a la banda de detección pasiva de 50-60 GHz.

Dada la importancia de la predicción meteorológica y los beneficios económicos y sociales conexos, la CMR-19 debe tomar una decisión con respecto a los límites de emisiones no deseadas admitidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones con miras a proteger las mediciones mundiales en estas bandas de detección pasiva únicas.



# Hitos en los 150 años de Historia de ITU News

## 1869

### Se publica el primer número del Journal télégraphique

Tras la firma del primer Convenio Telegráfico Internacional en París el 17 de mayo de 1865, por el que se creaba la UIT, la segunda Conferencia Telegráfica Internacional, celebrada en Viena en 1868, decidió establecer una secretaría permanente para la Unión en Berna (Suiza), una de las seis tareas que encomendó a la Oficina fue la publicación de "una revista telegráfica en francés" (Artículo 61 del Convenio Telegráfico Internacional (Viena, 1868)). Así pues, los Estados Miembros encargaron la tarea de publicar la revista, que ha sido un elemento importante en la función de divulgación de información de la UIT desde la propia creación de la secretaría. El primer número del "Journal télégraphique" se publica el 25 de noviembre de 1869.



## 1934

### La revista cambia de nombre y pasa a llamarse Journal des télécommunications



En 1932, la Conferencia Telegráfica Internacional y la Conferencia Radiotelegráfica Internacional decidieron en Madrid refundir el Convenio

Telegráfico y el Convenio de Radiotelegrafía en un solo Convenio Internacional de Telecomunicaciones. Al mismo tiempo, se adoptó un nuevo nombre para cristalizar las muy distintas responsabilidades de la UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones. El nuevo nombre entró en vigor el 1 de enero de 1934. Con el cambio de nombre de la Unión, el Journal télégraphique pasó a convertirse en el Journal des télécommunications también el 1 de enero de 1934.

## 1948

### La revista se publica en tres idiomas: español, francés e inglés

A raíz de las decisiones adoptadas por la Conferencia de Telecomunicaciones Internacionales en Atlantic City (1947) en relación con los idiomas, el Boletín de

Telecomunicaciones pasó a convertirse en una publicación trilingüe (español, francés e inglés) a partir del mes de enero de 1948. Los tres idiomas se imprimían en la misma página, uno al lado del otro. La publicación del Boletín en su nuevo formato aumentó considerablemente el trabajo y el coste de producción..



## 1962

### Cada idioma se publica por separado



En enero de 1962 el Boletín abandonó su antiguo formato trilingüe para pasar a publicarse en tres ediciones independientes, en inglés, en francés y en español. Del

decenio de 1960 al de 1980, el Boletín se utilizó cada vez más para divulgar información sobre la Unión y su labor. Parte de esta estrategia consistía en enviar ejemplares del Boletín a las Naciones Unidas y a todos los organismos especializados, así como a los centros de información de las Naciones Unidas en distintas partes del mundo y a los expertos en cooperación técnica de la Unión en el terreno. Además, lo solicitaban cada vez más miembros de la prensa en general y de la prensa especializada en cuestiones técnicas.

## 1994

### El boletín se convierte en boletín de noticias

El 1 de enero de 1994, el Boletín de Telecomunicaciones se reemplazó por el "Boletín de la UIT". Se modificó y modernizó el diseño gráfico, y el calendario de producción cambió para lanzar 10



publicaciones anuales. Se anunció que, con el nuevo formato, el Boletín se "centraría en las actividades de la UIT, las cuestiones en juego y los resultados prácticos obtenidos". Las opiniones, aun siendo a menudo divergentes, también tendrían su lugar en el nuevo estilo de publicación con el fin no sólo de ofrecer a los lectores información básica sobre las actividades de la UIT, sino también de exponer "los aspectos más ocultos, el por qué y el cómo".

## 1996

### ITU News se convirtió en una revista

## 2009

### La Revista Actualidades de la UIT se publica en 6 idiomas

Desde julio de 2009, Actualidades de la UIT se publica en los seis idiomas oficiales de la Unión (árabe, chino, español, francés, inglés y ruso), y sigue dando una amplia cobertura de los eventos y actividades de la UIT que configuran las telecomunicaciones y tecnologías de la información y la comunicación en todo el mundo.



## 1999



### Versión electrónica y abonados de pago

Como parte de la respuesta a un estudio que puso de manifiesto la necesidad de distribuir por vía electrónica información sobre las actividades de la UIT, la primera versión electrónica de la Revista

Actualidades de la UIT se publicó en el sitio web de la UIT a mediados de 1999. De entonces en adelante, esta publicación aparecía en versión digital y en papel. En el periodo 2003-2006, el sitio web de Actualidades de la UIT tuvo mucho éxito en términos de promedio de visitas al mes, situándose entre los tres sitios de la UIT más visitados. A partir de 1999, la versión impresa se hizo de pago para quienes no fueran miembros de la UIT. Los abonados de pago pagaban 100 CHF al año, y entre los abonados figuraban diversas librerías y empresas del sector privado.

## 2016



### La Revista Actualidades de la UIT se hace enteramente digital

En 2016, la Revista Actualidades de la UIT se hizo enteramente digital, con un nuevo **portal en línea**. Las ediciones digitales elaboradas en torno a eventos y temas clave de la UIT a lo largo

del año ya se difunden ampliamente mediante el boletín enviado por correo electrónico. También en 2016, tras una ardua y prolongada labor, el Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT puso a disposición en línea una colección histórica digitalizada de Actualidades de la UIT, desde 1869 hasta 2015. Es posible realizar búsquedas en toda la colección, y puede consultarse la información relativa al desarrollo de las telecomunicaciones/tecnologías de la información y la comunicación y a las actividades de la UIT a lo largo de los años. Consulte los **boletines de la UIT a lo largo del tiempo** 1869-2015.

## 2019

ITU News celebra  
**150 años**  
1869-2019



**ITU**News  
WEEKLY

Stay current.  
Stay informed.



The weekly ITU Newsletter  
keeps you informed with:

Key ICT trends worldwide

Insights from ICT Thought Leaders

The latest on ITU events and initiatives

Sign  
up  
today!

