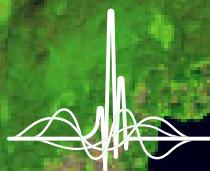


Servicios científicos

La observación de la Tierra en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones



ITUWRC
DUBÁI2023



**Manténgase al día //
// Manténgase
informado**

Descubra Actualidades de la UIT

Su puerta a noticias e informaciones sobre lo digital

Abónese hoy mismo

Fortalecer los servicios científicos para proteger nuestro planeta

Doreen Bogdan-Martin, Secretaria General de la UIT

La consecución de casi la mitad de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas depende de la observación de la Tierra facilitada por redes de radiocomunicaciones fiables. De manera más general, se podrían alcanzar más de dos terceras partes de las metas de los ODS mediante las tecnologías digitales y la conectividad.

Por consiguiente, la [Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones \(CMR-23\)](#), desempeña un papel fundamental para abordar algunos de los desafíos más apremiantes de la humanidad, desde la educación hasta la salud o el clima. Organizada por la [Unión Internacional de Telecomunicaciones \(UIT\)](#), la Conferencia actualizará el Reglamento de Radiocomunicaciones, que constituye el instrumento internacional por el que se regula el espectro radioeléctrico y las órbitas de satélites.

La CMR-23, que tiene lugar del 20 de noviembre al 15 de diciembre en Dubái (Emiratos Árabes Unidos), tendrá una participación mundial, dado que reunirá a diferentes países que se esforzarán colectivamente por alcanzar acuerdos sobre la utilización del espectro radioeléctrico para aprovechar tecnologías que nos afectan considerablemente a todos. Constituye un evento notable y cada vez más infrecuente.

Las redes de radiocomunicaciones son fundamentales para que nuestro mundo sea más sostenible, y la CMR-23 puede ayudarnos a avanzar juntos en todos los frentes.

Uno de esos frentes es el monitoreo del clima, la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos. La UIT es un asociado clave de las Alertas Tempranas para Todos, una iniciativa pionera del Secretario General de las Naciones Unidas destinada a garantizar que todas las personas del mundo estén protegidas contra los peligros y desastres relacionados con el clima mediante la emisión de alertas que salvan vidas para finales de 2027.

En un momento esencial para tomar medidas, la revista *Actualidades de la UIT* analiza los servicios científicos espaciales. A través de una atenta observación y datos, podemos crear un mundo más resiliente, inclusivo, justo y sostenible.



“Las redes de radiocomunicaciones son fundamentales para que nuestro mundo sea más sostenible, y la CMR-23 puede ayudarnos a avanzar juntos en todos los frentes.”

Doreen Bogdan-Martin

CONFERENCIA MUNDIAL DE RADIOCOMUNICACIONES

20 de noviembre - 15 de diciembre de 2023
Dubái (Emiratos Árabes Unidos)

www.itu.int/wrc-23
#ITUWRC



Servicios científicos

La observación de la Tierra en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones

Editorial

3 Fortalecer los servicios científicos para proteger nuestro planeta

Doreen Bogdan-Martin, Secretaria General de la UIT

Introducción

7 Servicios científicos: Observar nuestro planeta y entender el cambio climático

Director de la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT

11 Proteger los sistemas de observación de la Tierra en la CMR-23

Secretario General de la Organización Meteorológica Mundial

Perspectivas de la industria

16 Cuestiones relativas a los servicios científicos y la observación de la Tierra en la CMR-23

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

20 Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales: Objetivos para la CMR-23

Maite Arza, Jefa de la Oficina de Gestión de Frecuencias, y Bruno Espinosa, Encargado de la Gestión de Frecuencias de la Agencia Espacial Europea (ESA) – Secretaría Ejecutiva del Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales (SFCG)

24 Mediciones de la temperatura de la superficie del mar con sensores pasivos por microondas

Yasunori Iwana, empleado de la Oficina de Gestión del Espectro, y Misako Kachi, Directora de Investigación de GCOM-W y AMSR3 en el Centro de Investigación sobre la Observación de la Tierra, Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA)

28 La detección activa y el posible uso de frecuencias en torno a los 45 MHz

Andre Tkacenko, ingeniero de análisis de señales del Grupo de Ingeniería del Espectro (332G) del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA)

ITU News
MAGAZINE

No. 5
2023



Foto de cubierta: NASA

ISSN 1020-4148
itunews.itu.int
6 números al año
Copyright: © UIT 2023

Consejero de la Comisión de Estudio 7 del UIT-R (Servicios científicos): Vadim Nozdrin

Redactor jefe: Neil MacDonald
Auxiliar de edición: Angela Smith
Editora de Comunicación Digital: Christine Vanoli

Traducción y maquetación:
Departamento de Conferencias y publicaciones

Departamento editorial/Publicidad:
Tel.: +41 22 730 5723/5683
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.

32 Detección pasiva por microondas de nubes de hielo: fundamental para la predicción inmediata y la modelización del clima

Markus Dreis, Presidente del Grupo de Trabajo 7C del UIT-R (sistemas de teledetección) y administrador de frecuencias de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT)

36 Coordinación de frecuencias para los servicios de radiocomunicaciones por satélite en las bandas S, X y Ka

Jean Pla, Experto en gestión de frecuencias del Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES), Francia

40 Interferencia de radiofrecuencia en las mediciones de la observación de la Tierra

Yan Soldo, ingeniero de gestión de frecuencias y tecnología de la Agencia Espacial Europea

45 Teledetección pasiva por microondas para la predicción numérica del tiempo

Stephen English, Director Adjunto de Investigación del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio

50 Nuevas perspectivas para la observación de la Tierra respecto de la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible

Flávio Jorge, Presidente Nacional y Representante Internacional de Profesionales al Inicio de su Trayectoria Profesional de la Comisión E (entorno electromagnético e interferencias) de la Unión Radiocientífica Internacional; Luis Pedro, Director de ANACOM (Portugal); y Sandro Mendonça, Profesor en la Escuela de Negocios Iscte Business School/ Instituto Universitario de Lisboa (Portugal) y Asesor de Anatel (Brasil).

55 Servicios de exploración de la Tierra por satélite en América Latina y el Caribe

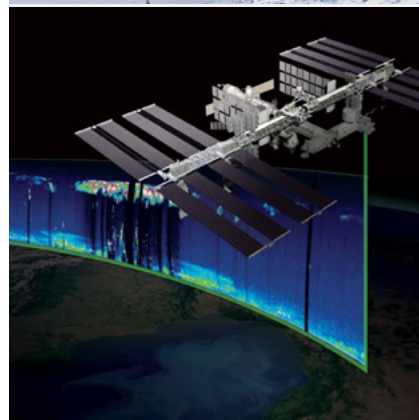
Tarcísio Bakaus, Vicepresidente del Grupo de Trabajo 7C del UIT-R (sistemas de teledetección) y coordinador de la Gestión Internacional del Espectro y las Órbitas (División del Espectro, las Órbitas y la Radiodifusión) de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil (Anatel).

59 Una visión satelital para mejorar la vida en la Tierra

Amy Parker, Directora del Centro de Observación de la Tierra (CSIRO), Australia

63 Servicios de exploración de la Tierra por satélite en la gestión de respuestas a los desastres

Joanne Frolek, ingeniera especializada en la utilización del espacio de la Agencia Espacial Canadiense





Servicios científicos: Observar nuestro planeta y entender el cambio climático

Director de la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT

En los últimos años se han realizado avances espectaculares en los sistemas de observación de la Tierra, que han adquirido una importancia fundamental para entender nuestro planeta y abordar algunos de los desafíos más apremiantes que afronta la humanidad.

Los servicios científicos conexos utilizan la tecnología de radiocomunicaciones para recopilar información sobre la atmósfera, la tierra y los océanos, que a continuación se analiza e interpreta para proporcionar información valiosa sobre diversos fenómenos naturales y de origen humano.



“En los últimos años se han realizado avances espectaculares en los sistemas de observación de la Tierra, que han adquirido una importancia fundamental para entender nuestro planeta y abordar algunos de los desafíos más apremiantes que afronta la humanidad.”

Mario Maniewicz

En vista de la rápida evolución de los sistemas de satélites y la disponibilidad de los servicios de Internet de alta velocidad, la cantidad y la calidad de los datos recopilados por conducto de la observación de la Tierra y la teledetección han aumentado considerablemente. Ahora, los científicos, investigadores y responsables de formular políticas pueden obtener datos casi a tiempo real sobre los modelos climáticos, las catástrofes, los cambios de uso de la tierra, la degradación ambiental y otros indicadores.

Esta información ha demostrado ser fundamental para predecir y mitigar los efectos de los huracanes, las inundaciones y otras catástrofes, así como para supervisar la salud de los ecosistemas y fundamentar las políticas sobre el uso de la tierra. La observación de la Tierra es esencial para valorar el estado general de nuestro planeta, con inclusión de los avances realizados hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas.

Paralelamente, los servicios meteorológicos pueden predecir patrones meteorológicos y alertar acerca de fenómenos meteorológicos extremos. Dada la evolución del clima, es más importante que nunca disponer de información meteorológica precisa y oportuna para proteger las vidas humanas y los bienes.

Los servicios meteorológicos también proporcionan información sobre la aviación, el mar y la agricultura, que permite a los gobiernos y a las empresas tomar decisiones informadas en esos sectores.

Los constantes avances realizados en materia de observación de la Tierra, teledetección y servicios meteorológicos han revolucionado nuestro entendimiento de la Tierra. Estas esferas pueden ayudarnos a gestionar mejor los recursos del planeta y nuestro medio ambiente en los años venideros.

Arrojar luz sobre el clima y los retos del desarrollo

La incorporación de los datos de observación de la Tierra en los procesos de formulación de políticas puede fortalecer el desarrollo sostenible y contribuir a la creación de un mundo más equitativo y resiliente. Por ejemplo, los datos de las imágenes satelitales pueden arrojar luz sobre el uso de las tierras agrícolas, el estado de los cultivos y la disponibilidad del agua, lo que sustenta las políticas basadas en datos empíricos destinadas a promover la agricultura sostenible y lograr la seguridad alimentaria.

De manera análoga, la teledetección revela los recursos hídricos y ayuda a supervisar la calidad del agua. Otros satélites pueden utilizarse para determinar el estado de los bosques y otros ecosistemas.

Los sistemas de observación de la Tierra son fundamentales para realizar un seguimiento del cambio climático y sus efectos. Los datos sobre la temperatura, el aumento del nivel del mar y las emisiones de gases de efecto invernadero pueden arrojar luz sobre las tendencias a largo plazo y contribuir a modelar las políticas de reducción y mitigación de los efectos del cambio climático.



Ahora, los científicos, investigadores y responsables de formular políticas pueden obtener datos casi a tiempo real sobre los modelos climáticos, las catástrofes, los cambios de uso de la tierra, la degradación ambiental y otros indicadores. ”



Sin embargo, todo depende de que se proteja el espectro radioeléctrico necesario para la observación de la Tierra. La recopilación, transmisión y distribución de los datos procedentes de los satélites y otras plataformas de teledetección requieren que las principales radiofrecuencias estén disponibles de manera ininterrumpida.

Por ello, la próxima [Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones \(CMR-23\)](#), constituye un hito decisivo para garantizar que la observación de la Tierra, la teledetección y los servicios meteorológicos sigan mejorando cada vez más.

A medida que van ampliándose los sistemas, las interferencias causadas por otras fuentes radioeléctricas pueden afectar a la calidad de los datos, lo que compromete la exactitud de los análisis y puede incidir en la seguridad económica, la defensa nacional y la seguridad de la vida humana en todo el mundo.

Salvaguardar el espectro para los servicios científicos

En las anteriores Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones se ha reforzado el mandato de la [Unión Internacional de Telecomunicaciones \(UIT\)](#) de promover la sostenibilidad, hacer frente al cambio climático y fortalecer las comunicaciones de emergencia. Las decisiones adoptadas han garantizado continuamente la disponibilidad del espectro y las órbitas de satélites para supervisar el medio ambiente y elaborar modelos sobre el cambio climático.

En la CMR-23, los Estados Miembros de la UIT volverán a examinar las atribuciones de frecuencias para salvaguardar y mejorar los servicios científicos, ya sea a fin de observar la Tierra, explorar nuestro sistema solar o estudiar el universo.

La protección de los servicios científicos sensibles en las bandas adyacentes es de suma importancia, en particular para la banda pasiva del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) utilizada por los modelos de predicción meteorológica. La interferencia perjudicial causada en esta banda podría comprometer la precisión de las predicciones meteorológicas en un momento en que estas han de ser cada vez más precisas.

Por lo tanto, la CMR-23 examinará la posibilidad de realizar nuevas atribuciones de espectro para facilitar la utilización de los servicios de exploración de la Tierra por satélite para el monitoreo del clima, la predicción meteorológica y otras misiones científicas.



En las anteriores Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones se ha reforzado el mandato de la UIT de promover la sostenibilidad, hacer frente al cambio climático y fortalecer las comunicaciones de emergencia. ”



Entre los principales puntos del orden del día relacionados con los servicios científicos están los siguientes:

- 1.12 – El servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) para sondas de radar aerotransportadas: Considerar la posibilidad de otorgar una nueva atribución secundaria.
- 1.14 – El SETS (pasivo): Considerar posibles ajustes para garantizar el cumplimiento de los requisitos más recientes en materia de observación por teledetección.
- 9.1 (tema a) – Examinar los resultados de los estudios relativos a las características técnicas y operativas, las necesidades de espectro y las adecuadas designaciones de servicio radioeléctrico para los sensores meteorológicos espaciales, con el fin de proporcionar el reconocimiento y la protección adecuados en el Reglamento de Radiocomunicaciones, sin imponer restricciones adicionales a los servicios existentes.

Los Estados Miembros de la UIT aprobaron el pasado mes de abril el [Informe de la Reunión Preparatoria de la Conferencia a la CMR-23](#), en que se resumen y analizan los resultados de los estudios técnicos realizados por el [Sector de Radiocomunicaciones de la UIT \(UIT-R\)](#) y se destacan las posibles soluciones a los problemas abordados en el orden del día de la CMR-23. El Informe puede consultarse en los seis idiomas oficiales de la UIT.

El tercer y [último taller interregional sobre los preparativos de la CMR-23](#), celebrado del 27 al 29 de septiembre, brindó a los participantes otra oportunidad para estudiar las soluciones propuestas a los problemas identificados.

Opinión de los expertos para la CMR-23

En este último número de la revista *Actualidades de la UIT* se recogen las perspectivas de la industria, así como las opiniones de las organizaciones regionales e internacionales especializadas sobre aspectos fundamentales de los servicios científicos destinados a la observación de la Tierra de cara a la CMR-23.

Quisiera dar sinceramente las gracias a todos los expertos que han contribuido a aportar información a esta edición. Estoy seguro de que esta ofrece un panorama fundamentado de la situación.

Los resultados de la CMR-23 serán fundamentales para definir el marco futuro de los servicios de radiocomunicaciones en todos los países. Será un placer dar la bienvenida a nuestros delegados de todo el mundo.



Los resultados de la CMR-23 serán fundamentales para definir el marco futuro de los servicios de radiocomunicaciones en todos los países. ”



WMO/Edward Michiel



Proteger los sistemas de observación de la Tierra en la CMR-23

Secretario General de la Organización Meteorológica Mundial

Un requisito fundamental de todos los sistemas de observación de la Tierra es que las bandas de frecuencias radioeléctricas estén libres de interferencia perjudicial. De hecho, el acceso al espectro radioeléctrico es indispensable para la infraestructura meteorológica e hidrológica en que se basan los servicios meteorológicos y ambientales conexos de todo el mundo. Tanto los satélites como los radares meteorológicos, las radiosondas, los sistemas de observación hidrológica y las boyas de deriva funcionan con base en transmisiones radioeléctricas o por microondas.

La seguridad de las personas y los bienes depende de las previsiones meteorológicas y ambientales. La mayor antelación de los avisos acerca de los eventos importantes permite a los ciudadanos, las autoridades civiles y los equipos de emergencia tomar medidas.

La colaboración de larga data entre la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R), uno de los tres Sectores de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ha consolidado las crecientes sinergias entre la meteorología, los sistemas de alerta temprana, los datos y las tecnologías digitales.

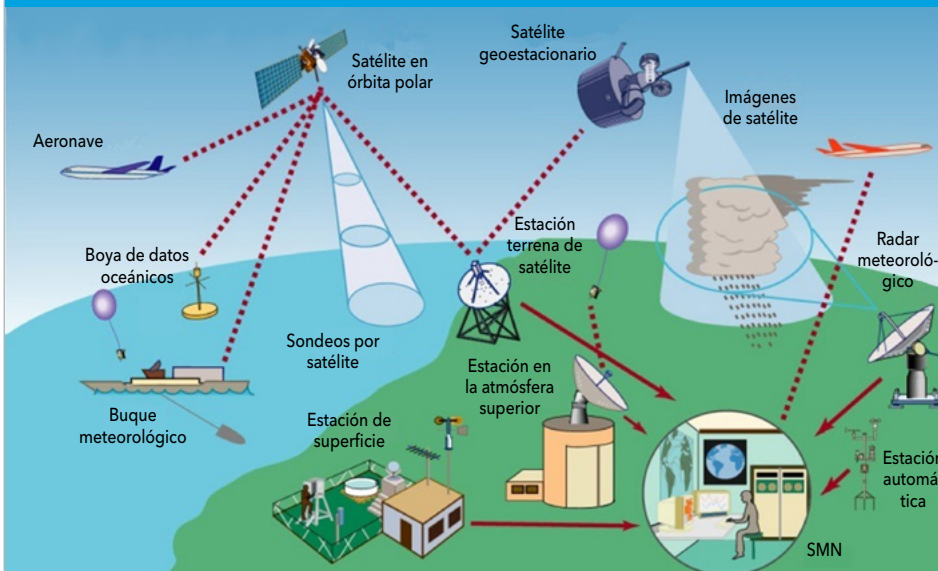


La seguridad de las personas y los bienes depende de las previsiones meteorológicas y ambientales. ”

Petteri Taalas



Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM (WIGOS)



Fuente: Organización Meteorológica Mundial

La OMM, a través de su Equipo de Expertos sobre Coordinación de Frecuencias Radioeléctricas, ha elaborado una [declaración de posición](#) acerca del orden del día de la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT (CMR-23).

Desde la perspectiva meteorológica y de monitoreo del clima, las cuestiones más importantes que requieren el apoyo de las administraciones locales guardan relación con la medición de la temperatura de la superficie del mar y las observaciones de la meteorología espacial.

Continuidad de las mediciones de la TSM: consecuencia del punto 1.2 del orden del día

La temperatura de la superficie del mar (TSM) es un componente esencial del sistema climático, que incide considerablemente en los intercambios de energía, dinámicas y gases entre los océanos y la atmósfera. La TSM, que es uno de los principales motores de la circulación oceánica, es crucial para los modelos de predicción numérica del tiempo o de predicción numérica oceánica.

La gama de frecuencias de 6-7 gigahercios (GHz), que corresponde a la sensibilidad máxima a la TSM, se utiliza actualmente para la teledetección oceánica pasiva. Estas son las únicas mediciones de la TSM que pueden "ver" a través de las nubes.

Declaración de posición de la OMM

Los Miembros de la OMM, en el 19º Congreso Meteorológico Mundial, adoptaron posiciones en relación con 21 puntos del orden del día de la próxima CMR-23.

[Lea la declaración.](#)

“La temperatura de la superficie del mar (TSM) es un componente vital del sistema climático...”

El [Reglamento de Radiocomunicaciones](#) reconoce la utilización de las bandas de frecuencias 6 425-7 075 megahercios (MHz) y 7 075-7 250 MHz por el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS). En el número 5.458 se destaca que las administraciones deben tener en cuenta las necesidades de espectro de los sensores del SETS (pasivo) en la planificación futura de esa gama de frecuencias. Sin embargo, esto no constituye una atribución de espectro y no brinda protección alguna a las operaciones de medición de la TSM.

En el **punto 1.2 del orden del día de la CMR-23** se propone la identificación de bandas de frecuencias para las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en la gama de 6-7 GHz, a pesar de que los estudios del UIT-R demuestran que las mediciones de la TSM podrían resultar considerablemente obstaculizadas por dicho despliegue. A fin de mitigar este riesgo, la OMM ha identificado otras bandas posibles para la medición de la TSM que se podrían utilizar junto con la gama de 6-7 GHz.

Para garantizar la continuidad a largo plazo, la OMM insta a las administraciones a que consideren la posibilidad de realizar atribuciones a título primario al SETS (pasivo) en las bandas de frecuencias 4,2-4,4 GHz y 8,4-8,5 GHz para la medición de la TSM. Cabe destacar que dichas atribuciones nuevas posibles a título primario al SETS (pasivo) no reclamarán protección frente a los servicios existentes en esas bandas.

Reconocimiento de la meteorología del espacio: punto 9.1a del orden del día

La observación meteorológica espacial por sistemas espaciales y en tierra es fundamental para la detección de la actividad solar. Los eventos solares pueden causar importantes alteraciones en las infraestructuras esenciales tanto terrenales como espaciales, dando lugar a cortes radioeléctricos, daños a los satélites, perturbaciones en las redes eléctricas y aumento de la exposición a la radiación en las rutas aéreas transpolares.

A pesar de la necesidad de anticipar los eventos meteorológicos espaciales peligrosos, el actual Reglamento de Radiocomunicaciones no incluye ningún reconocimiento ni disposiciones relativas a las observaciones de la meteorología espacial. En el **punto 9.1a del orden del día de la CMR-23** se considera la posibilidad de reconocer debidamente los sensores meteorológicos espaciales en el Reglamento de Radiocomunicaciones. En el marco del punto 10 del orden del día de la CMR-23, se examinará un nuevo tema para el orden del día de la CMR-27 a fin de garantizar la protección de los sensores meteorológicos espaciales en algunas bandas de frecuencias, sin imponer restricciones a los servicios existentes.



A pesar de la necesidad de anticipar los eventos meteorológicos espaciales peligrosos, el actual Reglamento de Radiocomunicaciones no incluye ningún reconocimiento ni disposiciones relativas a las observaciones de la meteorología espacial. ”



A fin de proteger las operaciones relativas a los sensores meteorológicos espaciales, la OMM promueve que se adopte un enfoque en dos etapas en la CMR-23:

Etapa 1:

Definir la meteorología espacial en el contexto del Reglamento de Radiocomunicaciones y asociarlo al "servicio de radiocomunicación" apropiado en cuyo marco podrían funcionar los sistemas meteorológicos espaciales, a saber, el servicio de ayudas a la meteorología (*meteorología espacial*), o, en su forma abreviada, MetAids (*meteorología espacial*).

Etapa 2:

Preparar un nuevo punto del orden del día para la CMR-27 por el que se proponga la realización de nuevas atribuciones a MetAids (*meteorología espacial*) en bandas de frecuencias utilizadas por sensores meteorológicos espaciales operacionales que requieren protección.

Salvaguardar el espectro esencial

El espectro radioeléctrico es un recurso limitado que se enfrenta a una demanda cada vez mayor de las nuevas tecnologías. Este año, en el 19º Congreso Meteorológico Mundial (Cg-19) se expresó profunda preocupación por la amenaza que pesaba sobre las bandas de frecuencias esenciales, y en la Resolución 31 de la Conferencia se pidió el establecimiento de salvaguardias.

La comunidad meteorológica hace un llamamiento a los Miembros de la UIT para que presten la debida atención a los requisitos de la OMM respecto de las atribuciones de radiofrecuencias y las disposiciones reglamentarias en la CMR-23.

El número 5.340 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT prohíbe todas las emisiones radioeléctricas en las bandas de frecuencias especificadas entre 1 400 MHz y 252 GHz. Las operaciones relativas tanto a la meteorología como al agua y al clima dependen de que estas bandas se preserven sin emisiones.

Está en juego la disponibilidad del espectro para la detección pasiva de la atmósfera y otras variables ambientales. Solo si colaboramos todos unidos, las comunidades meteorológicas y de radiocomunicaciones mundiales, podremos mantener y mejorar nuestra capacidad futura en materia de observación de la Tierra y los servicios vitales que dependen de ella.



La comunidad meteorológica hace un llamamiento a los Miembros de la UIT para que presten la debida atención a los requisitos de la OMM respecto de las atribuciones de radiofrecuencias y las disposiciones reglamentarias en la CMR-23. ”

Acerca de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones

Las Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, se celebra cada 3-4 años para examinar y, en su caso, revisar el Reglamento de Radiocomunicaciones, un tratado internacional que rige la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas, de la órbita de los satélites geoestacionarios y de otras órbitas.

Cuenta atrás para la CMR-23

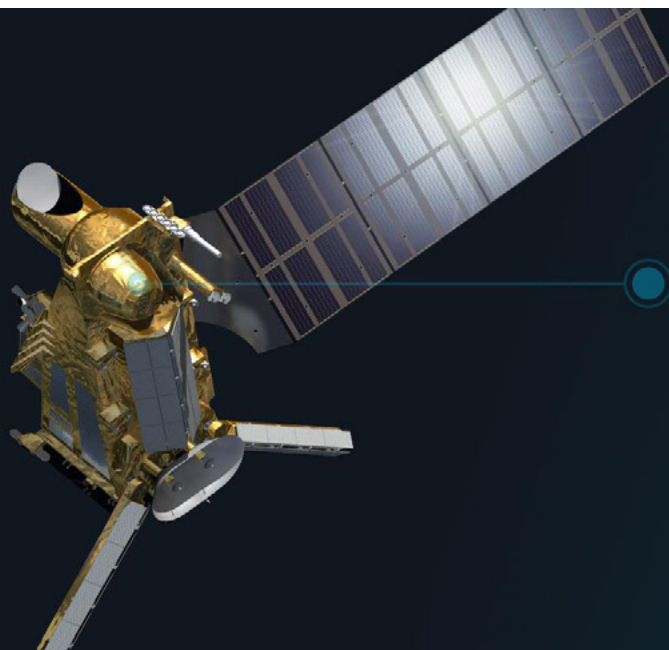
[Cuenta atrás
para la CMR-23](#)

[El futuro del tiempo
universal coordinado](#)

[Tierra, mar
y ondas
radioeléctricas](#)

[Conectividad
por satélite](#)

Sitio web de la Conferencia: [CMR-23](#).



Ice Cloud Imager



Cuestiones relativas a los servicios científicos y la observación de la Tierra en la CMR-23

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

La investigación y la exploración en el espacio, con inclusión de la observación de la Tierra y el monitoreo del clima, dependen de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y de la labor sumamente especializada de su Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R).

La [Comisión de Estudio 7](#) del UIT-R, por ejemplo, se ocupa de los servicios radioeléctricos con fines científicos. Entre ellos están las emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias, las aplicaciones de radiocomunicaciones espaciales, los sistemas de teledetección y la radioastronomía.

Los Grupos de Trabajo de la Comisión de Estudio 7 están ultimando actualmente los documentos de respaldo que facilitarán el proceso de adopción de decisiones sobre estas cuestiones en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23) que empezará a mediados de noviembre.



Entre los temas del orden del día de la CMR-23 hay actualizaciones reglamentarias fundamentales para mantener y mejorar las capacidades de la humanidad en materia de observación de la Tierra. ”

John Zuzek



Observación de la Tierra y teledetección

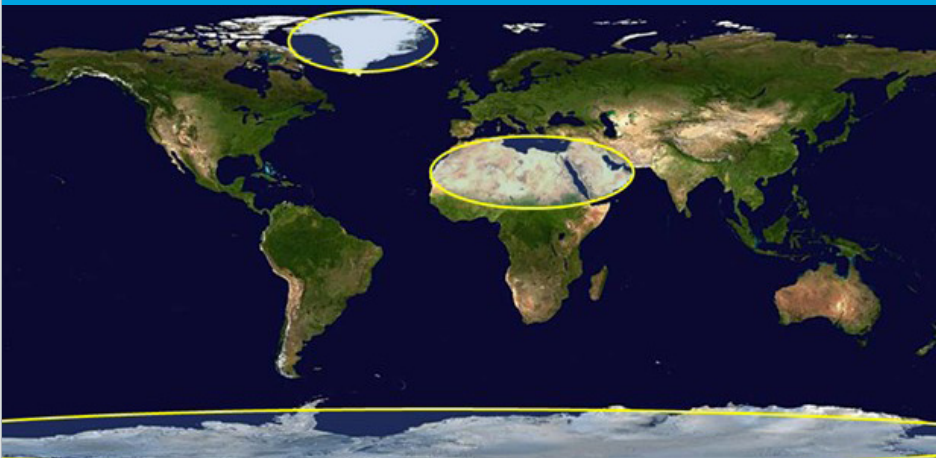
Entre los temas del orden del día de la CMR-23 hay actualizaciones reglamentarias fundamentales para mantener y mejorar las capacidades de la humanidad en materia de observación de la Tierra.

En el **punto 1.12 del orden del día** se considera una posible atribución secundaria al servicio de exploración de la Tierra por satélite o SETS (activo) para sondas de radar en la gama de frecuencias alrededor de 45 megahercios (MHz).

Estas sondas de radar permiten realizar la teledetección activa de la superficie terrestre para detectar los depósitos de agua subterránea en entornos desérticos como el norte de África y la Península Arábiga. También miden el espesor del hielo en las regiones polares.

Es necesario realizar una atribución al SETS (activo) en torno a los 45 MHz para permitir a los nuevos satélites recopilar estos datos importantes de la órbita de la Tierra.

Posibles zonas de cobertura para sondas de radar



Fuente: Recomendación UIT-R RS.2042-1

En el **punto 1.14 del orden del día** se pide que se revisen y ajusten las atribuciones existentes y, de ser posible, se añadan nuevas atribuciones de frecuencias a título primario al SETS (activo) en la gama de frecuencias 231,5-252 gigahercios (GHz). Actualmente, la utilización de esta gama de frecuencias se ha limitado a los instrumentos de sondeo de limbo por microondas, que apuntan hacia el limbo de la Tierra para medir diversos gases atmosféricos.

En los últimos años se han identificado nuevos requisitos de observación para el estudio de las nubes de hielo. Las nubes de hielo, que cubren más del 33 % de la superficie de la Tierra, afectan a las precipitaciones, la estructura atmosférica y los procesos de las nubes, incidiendo considerablemente en el clima de la Tierra.



Las mediciones a escala mundial de las propiedades de las nubes de hielo son absolutamente necesarias.”

Propiciar las mediciones de las nubes de hielo

Las mediciones a escala mundial de las propiedades de las nubes de hielo son absolutamente necesarias. Una manera de propiciarlas consistiría en modificar las atribuciones en la gama de frecuencias 231,5-252 GHz. Así se protegería la utilización actual del sondeo de limbo por microondas y se podrían realizar mediciones de las nubes de hielo con futuros satélites meteorológicos. Asimismo, esto permitiría utilizar sin restricciones los servicios terrenales en la misma gama en el futuro.

En el **punto 9.1, tema d), del orden del día** se examina la protección de los sistemas de teledetección pasiva del SETS (pasivo) en la banda de frecuencias 36-37 GHz contra las emisiones de los sistemas de satélites no geoestacionarios del servicio fijo por satélite (SFS). Esto es la continuación de estudios anteriores, que comenzaron en el marco del punto 1.6 de la CMR-19 pero que no culminaron completamente. Ahora que esos estudios han terminado, la CMR-23 podría decidir actuar sobre este tema.

En el **punto 1.2 del orden del día** se considera la posibilidad de identificar las bandas 6 425-7 025 MHz, 7 025-7 125 MHz y 10,0-10,5 GHz y otras bandas para las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT). Si bien esto no constituye de por sí una cuestión científica, los despliegues de IMT en 6 425-7 125 MHz podrían afectar negativamente a las mediciones de la temperatura de la superficie del mar que tienen lugar en la banda solapada 6 425-7 250 MHz.

De manera análoga, los despliegues de IMT en la banda 10,0-10,5 GHz podrían afectar negativamente a las mediciones de sensores activos en 10,0-10,4 GHz. Las emisiones fuera de banda de los sistemas IMT también podrían incidir negativamente en las mediciones pasivas realizadas en las proximidades de la banda 10,6-10,7 GHz. Las soluciones a este punto del orden del día deberían tener en cuenta estos factores.

Otras cuestiones científicas

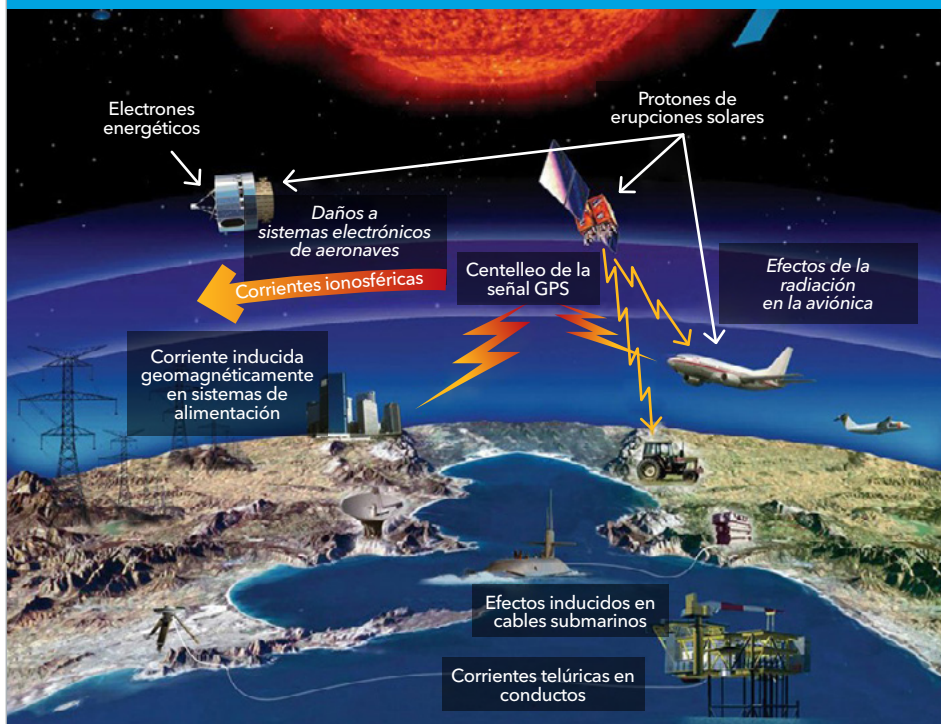
En el **punto 1.13 del orden del día** se considera una posible conversión a título primario de la atribución al servicio de investigación espacial en la banda de frecuencias 14,8-15,35 GHz, en la que ese servicio tiene actualmente una atribución a título secundario a escala mundial. Ese espectro podría utilizarse para los enlaces descendentes directos de datos de vehículos espaciales a estaciones terrenas, los enlaces Tierra-espacio a satélites de retransmisión de datos y los enlaces espacio-espacio de vehículos espaciales a satélites de retransmisión de datos. Esto daría apoyo a operaciones como las misiones de exploración lunar.

En el **punto 9.1, tema a), del orden del día** se considera la protección y el posible reconocimiento de los sensores meteorológicos espaciales dependientes del espectro radioeléctrico que se utilizan para la predicción de riesgos y la emisión de alertas en todo el mundo. Los sistemas meteorológicos espaciales nos permiten observar diversos fenómenos en el espacio que afectan a nuestras actividades alrededor de la Tierra. Esto incluye la actividad solar, como las eyecciones de materia coronal, las tormentas geomagnéticas, la radiación solar y los vientos solares.

En el orden del día preliminar de la siguiente Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-27) se incluye un posible punto para abordar este tema.



Posibles efectos de la meteorología espacial



Fuente: NASA

Consideraciones futuras

En el orden del día preliminar de la CMR-27 ya figuran algunas cuestiones sobre los servicios científicos. Algunas de ellas tratan de las atribuciones en torno a la banda 86-92 GHz, en la que no están permitidas las emisiones. Se trata de una banda esencial para los sistemas de observación de la Tierra y debe ser protegida.

Otro posible punto del orden del día trata de la posible atribución al servicio Tierra-espacio en la banda 22,55-23,15 GHz que daría soporte a los futuros sistemas de observación de la Tierra.

Otro posible punto del orden del día trata de la protección de los sensores meteorológicos espaciales para la predicción de riesgos y la emisión de alertas en todo el mundo.

Parte de la labor de la CMR-23 celebrada en noviembre y diciembre de este año consiste en decidir los temas definitivos que se abordarán en la CMR-27. Esa conferencia de 2027 constituye la próxima ocasión para actualizar el Reglamento de Radiocomunicaciones y garantizar un acceso ininterrumpido, equitativo y mundial al espectro radioeléctrico y los recursos orbitales.

“ Los sistemas meteorológicos espaciales nos permiten observar diversos fenómenos en el espacio que afectan a nuestras actividades alrededor de la Tierra. ”



Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales: Objetivos para la CMR-23

Maite Arza, Jefa de la Oficina de Gestión de Frecuencias, y Bruno Espinosa, Encargado de la Gestión de Frecuencias de la Agencia Espacial Europea (ESA) – Secretaría Ejecutiva del Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales (SFCG)

En los últimos decenios, las agencias espaciales miembros del [Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales \(SFCG\)](#) han estado preparando objetivos comunes para cada Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, reconociendo la importancia capital de esta reunión sectorial mundial cuatrienal organizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

El grupo promueve la eficacia del espectro y la compartición de bandas de frecuencias entre distintos servicios de radiocomunicaciones sobre la base de criterios de compartición y protección acordados mutuamente, establecidos en consonancia con los resultados de los estudios del [Sector de Radiocomunicaciones de la UIT \(UIT-R\)](#).

A medida que se va acercando la fecha de la próxima conferencia, el SFCG ha destacado una serie de [objetivos para la CMR-23](#) con referencia a las cuestiones y temas de interés específicos del orden del día.



Maite Arza



Bruno Espinosa



Oportunidades para la observación de la Tierra y los servicios científicos

En el marco del punto 1.12 del orden del día de la CMR-23, el SFCG apoya la idea de que se realice una nueva atribución a título secundario al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo) en la banda de frecuencias 40-50 megahercios (MHz), y de que se establezcan las disposiciones correspondientes para equilibrar la protección de los servicios existentes con la oportunidad de realizar operaciones con sondas de radar aerotransportadas en esta gama. Las mediciones de sondas en la gama de 40-50 MHz proporcionarían una visión sin precedentes de la subsuperficie de la Tierra, así como una mejor comprensión de los mantos de hielo de las regiones polares y los acuíferos de las regiones áridas.

Si es necesario, el SFCG podría actuar como organización coordinadora de las medidas y consultas de seguimiento, por ejemplo, la elaboración de directrices para la aplicación de las decisiones de la CMR-23.

En el marco del punto 1.14 del orden del día de la CMR-23 se examinará otra oportunidad de observación de la Tierra, en la que se abordarán los requisitos del SETS (pasivo) en la gama de frecuencias 231,5-252 gigahercios (GHz). Sobre la base de los resultados de los estudios del UIT-R y los requisitos operativos del SETS (pasivo), el SFCG apoya la idea de que se realice una nueva atribución a título primario al SETS (pasivo) en las bandas de frecuencias 239,2-242,2 GHz y 244,2-247,2 GHz. Esto facilitaría la realización de mediciones de las nubes de hielo, junto con la modificación de las atribuciones a los servicios fijo y móvil.

Asimismo, el SFCG acoge con beneplácito la elaboración de disposiciones técnicas y reglamentarias aplicables a las operaciones entre satélites en las bandas de frecuencias 18,1-18,6 GHz; 18,8-20,2 GHz y 27,5-30 GHz (punto 1.17 del orden del día). Dado que las misiones científicas y de observación de la Tierra generan cada vez mayores volúmenes de datos, las futuras misiones científicas espaciales se beneficiarían de los servicios de comunicaciones por satélites operados como sistemas de retransmisión de datos.

Dos cuestiones responderían a los requisitos científicos generales:

- La conversión a título primario de la atribución a título secundario al servicio de investigación espacial (SIE) en la banda 14,8-15,35 GHz para dar soporte a las aplicaciones existentes y futuras, y al incremento del transporte de datos para las misiones científicas (punto 1.13 del orden del día), para lo cual el SFCG reconoce la necesidad de establecer disposiciones a fin de garantizar la compatibilidad entre el SIE y los servicios primarios existentes.
- El examen de la inclusión en el Reglamento de Radiocomunicaciones de disposiciones para abordar el reconocimiento adecuado de los sensores meteorológicos espaciales (punto 9.1, tema a), del orden del día) en el marco del servicio MetAids.



En el marco del punto 1.12 del orden del día de la CMR-23, el SFCG apoya la idea de que se realice una nueva atribución a título secundario al servicio de exploración de la Tierra por satélite... ”

Maite Arza and
Bruno Espinosa



Objetivos del SFCG para la CMR-23

El SFCG ha destacado una serie de objetivos para la CMR-23 con referencia a las cuestiones y temas de interés específicos del orden del día.

[Descargue los objetivos del SFCG](#)

Protección de los sensores remotos espaciales

El SFCG otorga especial importancia a la protección de las bandas de frecuencias utilizadas por los sensores remotos espaciales destinados a la obtención de datos climatológicos y meteorológicos, que, con frecuencia, no se pueden obtener por otros medios. El funcionamiento adecuado de estos sensores depende de la utilización de bandas de frecuencias específicas que están definidas por leyes físicas.

El SFCG no respalda la idea de que se identifiquen frecuencias para las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en la banda 10-10,5 GHz de la Región 2 (las Américas), propuesta en el marco del punto 1.2 del orden del día, dado que no se ha demostrado la viabilidad de la compartición del espectro entre las IMT y el SETS (activo) en la banda 10-10,4 GHz.

Preocupa también al SFCG la interferencia que puedan causar los servicios activos a los sensores del SETS (pasivo) en las bandas de frecuencias adyacentes. Por consiguiente, el SFCG apoya la idea de que en el Reglamento de Radiocomunicaciones se incluyan límites sobre los servicios activos, resumidos en el cuadro expuesto a continuación, a fin de proteger el funcionamiento de los sensores del SETS (pasivo).

Además, en relación con los debates sobre la gama de 6-7 GHz en el marco del punto 1.2 del orden del día, el SFCG agradecería que se formularan opciones para garantizar la continuidad de las mediciones de la temperatura de la superficie del mar (TSM) en otras gamas del espectro, por ejemplo, mediante nuevas atribuciones a título primario al SETS (pasivo) en las bandas 4 200-4 400 MHz y 8 400-8 500 MHz.

Perspectivas para la CMR-27

Otro tema clave que se abordará en la CMR-23 es el orden del día de la siguiente conferencia, la CMR-27.

El SFCG opina que la aprobación de todo nuevo punto del orden del día de la CMR debe cumplir ciertas condiciones, entre otras cosas que se justifiquen claramente las necesidades de espectro, se defina correctamente el alcance de los estudios y se indiquen las bandas de frecuencias específicas que se han de examinar.

El SFCG ha identificado varios temas relacionados con los servicios científicos espaciales para su posible inclusión entre los puntos del orden del día de la CMR-27 y ha invitado a sus agencias miembros a promoverlos en el marco de sus actividades preparativas de la CMR-23 llevadas a cabo en los planos nacional y regional. Entre los temas propuestos están la posibilidad de realizar una nueva atribución a los enlaces de comunicación del SETS, la protección de los sensores del SETS (pasivo) en ciertas bandas por encima de los 86 GHz, la protección de las observaciones meteorológicas espaciales en determinadas bandas específicas, y las oportunidades de desarrollo de las comunicaciones inalámbricas en la Luna.



El SFCG otorga especial importancia a la protección de las bandas de frecuencias utilizadas por los sensores remotos espaciales destinados a la obtención de datos climatológicos y meteorológicos.



El SFCG ha identificado varios temas relacionados con los servicios científicos espaciales para su posible inclusión entre los puntos del orden del día de la CMR-27.

Límites respaldados por el SFCG para abordar la protección de los sensores del SETS (pasivo) en la CMR-23

Punto del orden del día de la CMR-23	Banda del SETS (pasivo)	Actividad del servicio activo	Límite propuesto
1.2	10,6-10,7 GHz	IMT en 10-10,5 GHz	Límites de las emisiones no deseadas
1.10	22,21-22,5 GHz	Servicio móvil aeronáutico para las aplicaciones no relativas a la seguridad en 22-22,21 GHz	Límite de las emisiones no deseadas
1.16	18,6-18,8 GHz	Comunicación de las estaciones espaciales no geoestacionarias del SFS con estaciones terrenas en movimiento (ESIM) en 18,3-18,6 GHz y 18,8-19,1 GHz	Conjunto de límites de la densidad de flujo de potencia
1.17		Comunicación de las estaciones espaciales no geoestacionarias del SFS con una estación espacial no geoestacionaria de mejor altitud en 18,3-18,6 GHz y 18,8-19,1 GHz	
9.1, tema D	36-37 GHz	Funcionamiento de estaciones espaciales no geoestacionarias del SFS con una altitud del apogeo superior a 407 km e inferior a 2 000 km en la banda de frecuencias 37,5-38 GHz	Límite de las emisiones no deseadas

Reunión anual del SFCG celebrada en Toulouse (Francia), en junio de 2023.





Mediciones de la temperatura de la superficie del mar con sensores pasivos por microondas

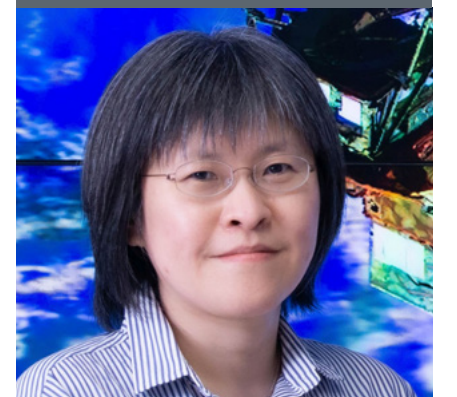
Yasunori Iwana, empleado de la Oficina de Gestión del Espectro, y Misako Kachi, Directora de Investigación de GCOM-W y AMSR3 en el Centro de Investigación sobre la Observación de la Tierra, Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA)

El océano cubre más del 70 % de la superficie de la Tierra y desempeña una función esencial en el suministro de vapor de agua a la atmósfera. Los satélites, dadas sus capacidades de observación a nivel mundial, son útiles para observar el océano, lo que incluye la medición de la temperatura de la superficie del mar (TSM).

Este parámetro clave para las interacciones aire-mar se utiliza mucho en las predicciones meteorológicas y climáticas, la prevención de desastres en zonas costeras, la gestión de la pesca y la conservación de los ecosistemas.



Yasunori Iwana



Misako Kachi

Todas las semanas se elaboran mapas de la TSM mediante generadores de imágenes infrarrojas tradicionales o por microondas. Estos últimos, que permiten realizar observaciones durante el día y la noche en todas las condiciones atmosféricas, han cobrado una importancia esencial en la elaboración de los mapas "diarios" de la TSM. Sin embargo, hasta ahora solo se han creado unos pocos tipos de generadores de imágenes por microondas para la observación de la temperatura de la superficie del mar.

Oportunidades de medición con sensores pasivos

La serie de radiómetros avanzados de exploración por microondas (AMSR), desarrollada por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), utiliza sensores pasivos para medir microondas de baja intensidad. Estas microondas se radian en diversas frecuencias desde partículas de agua en diferentes estados en la tierra, la superficie del mar y la atmósfera.

Los sistemas AMSR pueden observar diversos parámetros relacionados con el agua, incluida la temperatura de la superficie del mar, y dar soporte a aplicaciones prácticas como la predicción meteorológica numérica, los informes sobre las condiciones del mar para las tripulaciones pesqueras, y la navegación segura de embarcaciones, así como a indicadores de las variaciones del ciclo hidrológico y del cambio climático.

Radiómetros avanzados de exploración por microondas de primera y segunda generación

Los primeros ejemplos, el AMSRE y el AMSR, fueron instalados, respectivamente, en el satélite Aqua, lanzado por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos (NASA) en mayo de 2002, y en el Satélite Avanzado de Observación de la Tierra II (ADEOS-II), lanzado posteriormente el mismo año por la Agencia Nacional de Desarrollo Espacial de Japón (NASDA).

La segunda generación (AMSR2), lanzada en mayo de 2012, sigue estando en funcionamiento en el marco de la Misión de Observación del Cambio Climático-Agua de Japón (GCOM-W).

Dotado de una antena que gira cada 1,5 segundos, el AMSR2 obtiene datos a través de una zona de exploración de 1 450 km (nominal) y 1 620 km (efectiva). Un mecanismo de barrido cónico le permite adquirir nuevos conjuntos de datos diurnos y nocturnos, cubriendo más del 99 % de la Tierra, cada dos días.

Las tecnologías avanzadas de generación de imágenes por satélite representan una extraordinaria herramienta para la previsión meteorológica y el monitoreo del clima. Los avances logrados con las dos primeras generaciones de la serie AMSR fueron posibles gracias a la estrecha coordinación internacional para la gestión eficaz del espectro radioeléctrico.



Los satélites, dadas sus capacidades de observación a nivel mundial, son útiles para observar el océano, lo que incluye la medición de la temperatura de la superficie del mar. ”

Yasunori Iwana y
Misako Kachi



Las actualizaciones iniciadas por el Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R, uno de los tres Sectores de la Unión Internacional de Telecomunicaciones) antes de 2012 garantizaron que el Reglamento de Radiocomunicaciones gestionado por la UIT daría soporte a la rápida evolución de los servicios satelitales a fin de atender las necesidades evolutivas del mundo.

Mayor sensibilidad sin repercusiones de la atmósfera

En comparación con otros sensores pasivos por microondas, la serie AMSR tiene una antena singularmente grande, de unos 2 metros de diámetro, y puede recibir canales en la frecuencia de 6-10 gigahercios (GHz). Dado que la resolución espacial aumenta a medida que disminuye la frecuencia central, se necesita una antena de gran tamaño para obtener la mejor resolución espacial en los canales 6-10 GHz (véase el cuadro).

Esas bandas de frecuencias 6-10 GHz constituyen una "ventana atmosférica" en la que las microondas emitidas de la superficie del mar o la tierra pueden penetrar capas de nubes densas. Los canales de esas bandas están menos afectados por las condiciones atmosféricas, lo que favorece la sensibilidad a las sutiles variaciones de las temperaturas de la superficie del mar e incluso la humedad del subsuelo en la tierra.

Los canales 6-7 GHz ofrecen buena sensibilidad a la TSM en casi todos los rangos de temperaturas, mientras que la sensibilidad en la banda 10 GHz empeora a temperaturas por debajo de los 12°C aproximadamente.

Como se muestra en el cuadro, los canales de 6,925 GHz, 7,3 GHz y 10,65 GHz del receptor multicanal del AMSR2 se utilizan principalmente para las mediciones de la TSM y del contenido de humedad en el suelo.

También suele haber canales de frecuencias superiores en el caso de los sensores pasivos por microondas más antiguos, como el generador especial de imágenes por microondas de sensor (SSM/I) del Departamento de Defensa de Estados Unidos, que se utiliza para obtener datos sobre el vapor de agua, las precipitaciones, el espesor de la nieve, la velocidad del viento en la superficie del mar y la concentración de hielo marino.



Los sistemas AMSR pueden observar diversos parámetros relacionados con el agua. ”



Conjunto de canales receptores del AMSR2					
Frecuencia central (GHz)	Ancho de banda (MHz)	Polarización	Ancho de haz (grados)	Resolución espacial: transversal x longitudinal (km)	Intervalo de muestreo (km)
6,925/7,3	350	Vertical y horizontal	1,8	35 x 62	10
10,65	100		1,2	24 x 42	
18,7	200		0,65	14 x 22	
23,8	400		0,75	15 x 26	
36,5	1000		0,35	7 x 12	
89,0	3000		0,15	3 x 5	5

El canal de 7,3 GHz está destinado a la mitigación de la interferencia de radiofrecuencia en la banda C.

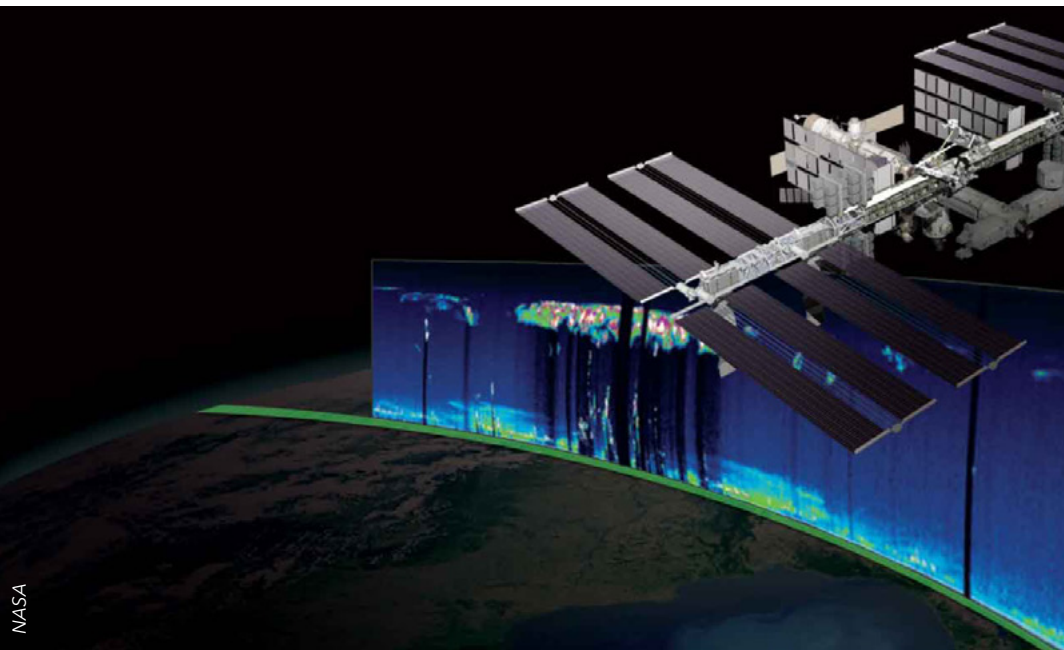
Exploración por microondas de próxima generación

La próxima generación del instrumento AMSR de la JAXA, el radiómetro avanzado de exploración por microondas 3 (AMSR3), tiene por objeto lanzar una carga útil ajena en la próxima misión de Japón sobre el satélite de observación de los gases de efecto invernadero y el ciclo hidrológico a nivel mundial (GOSAT-GW) durante el año fiscal 2024 de Japón (abril de 2024-marzo de 2025).

El AMSR3, una actualización deliberada del AMSR2, incluirá varios canales nuevos, lo que contribuirá a obtener datos precisos sobre las precipitaciones, análisis del vapor de agua para las predicciones meteorológicas numéricas e información contundente de la TSM con mayor resolución.



Las tecnologías avanzadas de generación de imágenes por satélite representan una extraordinaria herramienta para la previsión meteorológica y el monitoreo del clima. ”



La detección activa y el posible uso de frecuencias en torno a los 45 MHz

Andre Tkacenko, ingeniero de análisis de señales del Grupo de Ingeniería del Espectro (332G) del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA)

La detección activa a bordo de vehículos espaciales para el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) consta de las siguientes categorías (véase la [Recomendación UIT-R RS.1166-4](#)):

- **Difusímetros** - para medir la velocidad y dirección del viento: 5,25-5,57 gigahercios (GHz); 8,55-8,65 GHz; 9,5-9,8 GHz; 13,25-13,75 GHz; 17,2-17,3 GHz y 35,5-36,0 GHz.
- **Altímetros** - para estimar la altitud sobre la superficie de la tierra y el océano: 3,1-3,3 GHz; 5,25-5,57 GHz; 8,55-8,65 GHz; 9,5-9,8 GHz; 13,25-13,75 GHz y 35,5-35,6 GHz.
- **Generadores de imágenes por radar de apertura sintética (SAR)** - para crear imágenes de radar o mapas topográficos: 432-438 megahercios (MHz), 1 215-1 300 MHz; 3 100-3 300 MHz; 5 250-5 570 MHz; 8 550-8 650 MHz y 9 200-10 400 MHz.

“La aparición de sistemas de radar de penetración en el suelo ha suscitado el interés por el uso de dichos instrumentos, llamados sondas, para la detección activa a bordo de vehículos espaciales.”

Andre Tkacenko

- **Radares de precipitación** – para determinar la pluviosidad: 13,25-13,75 GHz; 24,05-24,25 GHz y 35,5-36,0 GHz.
- **Radares de perfil de nubes** – para determinar el perfil de reflectividad de las nubes: 94,0-94,1 GHz; 133,5-134,0 GHz y 237,9-238 GHz.

La aparición de sistemas de radar de penetración en el suelo (**GPR**) ha suscitado el interés por el uso de dichos instrumentos, llamados sondas, para la detección activa a bordo de vehículos espaciales. Las agencias espaciales, con inclusión de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos (**NASA**) y la Agencia Espacial Europea (**ESA**) se interesan por el uso de las sondas para explorar las señales del cambio climático en la Tierra.

El concepto de misión de la Sonda en Órbita de los Acuíferos en zonas Áridas y el Manto de Hielo (**OASIS**), una iniciativa emprendida por el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA (**JPL**) y el Instituto de Investigación Ambiental y Energética de Qatar (**QEERI**), abarca el estudio del cambio climático en el subsuelo en zonas como los mantos de hielo polares y los desiertos hiperáridos. Esta exploración requiere frecuencias más bajas que las anteriores, que solían estar en las bandas de frecuencias altas o muy altas (bandas de ondas **hertométricas** o **métricas**). Las frecuencias centrales en torno a los 50 MHz deben cumplir los objetivos científicos de la misión.

Explorar las señales del cambio climático en el subsuelo

Los conceptos como OASIS abarcan diversos **objetivos científicos** clave:

Mantos de hielo:

- Se mide el espesor para deducir la topografía, la rugosidad y el tiempo geológico de los estratos.
- Se identifican y definen las características de las regiones en las que se ha producido anteriormente una reorganización del flujo de hielo.
- Se reevalúan el estado actual y el ritmo de descarga de hielo.
- Se integran las observaciones científicas a los modelos del flujo de hielo para determinar el impacto en el aumento del nivel del mar.

Desiertos:

- Se miden la profundidad y la distribución espacial de las superficies freáticas en acuíferos poco profundos a gran escala y alta resolución.
- Se definen las características de las estructuras geológicas en función de la recarga, el flujo y la descarga de aguas subterráneas.
- Se combinan las observaciones con los datos disponibles a fin de proporcionar información sobre la evolución de los acuíferos.

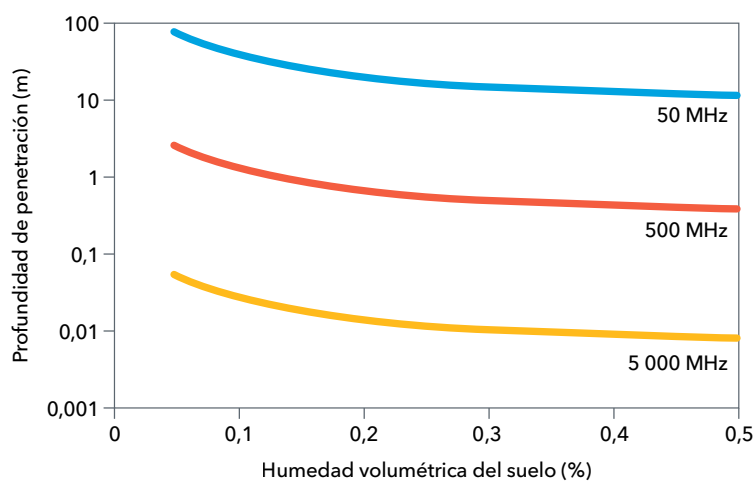


Para ofrecer una cobertura adecuada, se suele esperar que las sondas a bordo de vehículos espaciales funcionen en satélites en órbita heliosincrónica. ”

Gama de frecuencias necesaria para la penetración del suelo

El gráfico traza la profundidad de penetración de la superficie respecto de la humedad volumétrica del suelo. La exploración de los mantos de hielo subterráneos y los acuíferos poco profundos (de menos de 100 metros de profundidad) requiere una frecuencia central de en torno a los 50 MHz.

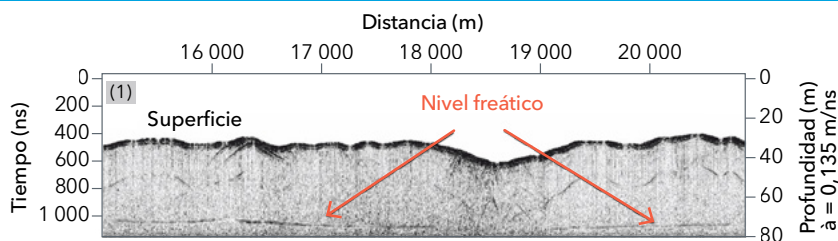
Profundidad de penetración de la superficie de una onda de radar incidente respecto de la humedad volumétrica del suelo, parametrizada por la frecuencia central



Fuente: Figura 1 de la Recomendación UIT-R RS.2042-1

Las sondas aerotransportadas han realizado mediciones alrededor de 50 MHz en zonas desérticas de la Península Arábiga. En la figura se muestra un ejemplo de radargrama de dicha campaña.

Radargrama de un radar de ondas métricas a bordo de una aeronave en Kuwait en 2011



Fuente: Figura 2 de la Recomendación UIT-R RS.2042-1

“Las sondas aerotransportadas han realizado mediciones alrededor de 50 MHz en zonas desérticas de la Península Arábiga.”

Para OASIS, los diseñadores consideraron una emisión con frecuencia central de 45 MHz y ancho de banda de 10 MHz (véase la [Recomendación UIT-R RS.2042-1](#)).

Varios factores incidieron en el diseño de esta forma de onda del radar, entre ellos:

- **Frecuencia central:** 45 MHz – lo más baja posible para lograr la penetración subterránea sin sufrir retardos ionosféricos, dispersión y pérdidas en exceso.
- **Resolución espacial:** ancho de banda de 10 MHz – para conseguir una resolución vertical de 10 metros en hielo y arena seca.

Uso operacional previsto

Para cumplir los objetivos científicos, se deben llevar a cabo las operaciones en zonas no habitadas o escasamente pobladas, incluidos los mantos de hielo de la Antártida y Groenlandia, junto con zonas desérticas de la región septentrional de África subsahariana y la Península Arábiga.

Para ofrecer una cobertura adecuada, se suele esperar que las sondas a bordo de vehículos espaciales funcionen en satélites en [órbita heliosincrónica](#). Para OASIS, en particular, se consideró una órbita de repetición exacta de 548 días a 400 km de altitud. Para reducir los efectos en los servicios existentes, las operaciones tendrían lugar a primera hora de la mañana mediante una órbita heliosincrónica con una [hora local del nodo ascendente](#) a las 4.00 horas, en un intervalo de 10 minutos en una órbita de 92,7 minutos.

Aumento de posibilidades

Si en la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT (CMR-23) se otorgase una atribución de frecuencias al SETS (activo) en los 45 MHz o alrededor de estos, mejoraría considerablemente la probabilidad de que conceptos como OASIS diesen sus frutos.



Si en la CMR-23 se otorgase una atribución de frecuencias al SETS (activo) en los 45 MHz o alrededor de estos, mejoraría considerablemente la probabilidad de que conceptos como OASIS diesen sus frutos. ”

Zonas de cobertura previstas para la sonda de radar aerotransportada en 45 MHz.



Fuente: Figura 4 de la [Recomendación UIT-R RS.2042-1](#).



Adobe Stock

Detección pasiva por microondas de nubes de hielo: fundamental para la predicción inmediata y la modelización del clima

Markus Dreis, Presidente del Grupo de Trabajo 7C del UIT-R (sistemas de teledetección) y administrador de frecuencias de la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos (EUMETSAT)

Las nubes de hielo cubren más de la tercera parte de la superficie de la Tierra. Afectan a las precipitaciones, la estructura atmosférica y los procesos de las nubes, e inciden considerablemente en el clima del planeta y los ciclos hidrológicos.

Las mediciones de sus propiedades a nivel mundial, incluido el trayecto del agua helada y la distribución del tamaño de las partículas de hielo, son indispensables para entender los efectos de las nubes de hielo en todo el mundo.



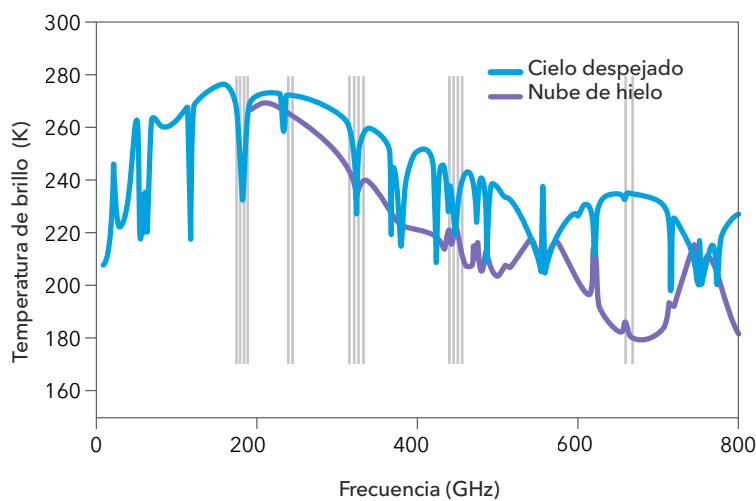
Las mediciones de las propiedades de las nubes de hielo a nivel mundial, incluido el trayecto del agua helada y la distribución del tamaño de las partículas de hielo, son indispensables para entender los efectos de las nubes de hielo en todo el mundo. ”

Markus Dreis



Para obtener mediciones de las nubes de hielo, los instrumentos de teledetección pasiva por microondas observan la atmósfera en frecuencias de microondas que se seleccionan cuidadosamente para obtener información sobre los componentes atmosféricos. Estas mediciones se pueden observar mejor en determinados "canales" en frecuencias alrededor de los 183 gigahercios (GHz), 243 GHz, 325 GHz, 448 GHz y 664 GHz (véase la figura).

Sensibilidad de la temperatura de brillo al cielo despejado y las nubes de hielo



Fuente: Documento 7/91 del UIT-R.

La figura compara las temperaturas de brillo aplicables a un cielo despejado y a una nube de hielo. La barra indica las posiciones de los canales de la nube de hielo.

Estos canales deben observarse como un conjunto, dado que es necesario realizar observaciones desde múltiples frecuencias de microondas para obtener información sobre determinados parámetros físicos. Los datos resultantes alimentan los modelos meteorológicos y climáticos regionales y mundiales a fin de representar adecuadamente los efectos radiativos y termodinámicos de las nubes de hielo.

“ Para obtener mediciones de las nubes de hielo, los instrumentos de teledetección pasiva por microondas observan la atmósfera en frecuencias de microondas que se seleccionan cuidadosamente para obtener información sobre los componentes atmosféricos. ”



Nuevos sensores optimizados para las nubes de hielo

Los actuales sensores pasivos operacionales por microondas suelen observar la atmósfera en frecuencias inferiores a los 200 GHz o utilizar el sondeo del limbo para medir los procesos químicos y la composición atmosférica. Lamentablemente, estos métodos son inadecuados para lograr una observación óptima de las nubes de hielo.

Actualmente se están desarrollando sensores pasivos por microondas, específicamente optimizados para medir las nubes de hielo, que estarán operativos para 2026. Un ejemplo claro es el sistema de generación de imágenes de nubes de hielo (Ice Cloud Imager) de los satélites de segunda generación del sistema polar operados por EUMETSAT, la Organización Europea para la Explotación de Satélites Meteorológicos.

Esos sensores de nueva creación llevarán a cabo observaciones en el conjunto de frecuencias de microondas señalado en la figura, utilizando 11 canales que van desde los 183 GHz hasta los 664 GHz. Un mecanismo de barrido cónico proporcionará una buena capacidad de penetración en las nubes a diferentes alturas de las nubes, y sensibilidad frente a las partículas de hielo en una amplia gama de tamaños.

Los nuevos instrumentos de generación de imágenes de nubes de hielo proporcionarán información que falta sobre las nubes de hielo, en especial sobre los cirros, el trayecto del agua y el radio efectivo de la nube de hielo, y la altitud de las nubes, para los modelos meteorológicos y climáticos. También proporcionarán perfiles verticales para la humedad y los hidrometeoros (hielo de la nube, granos de hielo y distribución de las nevadas), así como el vapor de agua, todo ello en apoyo de la predicción meteorológica numérica, la "predicción inmediata" y el monitoreo del clima.

Retraso en la normativa

Los canales específicos para que los sensores de microondas midan los componentes atmosféricos relacionados con las nubes de hielo se sitúan en frecuencias centradas en torno a 183 GHz, 243 GHz, 325 GHz, 448 GHz y 664 GHz.

Uno de esos canales, en torno a los 243 GHz, abarca un par de bandas espectrales simétricas en 239,2-242,2 GHz y 244,2-247,2 GHz. Sin embargo, estas frecuencias no están actualmente atribuidas al servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) en el Reglamento de Radiocomunicaciones gestionado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).



Actualmente se están desarrollando sensores pasivos por microondas, específicamente optimizados para medir las nubes de hielo, que estarán operativos para 2026.



Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT

El Reglamento de Radiocomunicaciones facilita el acceso equitativo y el aprovechamiento racional de los recursos naturales del espectro de radiofrecuencias y de las órbitas de los satélites geoestacionarios. Se actualizará este año en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23).

Véase el actual [Reglamento de Radiocomunicaciones](#).

Este canal en torno a los 243 GHz, situado centralmente entre las transiciones de vapor de agua a 183 GHz y 325 GHz, proporciona gran sensibilidad a las partículas de hielo de un tamaño aproximado de 700 micrómetros. Esto hace que sea adecuado para estimar el contenido de hielo en las nubes, medir las propiedades de los hidrometeoros de los cirros, el calor convectivo en mayores altitudes y las nubes yunque.

Se trata de un canal muy específico, también llamado canal (semi) ventana, en una gama de altas frecuencias que permite realizar mediciones en toda la atmósfera, con una absorción atmosférica mínima en comparación con los canales vecinos.

Sin embargo, la necesidad de esas bandas para los sensores pasivos por microondas no se conocía o se preveía en el año 2000, cuando se revisó y actualizó por última vez el cuadro de atribución de frecuencias en el Reglamento de Radiocomunicaciones. Por consiguiente, en ese momento el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) no recibió ninguna atribución en las bandas 239,2-242,2 GHz y 244,2-247,2 GHz.

Actualización necesaria en la CMR-23

En el punto 1.14 del orden del día de la CMR-23 se insta a que se revisen y ajusten las atribuciones de frecuencias en la gama 231,5-252 GHz. Esto es una extraordinaria oportunidad para atribuir frecuencias en las bandas 239,2-242,2 GHz y 244,2-247,2 GHz al servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo).

Esto permitiría adaptar el Reglamento de Radiocomunicaciones a las necesidades actuales, realizar una observación exhaustiva de las nubes de hielo y aportar beneficios a la sociedad mundial.



En el punto 1.14 del orden del día de la CMR-23 se insta a que se revisen y ajusten las atribuciones de frecuencias en la gama 231,5-252 GHz ”



CNES

Coordinación de frecuencias para los servicios de radiocomunicaciones por satélite en las bandas S, X y Ka

Jean Pla, Experto en gestión de frecuencias del Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES), Francia

La coordinación de satélites es una parte fundamental de la gestión de frecuencias que todos los operadores de satélites, bajo los auspicios de sus administraciones respectivas, deben realizar para garantizar que las operaciones estén libres de interferencias.

Las organizaciones científicas, como las agencias espaciales y meteorológicas, así como los operadores de telecomunicaciones y ahora los nuevos operadores espaciales, utilizan las bandas de servicios científicos por satélite en las gamas de frecuencias S, X y Ka. Se utilizan principalmente con fines de telemedida y telemando.

La coordinación de frecuencias de satélites, en particular en estas bandas de frecuencias, se basa en un marco reglamentario y técnico mundial gestionado por la [Unión Internacional de Telecomunicaciones \(UIT\)](#), el organismo de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación.



“La coordinación de satélites es una parte fundamental de la gestión de frecuencias que todos los operadores de satélites, bajo los auspicios de sus administraciones respectivas, deben realizar para garantizar que las operaciones estén libres de interferencias.”

Jean Pla

¿Qué es la coordinación de satélites y cuándo es necesaria?

La coordinación de satélites es un proceso bilateral y multilateral cuyo objetivo es lograr el funcionamiento sin interferencias de los sistemas de satélites existentes y futuros utilizados por las administraciones de los Estados Miembros de la UIT. Además, la existencia de procesos de coordinación obligatorios y no obligatorios permite el reconocimiento futuro de las nuevas estaciones o sistemas.

La coordinación obligatoria se aplica a las redes de satélites que utilizan órbitas de satélites geoestacionarios, los sistemas de satélites del servicio fijo por satélite y el servicio de radiodifusión por satélite y las estaciones con respecto a las cuales se estipula el requisito de efectuar coordinación en una nota del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias (Reglamento de Radiocomunicaciones, artículo 5).

Otras redes de satélites no geoestacionarios, con inclusión de todos los servicios pertinentes y ciertas bandas de frecuencias, están sujetas a la coordinación no obligatoria y solo requieren la publicación anticipada previa a la notificación y la inscripción de las asignaciones de frecuencias.

Cómo se lleva a cabo la coordinación

La coordinación de satélites debe entenderse como un proceso para evitar que haya posibles interferencias perjudiciales entre los sistemas inalámbricos, las estaciones o las aplicaciones de nueva creación y existentes.

Esto abarca las siguientes etapas:

- 1** El intercambio de datos técnicos y operativos, previamente presentados, o las nuevas asignaciones de frecuencias para las estaciones o los sistemas de radiocomunicaciones.
- 2** Los estudios sobre los posibles efectos de interferencia entre las asignaciones de frecuencias nuevas y existentes.
- 3** La correspondencia entre las autoridades nacionales e internacionales encargadas de la gestión del espectro y los usuarios del espectro.
- 4** La consideración, cuando se realizan trabajos técnicos, de las correspondientes normas de radiocomunicaciones de la UIT, conocidas como Recomendaciones del UIT-R, en que se definen los criterios de protección.



La coordinación de satélites debe entenderse como un proceso para evitar que haya posibles interferencias perjudiciales entre los sistemas inalámbricos, las estaciones o las aplicaciones de nueva creación y existentes. ”

Punto 9.2 del orden del día de la CMR-23

El Informe de la Reunión Preparatoria de la Conferencia de la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23), da instrucciones importantes a las administraciones para preparar la información de publicación anticipada sobre la banda S (2 025-2 110 MHz y 2 200-2 290 MHz). Este es uno de los temas que se abordará en la próxima conferencia de radiocomunicaciones.

Cada vez es mayor el número de presentaciones de información de publicación anticipada en la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR-IFIC), con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento de Radiocomunicaciones, artículo 9, número 9.1, que contienen información genérica. En particular, ha surgido una tendencia nociva consistente en realizar presentaciones para reservar todas las bandas de operaciones espaciales que cubren los 2 025-2 110 megahercios (MHz) y 2 200 2 290 MHz, o grandes partes de la banda S. En algunas presentaciones se ha llegado a declarar toda la superficie de la Tierra como zona de servicio y no se han mencionado estaciones terrenales específicas, solo las "típicas".

Esta falta de información específica hace que el proceso de cooperación previsto en el artículo 9 (números 9.3 y 9.4) sea más largo y más complicado. Frente a dicha información genérica, las administraciones pueden formular comentarios igualmente genéricos o solicitar información más detallada a la administración notificante. La Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT no puede rechazar notificaciones con amplias gamas de frecuencias, siempre que dichas notificaciones cumplan el Reglamento de Radiocomunicaciones.

Enfoque práctico sobre la banda S

La banda S requiere una atención específica porque es muy utilizada por muchos operadores. El Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R) y el Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales (SFCG), menos formal, han aprobado recomendaciones y resoluciones para ayudar a los operadores y las administraciones con la publicación anticipada, además de Recomendaciones del UIT-R para realizar cálculos.



La banda S requiere una atención específica porque es muy utilizada por muchos operadores.



Constitución de la UIT y Reglamento de Radiocomunicaciones

Con arreglo al artículo 1 de la Constitución de la UIT, una de las responsabilidades de la Organización es *"coordinar los esfuerzos para eliminar las interferencias perjudiciales entre las estaciones de radiocomunicación de los diferentes países y mejorar la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas por los servicios de radiocomunicación y de la órbita de los satélites geoestacionarios y otras órbitas"*.

En el artículo 44 de la Constitución se añade lo siguiente: "En la utilización de bandas de frecuencias para los servicios de radiocomunicaciones, los Estados Miembros tendrán en cuenta que las frecuencias y las órbitas asociadas, incluida la órbita de los satélites geoestacionarios, son recursos naturales limitados y... deben utilizarse de forma racional, eficaz y económica, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones".

Las administraciones de los Estados Miembros de la UIT y los operadores de satélites están vinculados por el [Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT](#), que es el único instrumento vinculante a nivel internacional en relación con la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites. En el artículo 9 de este instrumento se establecen los requisitos y procesos para obtener el acuerdo, mediante la coordinación de satélites entre los operadores, antes de lanzar el proceso de notificación de una red de satélites, mientras que en el artículo 11 se destacan las condiciones en las que se requiere dicha notificación.

El resultado de una reunión de coordinación de satélites está sujeto a la aprobación de las administraciones de los Estados Miembros de la UIT, y toda coordinación de satélites está regulada por los principios reglamentarios y técnicos expuestos anteriormente.

Debido a su gran y continua utilización, cada vez se presta mayor atención a la preservación de la banda S.

El caso de la banda X, que se utiliza para la transmisión de datos a alta velocidad, es específico porque suele requerir cálculos técnicos para facilitar la coexistencia entre las redes de satélites que utilizan las mismas bandas de frecuencias.

En el futuro, la banda Ka se utilizará extensamente para los satélites de observación de la Tierra con muy altas velocidades de datos.



Debido a su gran y continua utilización, cada vez se presta mayor atención a la preservación de la banda S. ”

Interferencia de radiofrecuencia en las mediciones de la observación de la Tierra

Yan Soldo, ingeniero de gestión de frecuencias y tecnología de la Agencia Espacial Europea

La interferencia de radiofrecuencia plantea varios desafíos para el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS), que depende de sensores precisos afectados por las ondas radioeléctricas. Normalmente, la presencia de interferencias de radiofrecuencias evitará por completo las mediciones, causará mayores incertidumbres (si dichas interferencias se identifican correctamente) o introducirá errores de medición. Los errores de medición suelen ocurrir en niveles inferiores de interferencias de radiofrecuencias, que son más difíciles de identificar [Oliva y otros, 2016].

Las fuertes interferencias de radiofrecuencias también pueden causar daños a los receptores de satélites, lo que puede dar lugar a pérdidas permanentes de datos científicos. Además, la necesidad de tener en cuenta las interferencias de radiofrecuencias añade costes de diseño y operativos a los sensores del SETS.



La interferencia de radiofrecuencia plantea varios desafíos para el servicio de exploración de la Tierra por satélite.

Yan Soldo

Necesidad de proteger la reglamentación y tomar medidas reglamentarias

Las mejoras de los soportes físicos o lógicos pueden reducir, pero no eliminar, los efectos de las interferencias de radiofrecuencias en los datos científicos. Hasta un algoritmo de detección de interferencias de radiofrecuencias perfecto deja a las redes de satélites de observación de la Tierra expuestas a algunas pérdidas de datos y a incertidumbres de medición. Por consiguiente, la protección reglamentaria y las medidas reglamentarias, en particular la notificación de interferencias de radiofrecuencias [Pedro y otros, 2022], son necesarias para proteger las mediciones científicas que son fundamentales para los estudios ambientales y climáticos, así como para la meteorología.

“Las mejoras de los soportes físicos o lógicos pueden reducir, pero no eliminar, los efectos de las interferencias de radiofrecuencias en los datos científicos.”

Pérdida científica y aumento del costo: Impacto de la interferencia de radiofrecuencia en los sensores del SETS

- Menos datos
- Mayor incertidumbre
- Obtención de información incorrecta
- Posibles daños permanentes



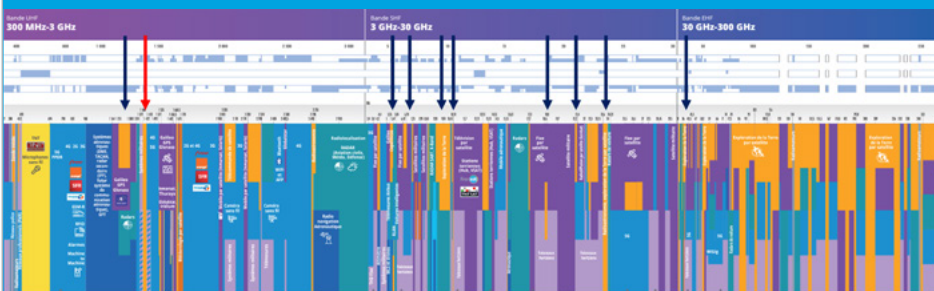
- Diseño para reducir al mínimo el riesgo de daños
- Elaboración de una estrategia de detección de la interferencia de radiofrecuencia
- Procesamiento de datos para las interferencias de radiofrecuencias
- Comunicación de las interferencias de radiofrecuencias a las autoridades nacionales

Contaminación de los sensores del SETS debida a la interferencia de radiofrecuencia

Actualmente, muchos sensores del SETS están afectados por la interferencia de radiofrecuencia. Se ofrecen algunos ejemplos en [Draper, 2018](#), y en la [página web dedicada](#) del Grupo de Coordinación de Frecuencias Espaciales (SFCG). Sin embargo, pocos son los operadores que pueden detectar y localizar constantemente las fuentes de interferencia y aún menos numerosos son los que han tomado medidas para comunicar la interferencia de radiofrecuencia a sus correspondientes organismos reguladores nacionales.

La siguiente figura ilustra una parte del cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias de Francia. Las flechas indican las bandas de frecuencias con casos documentados de sensores del SETS afectados por la interferencia de radiofrecuencia (aunque la interferencia podría estar presente en más bandas), mientras que la flecha roja indica la banda 1 400-1 427 MHz, que es la única en la que ha habido informes sistemáticos de interferencias de radiofrecuencias.

Parte del cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias de Francia. Las flechas indican las bandas de frecuencias con casos conocidos de interferencia de radiofrecuencia. La flecha roja indica una banda de frecuencias en la que se comunican sistemáticamente las interferencias de radiofrecuencias.



Interferencia de radiofrecuencia a los satélites del SETS comunicada

Interferencia de radiofrecuencia a los satélites del SETS no comunicada

MHz = megahercio
GHz = gigahercio

Fuente: anfr.fr

Como muestra esta figura, la interferencia de radiofrecuencia que afecta a los sensores del SETS se comunica en muy pocas ocasiones. Esto se debe parcialmente a la complejidad que supone la detección de la interferencia de radiofrecuencia, pero sobre todo a que la zona de impacto de los sensores del SETS (es decir, la zona que observan en cada momento) tiene una extensión de decenas de kilómetros, lo que es demasiado grande para tomar cualquier medida práctica en el terreno.

Sin embargo, los algoritmos desarrollados en los últimos años pueden localizar las fuentes de interferencia de radiofrecuencia con mayor precisión que la zona de impacto, normalmente de unos pocos kilómetros, lo cual es suficiente para que los organismos nacionales de reglamentación identifiquen la fuente de la interferencia de radiofrecuencia comunicada por los sensores del SETS.

Tendencias previstas

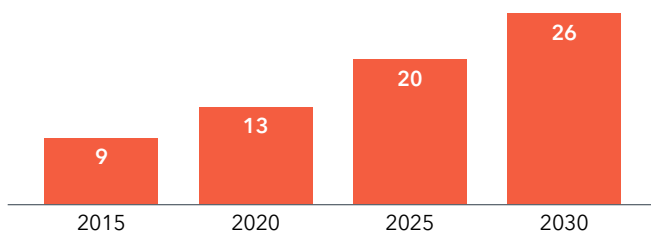
De cara al futuro, es probable que la interferencia de radiofrecuencia se convierta en un problema aún mayor. Actualmente se prevé que los satélites de observación de la Tierra adquieran una presencia mayor en el espectro, tanto a nivel del número de satélites como de las bandas de frecuencias observadas.

Al mismo tiempo, muchos otros servicios están planificando ampliar su presencia en el espectro. Por ejemplo, según el Instituto Estadounidense de Aeronáutica y Astronáutica (AIAA), el sector privado de satélites prevé desplegar **decenas de miles de satélites**; y en un **informe de la asociación mundial del sector de telecomunicaciones móviles (GSMA)** se prevé que para 2030 habrá 37 400 millones de conexiones de Internet de las cosas.

“*Les agences spatiales, reconnaissant qu'il s'agit d'un outil puissant pour protéger et maintenir les mesures scientifiques, s'efforcent d'améliorer leur capacité de signalisation sur les brouillages radioélectriques.*”



Número de bandas de frecuencias codiciadas por los satélites de la ESA



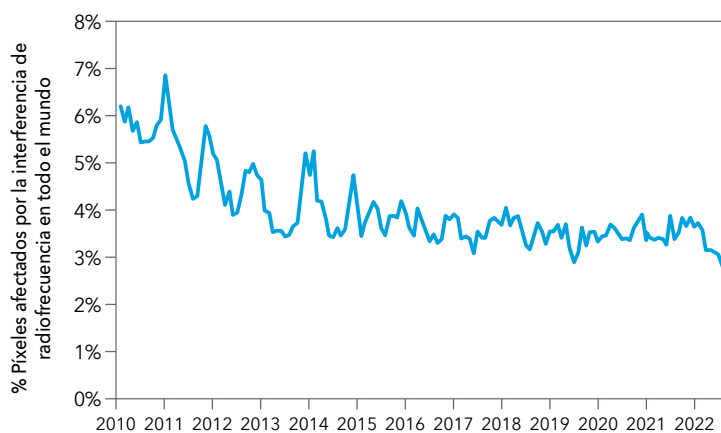
“Por consiguiente, los sensores del SETS deben prepararse para la presencia de interferencias de radiofrecuencias.”

Impacto de la comunicación de información sobre interferencias de radiofrecuencias

La banda de 1 400-1 427 MHz es un caso en el que el entorno de la interferencia de radiofrecuencia ha mejorado ligeramente y no ha empeorado durante los últimos años. Las interferencias de radiofrecuencias fueron detectadas por primera vez en esta banda en 2010, por la Agencia Espacial Europea (ESA), en el marco de la [misión sobre humedad del suelo y salinidad de los océanos \(SMOS\)](#). Esto hizo que se realizasen esfuerzos concertados para detectar, localizar y comunicar las fuentes de interferencias.

La continuación de estos esfuerzos a lo largo de los años ha dado paso a una reducción gradual de la contaminación por interferencias de radiofrecuencias (véase a continuación), lo que demuestra la eficacia de la comunicación de información al respecto.

Porcentaje de píxeles terrestres de la superficie de la Tierra afectados por la interferencia de radiofrecuencia en los productos de la misión SMOS



Fuente: Uranga y otros, 2022

El futuro de la comunicación de información sobre interferencias de radiofrecuencias

Las agencias espaciales, reconociendo que esta es una poderosa herramienta para proteger y mantener las mediciones científicas, se esfuerzan por mejorar sus capacidades en materia de comunicación de interferencias de radiofrecuencias.

Algunas misiones futuras de la ESA, como [Metop-SG](#) y el [Radiómetro de Microondas para Imágenes Copernicus \(CIMR\)](#), llevarán soportes lógicos dedicados al procesamiento de información sobre interferencias de radiofrecuencias y actualmente se están realizando trabajos para mejorar las capacidades de detección y supervisión de estas interferencias. Esto debería dar lugar, en los próximos años, a una comunicación más sistemática de información sobre las fuentes de interferencias de radiofrecuencias que afectan a los sensores del SETS.

Conclusiones

Se han documentado casos de interferencias de radiofrecuencias en varias bandas, y se considera que dichas interferencias son una preocupación cada vez mayor, dado que muchos servicios terrestres y aerotransportados prevén aumentar su dependencia del espectro.

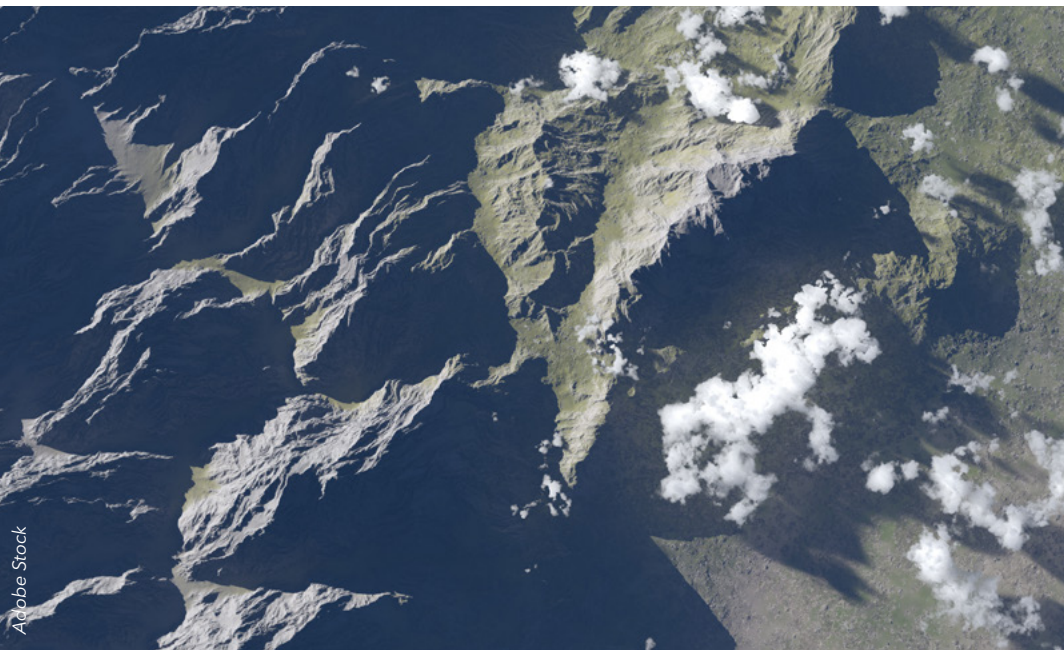
Por consiguiente, los sensores del SETS deben prepararse para la presencia de interferencias de radiofrecuencias. Una parte fundamental de dicha preparación consiste en definir una estrategia que permita sistemáticamente identificar las interferencias de radiofrecuencias y comunicar información sobre ellas a los organismos nacionales de reglamentación. Esto se ha implementado en una banda (con resultados positivos) y actualmente se están realizando trabajos adicionales para mejorar la comunicación de información sobre dichas interferencias, con inclusión de bandas adicionales.



Metop-SG

La segunda generación de Metop garantizará la continuación de las observaciones meteorológicas desde la órbita polar.

[Véase la presentación en vídeo](#)



Teledetección pasiva por microondas para la predicción numérica del tiempo

Stephen English, Director Adjunto de Investigación del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio

Las observaciones pasivas por microondas son fundamentales para la predicción numérica del tiempo (PNT), la modelización del clima y la preparación para casos de desastre. A medida que se va acercando la fecha de la [Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones \(CMR-23\)](#), estos y otros servicios vitales necesitan protección reglamentaria.

La PNT sustenta objetivos fundamentales de la [Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible](#) de las Naciones Unidas y el [Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres](#). Su "revolución tranquila" en la meteorología ha mitigado los riesgos de desastres relacionados con el clima, reduciendo las pérdidas de vidas humanas y medios de subsistencia ([Nature](#), vol. 525, 2015).

La combinación de las observaciones con los modelos numéricos nos permite predecir el estado futuro del sistema de la Tierra, en particular las condiciones del clima, los océanos, la superficie terrestre, la nieve, el hielo marino y la atmósfera.

“Las observaciones pasivas por microondas son fundamentales para la predicción numérica del tiempo, la modelización del clima y la preparación para casos de desastre.”

Stephen English

Por qué los modelos de PNT necesitan bandas de frecuencias protegidas

Los instrumentos de satélite observan la Tierra en muchas bandas de frecuencias espectrales. Las observaciones del espectro radiológico, de manera unívoca, pueden penetrar en las nubes, a menudo donde se necesita más la información.

Determinadas bandas, algunas incluidas en el número 5.340 del [Reglamento de Radiocomunicaciones](#), proporcionan diferentes tipos de información meteorológica.

Por ejemplo:

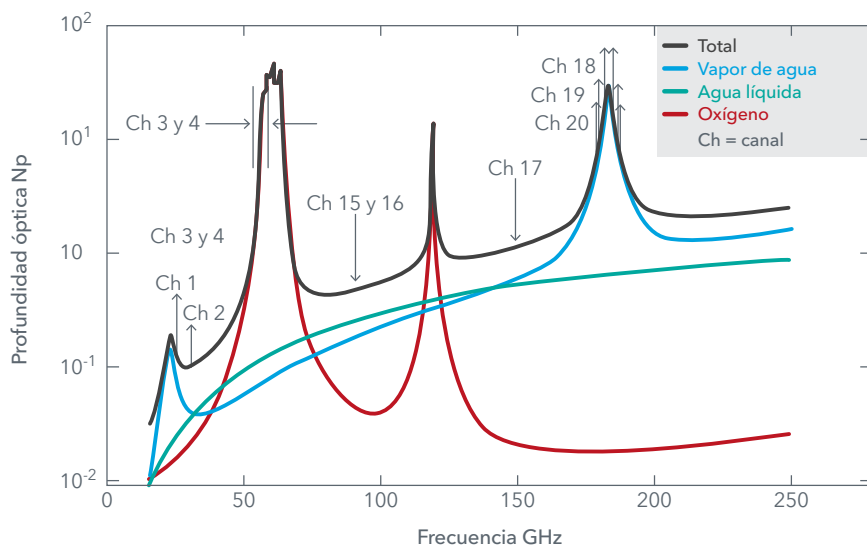
- 1 400-1 427; 6,9-7,0; 10,6-10,7; 18,6-18,8; 23,6-24; 31,3-31,5 y 36-37 gigaher-cios (GHz) - Atmósfera de la superficie de la Tierra y cerca de ella;
- 50,2-57,3 GHz; 87-91; 115-122; 165-166; 176-191; 228-230 GHz - Temperatura atmosférica, vapor de agua y nubes en fase líquida en 3D;
- 241-245, 314-336, 439-457 y 657-671 GHz - Nubes en fase de hielo; y
- 486-504 y 540-580 GHz - Gases residuales atmosféricos.

Las características espectrales entre 1 GHz y 250 GHz (véase la *Figura 1*) muestran:

- dos líneas espectrales de absorción de vapor de agua cerca de los 22 GHz y 183 GHz;
- líneas de oxígeno cerca de los 118 GHz;
- y un grupo de líneas de oxígeno entre 50,2 y 57,3 GHz.

“La combinación de las observaciones con los modelos numéricos nos permite predecir el estado futuro del sistema de la Tierra, en particular las condiciones del clima, los océanos, la superficie terrestre, la nieve, el hielo marino y la atmósfera.”

Figura 1 – Espectro de microondas: muestra la atenuación debida al agua líquida (verde), vapor de agua (azul), oxígeno (rojo) y total (negro) para 200 gm-2 de agua líquida de nube y una atmósfera estándar de Estados Unidos.

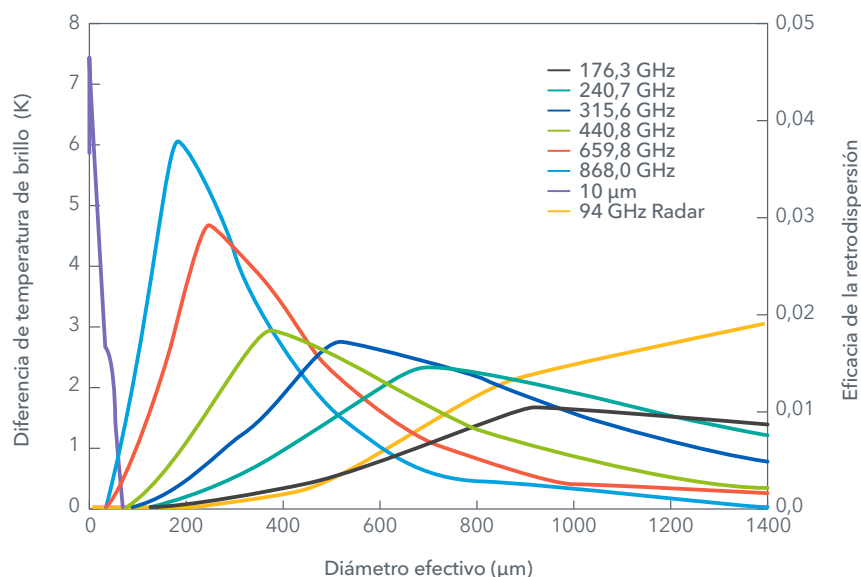


Fuente: Met Office, Reino Unido

Los sensores pasivos que observan estas emisiones naturales, sin embargo, son sensibles incluso a niveles muy bajos de interferencias de radiofrecuencias.

La información de las nubes de hielo de las bandas por encima de los 200 GHz estará próximamente disponible mediante el [Ice Cloud Imager](#) y el [satélite meteorológico del Ártico](#). Se necesitan varias bandas en la gama 176-868 GHz para obtener información sobre diversos tamaños de hidrometeoros de nubes de hielo (véase la Figura 2).

Figura 2 – Sensibilidad de las bandas a los hidrometeoros de hielo: 176–868 GHz



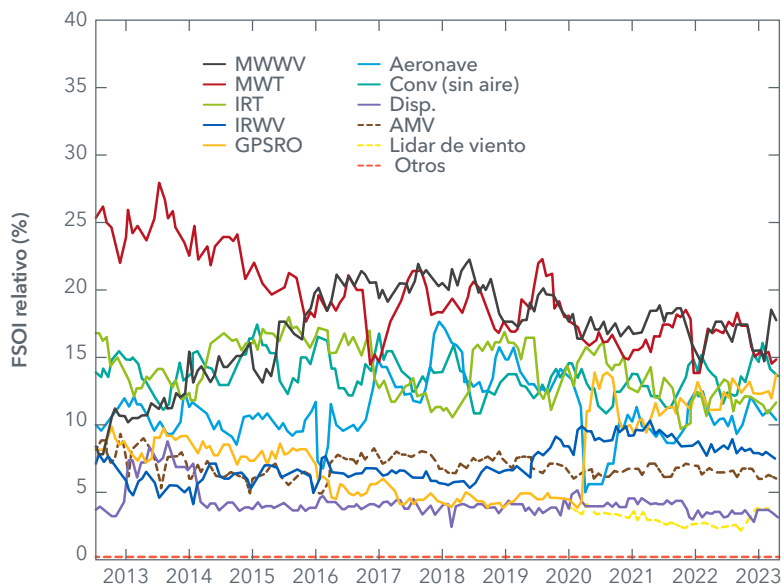
Fuente: Buelher y otros (2007) Derechos de autor © 2007 Royal Meteorological Society

Por qué es importante la observación de radiofrecuencias en la previsión

Las observaciones de radiofrecuencias realizadas por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF) proporcionan la mayor reducción de errores de cualquier tipo de observación meteorológica (véase la Figura 3).

Se ha informado exhaustivamente sobre el valor que tienen los satélites de exploración de la Tierra para la predicción meteorológica, en particular en el marco del ECMWF en 2018 y en [talleres sobre la interferencia de radiofrecuencia realizados en 2019 y 2022](#), así como en la literatura, como en Bormann y otros (2019) y Randriamampianina y otros (2021).

Figura 3 – Efecto de la observación sobre la base de la sensibilidad de la previsión (FSOI) para 2012-2023



MWWW = Sonidas de humedad de microondas en 174-192 GHz
 MWT= Sonidas de temperatura de microondas en 50-58 GHz
 IRT = Sonidas de temperatura de infrarrojos
 IRWV = Sonidas de humedad de infrarrojos
 GPSRO = Ocultación radioeléctrica
 GNSS Aeronave = Observaciones in situ en aeronave
 Conv (sin aire) = Otras observaciones in situ
 Disp. = Dispersómetros (actualmente toda la banda C)
 AMV = Vectores de movimiento atmosférico (de las secuencias de imágenes por satélite)
 Lidar de viento = Lidar de viento por doppler ultravioleta (solo Aeolus en este período)
 Otros = Todos los demás tipos de observación

Fuente: Alan Geer

Los registros de datos de satélite para las variables climáticas esenciales, que remontan a más de cuatro décadas, permiten supervisar el clima tanto mediante datos convencionales como a través de un "nuevo análisis" en el sistema modificado de PNT.

Las bases de datos europeas, como los [Centros de Aplicaciones de Satélites](#) de EUMETSAT y la [Iniciativa sobre el Cambio Climático de la ESA](#), han seguido alimentando los conocimientos del clima a nivel mundial.

Los "mapas sin brechas" resultantes, como ERA-5, elaborados por el [Servicio del Cambio Climático de Copernicus](#), operado por el ECMWF en nombre de la Comisión Europea, sustentan cada vez más las medidas en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. La observación espacial a largo plazo es necesaria para supervisar los cambios futuros.

Proteger las bandas del SETS de las interferencias

Varios temas de debate de la CMR-23 guardan relación con los servicios meteorológicos y climáticos, y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha publicado una [declaración de posición](#) sobre ellos. Preocupan especialmente las observaciones de la Tierra en torno a los 7 GHz, utilizadas para supervisar las temperaturas de los océanos (punto 1.2 del orden del día).

La disposición del Reglamento de Radiocomunicaciones sobre las mediciones de los sensores pasivos por microondas (número 5.458) no llega a atribuir espectro al servicio de observación de la Tierra por satélite (SETS), que podría en consecuencia verse afectado por las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT-2020/5G) que utilizan la misma frecuencia.

El orden del día de la CMR-23 afecta también a los 10,65 GHz (punto 1.2 del orden del día), 18,7 GHz (puntos 1.16 y 1.17) y 36,5 GHz (punto 9.1d), pertinentes para las nubes líquidas y las superficies terrestres, y otras bandas del SETS (punto 9.1c).

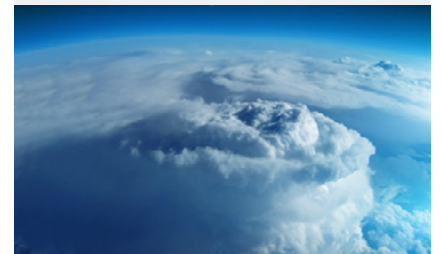
Es necesario adoptar decisiones para preservar las mediciones mundiales en estas bandas de detección pasiva únicas.

Por conducto de los Científicos Europeos del Espectro para la Observación de la Tierra (ESSEO), una iniciativa dirigida por la Agencia Espacial Europea, se prestará más apoyo científico a las posiciones de la OMM, tanto en la CMR-23 como dentro de cuatro años en la CMR-27.

La previsión meteorológica tiene una tremenda importancia socioeconómica. Por consiguiente, su adecuada protección debe mantenerse en el Reglamento de Radiocomunicaciones.



La previsión meteorológica tiene una tremenda importancia socioeconómica.



Supervisar la evolución de nuestro planeta - la revista Actualidades de la UIT

En un artículo de la revista Actualidades de la UIT publicado en 2019 se explicó la función que desempeñaban las observaciones pasivas por microondas en las predicciones numéricas del tiempo.

Lea el artículo en la [página 54](#).



Flávio Jorge



Luis Pedro



Sandro Mendonça

Nuevas perspectivas para la observación de la Tierra respecto de la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible

Flávio Jorge, Presidente Nacional y Representante Internacional de Profesionales al Inicio de su Trayectoria Profesional de la Comisión E (entorno electromagnético e interferencias) de la Unión Radiocientífica Internacional; Luis Pedro, Director de ANACOM (Portugal); y Sandro Mendonça, Profesor en la Escuela de Negócios Iscte Business School/Instituto Universitario de Lisboa (Portugal) y Asesor de Anatel (Brasil).

El cambio climático, observado en forma de olas de calor, incendios, sequías e inundaciones, a menudo en el mismo territorio y durante el mismo año, tiene **efectos sociales y económicos** dramáticos. Supone una amenaza para la seguridad pública y socaba la seguridad del abastecimiento de agua y alimentos, a la vez que altera los patrones de enfermedades y obliga a muchas personas a desplazarse.

*ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações), Portugal
Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), Brasil*

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas en 2015 definen el camino fundamental para resolver los grandes problemas sociales de nuestra era. En vista de la próxima conferencia de las Naciones Unidas sobre el clima (COP28), que tendrá lugar en Dubái a finales de noviembre, paralelamente a la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23), ha llegado el momento de reconocer la intersección entre las agendas relativas al clima y a las radiocomunicaciones.

Cómo favorecen los satélites de observación de la Tierra el desarrollo sostenible

Los satélites de observación de la Tierra son un elemento indispensable de la infraestructura, que toman el pulso de nuestro planeta respecto de la capacidad de contribuir a la mayoría de los ODS, si no a todos. Los datos resultantes sobre el clima, el uso de la tierra y otros factores constituyen una fuente de inteligencia estratégica para la elaboración y evaluación de políticas anticipatorias y correctivas.

El servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS), operado por misiones de observación de la Tierra en el marco del Reglamento de Radiocomunicaciones gestionado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), constituye un bien público mundial que garantiza beneficios únicos. Sin embargo, la continuación de su funcionamiento depende de la disponibilidad cada vez más limitada de órbitas de satélite, y de los recursos del espectro radioeléctrico necesarios para la teledetección por microondas, así como para las comunicaciones.

La gobernanza es fundamental para garantizar la resiliencia y la adaptabilidad.

Rápido crecimiento de la utilización de las órbitas y el espectro

El espectro radioeléctrico es esencial para los sensores de observación de la Tierra.

OSCAR –la [herramienta de análisis y revisión de la capacidad de los sistemas de observación](#) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)– pone a disposición una base de datos de frecuencias de satélite utilizadas para la observación de la Tierra, entre otras cosas para la teledetección por microondas. La distribución de los usos del espectro (véase la Figura 1) muestra la importancia del espectro radioeléctrico para los sensores de observación de la Tierra: todas las gamas de frecuencias han sido utilizadas, se utilizan o se ha previsto su utilización en el futuro.

Además, el número de satélites de observación de la Tierra ha ido creciendo cuadráticamente, a medida que ha ido aumentando el número de usos del espectro por los sensores de observación de la Tierra (véase la Figura 2).



Los satélites de observación de la Tierra son un elemento indispensable de la infraestructura, que toman el pulso de nuestro planeta respecto a la capacidad de contribuir a la mayoría de los ODS, si no a todos. ”

Flávio Jorge, Luis Pedro, et Sandro Mendonça



Figura 1 – Distribución de los usos del espectro radioeléctrico por los sensores de observación de la Tierra.

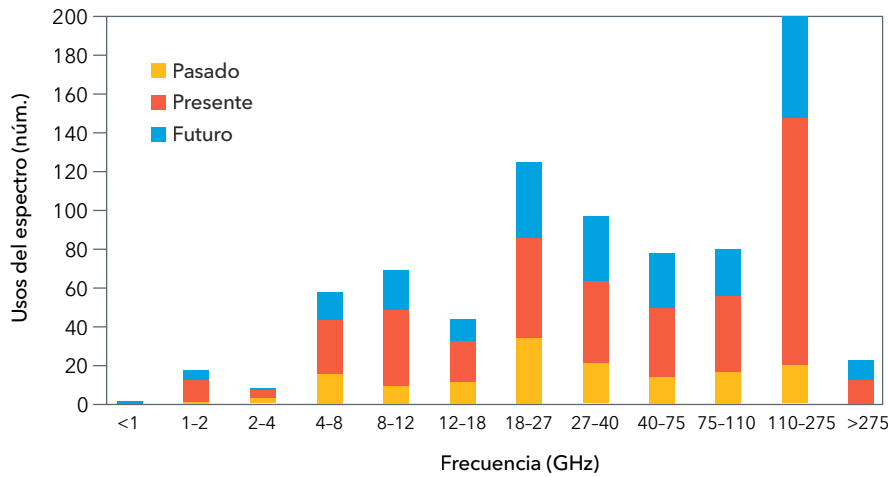
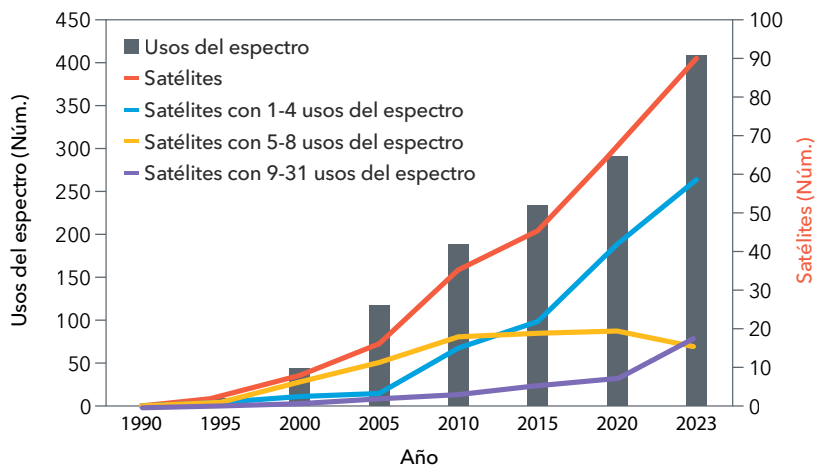


Figura 2 – Evolución de los usos del espectro por los sensores de observación de la Tierra y evolución de los satélites de observación de la Tierra operativos (con inclusión del desglose por tipo de uso del espectro).



Vigilancia de la Tierra cada vez más oportuna

Tanto los números promedios como medianos de usos del espectro, por satélite, por los sensores de observación de la Tierra, han disminuido durante los últimos años, tras alcanzar un máximo en torno a 2005 (véase el cuadro).

Cuadro 1 – Valores promedios y medianos de los usos del espectro por los sensores de observación de la Tierra por satélite.							
	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Promedio	3,7	5,4	7,4	5,3	5,2	4,3	4,5
Mediano	5,0	5,5	6,5	5,0	5,0	1,0	1,0

Estas conclusiones concuerdan con la tendencia de desplegar satélites más pequeños, más sencillos y más baratos en constelaciones formadas por un mayor número de satélites. Este enfoque basado en grandes constelaciones de satélites pequeños reduce el tiempo de iteración y proporciona una vigilancia de la Tierra en tiempo real.

Auge de las misiones más ligeras

Desde el punto de vista de la intensidad de uso del espectro (véase la Figura 2), se observa un incremento del número de misiones "más ligeras" (con menos de cinco usos distintos del espectro radioeléctrico, por satélite, por los sensores de observación de la Tierra). Las misiones "más pesadas", con más de ocho usos de ese tipo por satélite, siguen desplegándose, pero a una velocidad inferior, abarcando posiblemente aplicaciones más grandes, más complejas y más costosas.

Sin embargo, las misiones "intermedias", que dominaron el sector de la observación de la Tierra en sus primeros días, se estancaron hace aproximadamente una década y ahora han empezado a disminuir, en consonancia con las vidas útiles modales de las misiones obsoletas que había por aquel entonces.



El espectro radioeléctrico es esencial para los sensores de observación de la Tierra. ”



Uso sostenido, eficaz y eficiente de los activos de observación de la Tierra

En vista de la demanda cada vez mayor de órbitas de satélite y espectro radioeléctrico, el uso racional de los activos de observación de la Tierra ha adquirido una importancia sin precedentes. Por tanto, la compleja cadena de valor de la economía espacial necesita ser orquestada continuamente.

Entre las distintas funciones y responsabilidades están:

- **Los investigadores** – que mejoran la viabilidad de las tecnologías y la eficiencia del uso de los recursos.
- **Los organismos reguladores** – que definen las normas prácticas y obligatorias, entre otras cosas requisitos de protección realistas.
- **Los fabricantes** – que diseñan tecnologías sólidas y asequibles en aplicación de principios de la economía circular, cumpliendo debidamente tanto las normas y recomendaciones vigentes como las futuras.
- **Los operadores** – que operan en marcos establecidos y reclaman protección contra las interferencias de radiofrecuencias cuando es necesario (los métodos y procedimientos a este respecto se abordan [aquí](#)).
- **Las autoridades de supervisión y aplicación de la ley** – que garantizan un entorno electromagnético seguro para las operaciones, mantienen el espectro radioeléctrico libre de interferencias perjudiciales, proporcionan protección radioeléctrica efectiva cuando es necesario y apoyan la compartición eficiente del espectro.

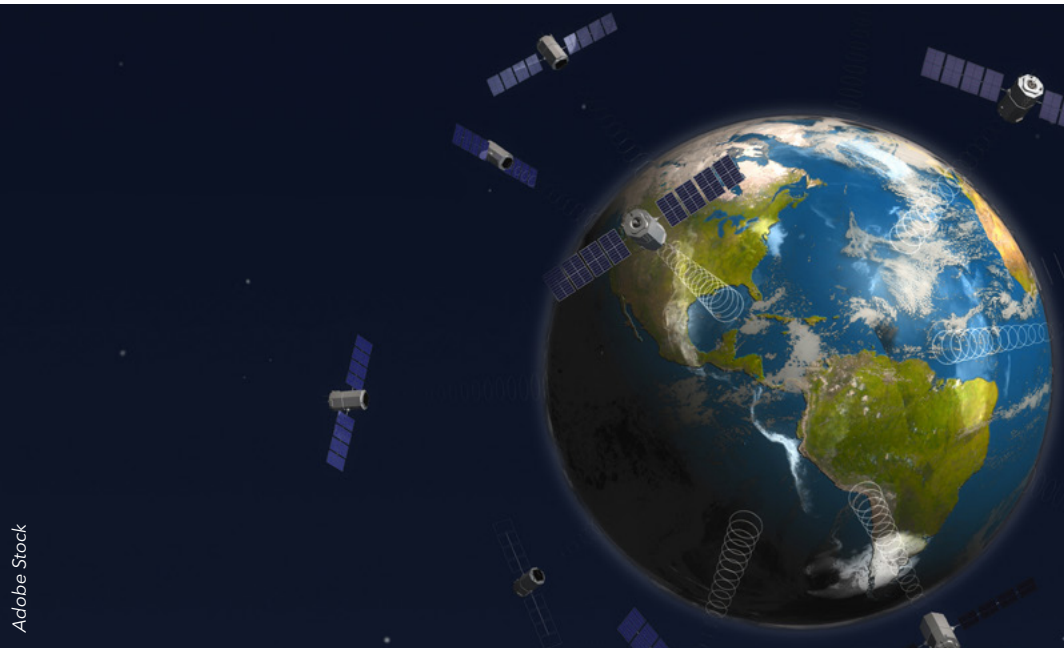
La UIT desempeña un papel indispensable en la coordinación de todas estas funciones. En su condición de organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías digitales de conectividad, fomenta el consenso a la vez que respeta la soberanía y la diversidad, crea puentes entre las comunidades y maximiza los beneficios para las sociedades de todo el mundo.

La observación de la Tierra forma parte integrante del ecosistema de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que constituye un elemento clave de la continua transformación digital del mundo. Es fundamental para abordar nuestras crisis planetarias actuales.

Por tanto, ha llegado el momento de unirse en torno a los ODS, actuar colectivamente para nuestro futuro común y sacar el mayor partido a la CMR-23 a fin de garantizar la disponibilidad continua del espectro y de los recursos espaciales para todos.



Ha llegado el momento de unirse en torno a los ODS, actuar colectivamente para nuestro futuro común y sacar el mayor partido a la CMR-23 a fin de garantizar la disponibilidad continua del espectro y de los recursos espaciales para todos. ”



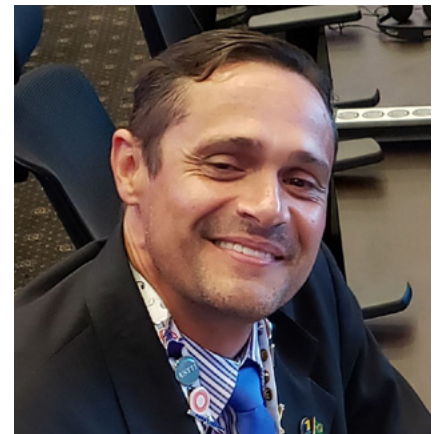
Servicios de exploración de la Tierra por satélite en América Latina y el Caribe

Tarcísio Bakaus, Vicepresidente del Grupo de Trabajo 7C del UIT-R (sistemas de teledetección) y coordinador de la Gestión Internacional del Espectro y las Órbitas (División del Espectro, las Órbitas y la Radiodifusión) de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones de Brasil (Anatel).

El servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) es un servicio de radiocomunicaciones entre las estaciones terrenas y espaciales que obtiene datos de los sensores situados en los satélites de observación de la Tierra y otras plataformas.

Este servicio permite proporcionar información sobre las características de la Tierra, el medio ambiente y los fenómenos naturales. Asimismo, apoya la supervisión ambiental y climática, la gestión de desastres, la agricultura, la gestión del agua, la exploración de recursos naturales y otros fines diversos.

Los países de América Latina y el Caribe han realizado avances significativos en materia de observación de la Tierra utilizando el SETS, gracias en parte a las asociaciones internacionales y los programas específicos diseñados para atender las necesidades de los países en desarrollo.



“ Los países de América Latina y el Caribe han realizado avances significativos en materia de observación de la Tierra utilizando el SETS. ”

Tarcísio Bakaus

Argentina

El Satélite para Aplicaciones Científicas (SAC-D) fue lanzado en 2011 en cooperación con la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). Respecto de la serie SAOCOM (Satélite Argentino de Observación Con Microondas), los lanzamientos tuvieron lugar en 2018 y 2020. Ambos programas proporcionaron información exhaustiva sobre los procesos oceánicos, además de supervisar la agricultura, la humedad del suelo y las inundaciones.

Un próximo proyecto conjunto de observación de la Tierra mediante dos satélites entre Argentina y Brasil, conocido como SABIA-Mar (satélites de Argentina y Brasil para la información ambiental del mar) tiene por objeto combinar los datos oceánicos para entender mejor los mares regionales.

Brasil

El país más grande de la región opera actualmente múltiples satélites de observación de la Tierra. La serie de Satélites Chino-Brasileños para el Estudio de los Recursos Terrestres (CBERS) y la constelación SCD (satélite de recopilación de datos), cuyos lanzamientos comenzaron en 1999, así como el satélite Amazonia-1 lanzado en 2021 en virtud de la Carta Internacional de Desastres, recopilan datos sobre la deforestación, la urbanización y las actividades agrícolas. Estos satélites desempeñan un papel fundamental para entender y preservar los recursos naturales de Brasil, así como para supervisar los desastres naturales y apoyar las actividades de supervisión regionales.

México

El satélite del Observatorio Mexicano del Clima y la Composición Atmosférica (OMECCA), lanzado en 2022, y AzTechSat-1, lanzado en 2019 en cooperación con la NASA, han creado nuevas oportunidades en la esfera de la observación de la Tierra para el país. Estos proyectos ofrecen un inmenso potencial para mejorar la agricultura, la gestión de los desastres y la capacidad de seguridad y vigilancia, a la vez que apoyan los estudios sobre el cambio climático, la inteligencia urbana y la cartografía.

Otras iniciativas latinoamericanas

Algunas iniciativas destacadas de Chile (satélite FASat-Charlie, 2011), Bolivia (Túpac Katari-1, o TKSat-1, junto con China, 2013), Uruguay (AntelSat, 2014), Perú (PerúSAT-1, 2016), y Colombia (FACSAT-1, 2018), entre otras, ofrecen capacidades incomparables en materia de adquisición de datos que refuerzan la supervisión y gestión del medio ambiente.



El país más grande de la región opera actualmente múltiples satélites de observación de la Tierra. ”



Proyectos caribeños

La vía de la región caribeña del Programa Piloto de Resiliencia al Cambio Climático (PPCR), la Agencia Caribeña para el Manejo de Emergencias por Desastres (CDEMA) y el Instituto de Meteorología e Hidrología del Caribe (CIMH) contribuyen activamente a la investigación y el desarrollo de sistemas de observación de la Tierra.

Además, las colaboraciones con la NASA, la Agencia Espacial Europea (ESA), la Administración Espacial Nacional de China (CNSA) y otras organizaciones espaciales internacionales han dado lugar a importantes proyectos en la región insular y siguen siendo útiles para fomentar una mayor evolución e innovación de América Latina y el Caribe.

La CMR-23 y los próximos pasos

Las soluciones colaborativas, la implicación proactiva y los avances técnicos son fundamentales para la futura observación de la Tierra. Por consiguiente, es crucial apoyar los programas espaciales y de desarrollo del SETS de América Latina y el Caribe.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23), celebrada en noviembre y diciembre, ofrece la oportunidad de definir el futuro del SETS y garantizar el avance en diversos aspectos de la observación de la Tierra que podrían respaldar los objetivos de desarrollo regional.

Expectativas para el SETS

La aprobación en la CMR-23 de una nueva atribución a título secundario al SETS para la banda de frecuencias 40-50 megahercios (MHz) permitiría lograr avances considerables en la medición del subsuelo utilizando radares de sonido, lo que facilitaría la detección de agua y hielo en regiones remotas y con poca población.

Otro objetivo es ajustar las atribuciones de frecuencias existentes o nuevas a título primario al SETS (pasivo) en la gama de 231,5-252 gigahercios (GHz), lo que permitiría realizar avances en los modelos climáticos que capturan información precisa sobre el impacto de las nubes de hielo en el ciclo climático e hidrológico de la Tierra.

En la próxima conferencia también se abordará el importante tema de la protección de los sensores meteorológicos espaciales, que son fundamentales para prevenir los efectos nocivos en los sistemas de radiocomunicaciones, en particular los servicios de radionavegación y aeronáuticos. Los estudios sobre el tema podrían continuar, con el objetivo de terminar para la CMR-27 dentro de cuatro años.



Es crucial apoyar los programas espaciales y de desarrollo del SETS de América Latina y el Caribe. ”



Además, la CMR-23 se centrará en la protección de los sistemas pasivos en la gama de 36-37 GHz para las mediciones de la superficie, la previsión meteorológica y la investigación.

Por último, se deben definir medidas para estudiar y actualizar las disposiciones técnicas y reglamentarias a fin de garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones espaciales.

Cooperación para reforzar los servicios espaciales

La participación de los organismos internacionales es fundamental para garantizar la continuación de los servicios por satélite y las capacidades del SETS, así como para facilitar su ulterior desarrollo. Además, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y su Sector de Radiocomunicaciones (UIT-R) deben fortalecerse para garantizar la continuidad de la concesión de nuevas atribuciones y la protección de las operaciones existentes, así como para mejorar el marco de la sostenibilidad espacial.

Estas medidas deben implementarse con la plena participación de las administraciones de los Estados Miembros de la UIT, las empresas y organizaciones Miembros de Sector de la UIT, y todos los organismos internacionales y regionales pertinentes. Esto ha de tener lugar tanto a nivel regional como mundial.

El desarrollo y mantenimiento de un entorno de satélites seguro requiere una intensa cooperación, ya sea en la región de América Latina y el Caribe o a nivel mundial. El servicio de exploración de la Tierra por satélite y, por tanto, todo el sector de las telecomunicaciones, saldrán beneficiados.



La participación de los organismos internacionales es fundamental para garantizar la continuación de los servicios por satélite y las capacidades del SETS, así como para facilitar su ulterior desarrollo. ”

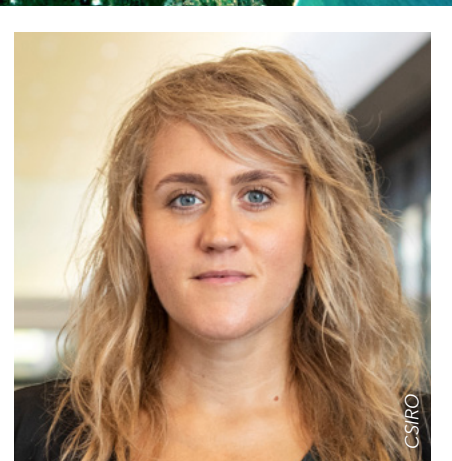


El desarrollo y mantenimiento de un entorno de satélites seguro requiere una intensa cooperación, ya sea en la región de América Latina y el Caribe o a nivel mundial. ”



Imagen por satélite de un flujo de sedimentos desde el río Fitzroy hasta la Gran Barrera de Coral.

Sentinel-2 Unión Europea



Una visión satelital para mejorar la vida en la Tierra

Amy Parker, Directora del Centro de Observación de la Tierra (CSIRO), Australia

¿Sabía que los satélites pueden detectar el inflamamiento de un volcán antes de que entre en erupción? ¿O que las imágenes de satélite se utilizan para entender los efectos de la guerra en Ucrania en el suministro mundial de alimentos?

En el CSIRO, que es la agencia científica nacional de Australia, utilizamos la observación de la Tierra para hacer frente a los mayores desafíos que afrontan nuestra sociedad y nuestro planeta. Por ejemplo, hemos analizado las imágenes de satélite de las tierras de cultivo ucranianas y la actividad de transporte desde febrero de 2022 para facilitar la [medición de los efectos de la guerra en el suministro mundial de alimentos](#).

De manera más cercana, utilizamos la observación de la Tierra para generar mapas minerales a escala nacional, medir la recuperación del medio ambiente tras los incendios y hacer un seguimiento de los efectos de las inundaciones en la Gran Barrera de Coral.

“ En el CSIRO, que es la agencia científica nacional de Australia, utilizamos la observación de la Tierra para hacer frente a los mayores desafíos que afrontan nuestra sociedad y nuestro planeta. ”

Amy Parker



El reto de los datos

La reciente proliferación de las imágenes de observación de la Tierra de libre acceso está ofreciendo oportunidades y un valor sin precedentes. Según Deloitte, los beneficios económicos atribuibles a los datos de la observación de la Tierra durante 2020 fueron del orden de **2 500 millones de dólares australianos (unos 1 600 millones de dólares de Estados Unidos) solo en Australia**. Sin embargo, los aumentos exponenciales del volumen y la variedad de datos plantean cada vez más retos a los usuarios, dado que nos obligan a cambiar la manera en que gestionamos y analizamos los datos.

A fin de hacer frente a este problema, el CSIRO está utilizando la computación en la nube para ofrecer capacidades de procesamiento de datos resultantes de la observación de la Tierra de nueva generación a nuestros investigadores y asociados. Junto con Geoscience Australia, la infraestructura computacional nacional de Australia, y el Comité sobre Satélites de Observación de la Tierra, creamos el "Open Data Cube", un programa informático de código abierto para la gestión y el análisis de datos geoespaciales.

Combinando el Open Data Cube con las ventajas e innovaciones de la computación en la nube comercial, hemos creado nuestra **Plataforma de Ciencia Analítica de la Tierra e Innovación (EASI)**. Esta plataforma analítica de datos de alto rendimiento y escalable se beneficia de la comunidad de Open Data Cube, a la que también contribuye, a la vez que también brinda acceso a los conocimientos científicos especializados y diversos del CSIRO. La tecnología mejora con creces la escala y la velocidad de los cálculos, fomentando un enfoque de fracaso rápido (y recuperación rápida) y propiciando la innovación científica.

Compartir los beneficios de la observación de la Tierra

Con EASI, procuramos no solo traspasar los límites de la ciencia sino también garantizar un acceso más equitativo a los beneficios de la observación de la Tierra en las diferentes regiones, haciendo frente a problemas que van más allá de las fronteras geográficas. Nuestra proximidad con el sudeste asiático nos ofrece una buena posición para trabajar allí con nuestros vecinos, utilizando la ciencia para resolver problemas y compartiendo la infraestructura computacional, los datos, los conocimientos, la experiencia y las ideas a fin de hacer frente a nuestros desafíos comunes.



La reciente proliferación de las imágenes de observación de la Tierra de libre acceso está ofreciendo oportunidades y un valor sin precedentes.”



Por ejemplo, implementamos la EASI sobre una infraestructura regional de computación en la nube en el sudeste asiático en 2021 y desde entonces hemos trabajado con académicos, innovadores y científicos de toda la región a fin de proporcionar formación técnica y [desarrollar casos de uso sobre la base de la resiliencia y adaptación al clima](#). Los pioneros en su adopción de la Universidad de Hasanuddin en Indonesia han utilizado la tecnología para investigar los efectos del cambio climático en la calidad del agua del Lago Tempe (Sulawesi meridional).

Durante un hackatón de una semana de duración, más de 80 participantes de Australia y el sudeste asiático afrontaron aplicaciones relacionadas con la contabilización del carbono, la conservación, la seguridad del agua y la infraestructura sostenible.

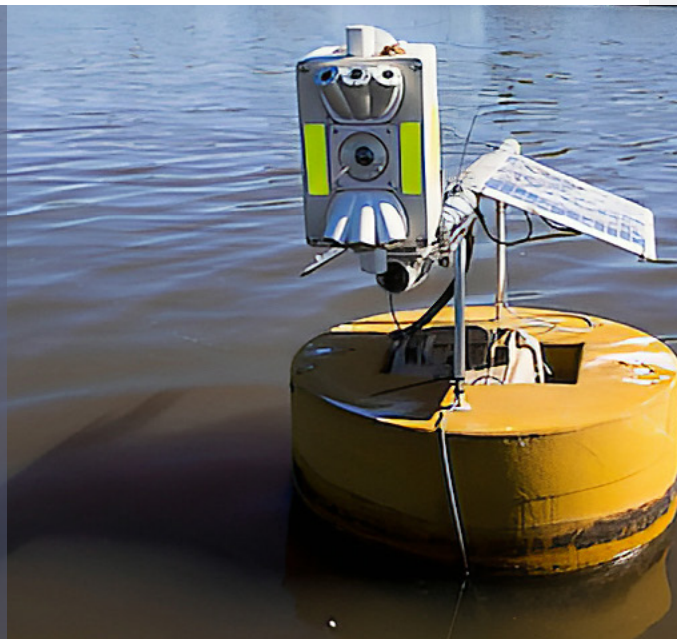
Vigilancia de la calidad del agua desde el espacio

De vuelta a Australia, estamos desarrollando actualmente una solución de la EASI para informarnos sobre nuestro recurso más vital, el agua. Estamos trabajando con colaboradores para codiseñar y llevar a cabo la [Misión AquaWatch de Australia](#), "un servicio meteorológico para la calidad del agua", a fin de contribuir a la protección del agua dulce y los recursos costeros en Australia y en todo el mundo.

La salud y la calidad de las aguas interiores y costeras están en peligro debido a la creciente actividad humana y los efectos del cambio climático. Esto resulta evidente en vista de los efectos cada vez mayores de la sequía, los sedimentos de los incendios forestales, las tormentas, la floración de algas tóxicas y la contaminación.

“
De vuelta a Australia,
estamos desarrollando
actualmente una
solución de la EASI
para informarnos
sobre nuestro recurso
más vital, el agua.”

Un sensor de la calidad del agua de AquaWatch en el lago Tuggeranong, Territorio de la capital de Australia.



La EASI combina los datos de observación de la Tierra procedentes de los satélites con sensores *in situ* y la inteligencia artificial (IA), creando con ello un sistema integrado que puede ofrecer servicios de supervisión y previsión precisas en toda Australia y fuera de ella.

El desarrollo, el diseño, la construcción y el despliegue de la infraestructura del sistema AquaWatch beneficiarán a diversos usuarios finales y estimulará directamente el crecimiento de las capacidades espaciales nacionales de Australia. También fomentarán los conocimientos técnicos en materia de teledetección, fabricación avanzada e ingeniería.

Protección del acceso futuro

El espacio ofrece importantes oportunidades para mejorar la vida en la Tierra. Tomar una imagen satelital de nuestro planeta nos permite gestionar los recursos naturales, abordar los desafíos relacionados con la seguridad alimentaria, responder eficazmente a los desastres, adaptarnos a los efectos del cambio climático y mitigarlos, y optimizar el transporte y el desarrollo urbano.

Por lo tanto, la protección de las frecuencias radioeléctricas utilizadas por los sensores de observación de la Tierra y los satélites es fundamental. Necesitamos mantener nuestra imagen satelital, mediante un acceso sin trabas a estos valiosos datos, ahora y en el futuro.



La protección de las frecuencias radioeléctricas utilizadas por los sensores de observación de la Tierra y los satélites es fundamental. ”

El CSIRO accede a las imágenes de NovaSAR-1, fotografiado aquí en una imagen generada por ordenador.





Saint-Hubert, Canadá. Generación de imágenes de la misión de la constelación RADARSAT

© Gobierno de Canadá (2023). RADARSAT es una marca oficial de la Agencia Espacial Canadiense



Servicios de exploración de la Tierra por satélite en la gestión de respuestas a los desastres

Joanne Frolek, ingeniera especializada en la utilización del espacio de la Agencia Espacial Canadiense

No pasa día en que no se produzca algún desastre que afecte a personas o ecosistemas. Los tornados, las inundaciones, los deslizamientos de tierra, los incendios forestales e incluso los derrames de petróleo son desastres que a menudo causan grandes daños.

Los satélites del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) proporcionan una asistencia inestimable e inconmensurable a las organizaciones de respuesta en caso de catástrofe, ayudándolas a responder de manera eficaz y efectiva a fin de salvar vidas, prestar asistencia a la recuperación, y proteger las infraestructuras esenciales, los ecosistemas y los bienes.

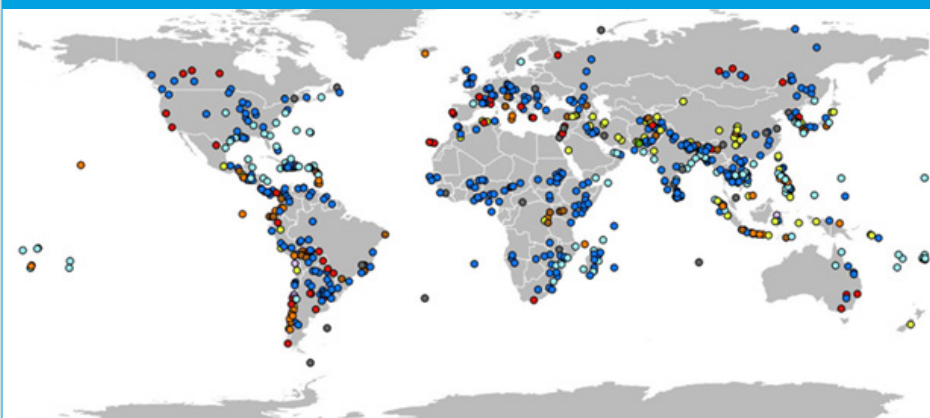
“ Los satélites del servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) proporcionan una asistencia inestimable e inconmensurable a las organizaciones de respuesta en caso de catástrofe. ”

Joanne Frolek

La Carta Internacional "Espacio y Grandes Desastres"

Hace más de 20 años, agencias espaciales de todo el mundo crearon la [Carta Internacional "Espacio y Grandes Desastres"](#). Al ser una colaboración entre varias agencias espaciales y operadores de satélites comerciales, la Carta permite a las autoridades nacionales encargadas de la gestión de desastres de todo país solicitar imágenes de satélites gratuitas para ayudar en las operaciones de respuesta a los desastres.

Activación de la Carta (por distribución)



- Ciclón
- Terremoto
- Incendio
- Inundación
- Deslizamiento de tierra
- Ola oceánica
- Derrame de petróleo
- Otro
- Peligro relacionado con la nieve
- Volcán

Fuente: Carta Internacional "Espacio y Grandes Desastres", 2023

Sensores de satélite - imágenes diferentes para fines distintos

Los operadores de la Carta determinan las mejores soluciones de satélites y sensores para proporcionar los datos de mayor utilidad sobre la base de un determinado desastre. Los sensores que operan en frecuencias más bajas ofrecen una mejor penetración en la vegetación y son útiles cuando se producen desastres en zonas con vegetación. Los sensores que operan en frecuencias más altas se benefician de un mayor ancho de banda disponible y pueden ofrecer imágenes de mejor resolución, por ejemplo, identificando los daños causados a las infraestructuras.

A diferencia de los sensores ópticos, los sensores de radar de apertura sintética (SAR), con latencia reducida, no resultan afectados por las horas nocturnas o las nubes. Esto hace que sean muy eficaces para hacer frente a peligros esenciales como las inundaciones, los derrames de petróleo y los deslizamientos de tierra.

Huracán Fiona

El año pasado, el huracán Fiona pasó por el Caribe antes de golpear la costa oriental de Canadá. La tormenta de nivel 4 fue la más costosa de Canadá. En respuesta a este fenómeno, las autoridades canadienses activaron la [Carta Internacional "Espacio y Grandes Desastres"](#) para obtener datos satelitales a fin de facilitar una rápida evaluación de los daños y una gestión oportuna de la crisis.

Atribuciones diferentes para tipos distintos de aplicaciones del SETS

Los sensores ópticos no requieren actualmente atribuciones del espectro radioeléctrico para poder funcionar, y los sensores infrarrojos no están atribuidos en el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias gestionado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Sin embargo, los sensores SAR requieren atribuciones del espectro radioeléctrico.

En el cuadro se enumeran algunas aplicaciones de los SAR que funcionan en diferentes bandas de frecuencias junto con algunos satélites de la Carta que operan en esas bandas.

Aplicaciones de satélites SAR en las atribuciones del SETS (activo)

Bandas de frecuencias atribuidas al SETS en el Reglamento de Radiocomunicaciones	Aplicaciones SAR	Satélites operativos de la Carta
1 215-1 300 MHz	Cartografía de la biomasa y la vegetación, supervisión de los bosques, deformación de la Tierra, humedad del suelo y gestión de desastres (mejor resolución: 3 m).	SAOCOM 1A, -1B ALOS-2
3 100-3 300 MHz	Agricultura (mejor resolución: 1,5 m).	Ninguno
5 250-5 570 MHz	Agricultura, cartografía de la cubierta terrestre, aplicaciones marítimas (superficie del mar, hielo, vientos, contaminación del aire, seguridad marítima) y gestión de desastres. (Mejor resolución: <1 m).	Envisat Gaofen-3 RCM-1, -2, -3 RADARSAT-2 Sentinel 1A
9 200-10 400 MHz	Supervisión de infraestructuras, detección de objetos/cambios, cartografía topográfica y detección de buques y gestión de desastres (presas, puentes y edificios urbanos). (Mejor resolución: <0,25 m).	COSMO-SkyMed2 ICEYE-X2, X3, X4, X5, X6, X7 KOMPSAT-5 TerraSAR-X TanDem-X
13,25-13,75 GHz, 17,2-17,3 GHz	Supervisión de efectos equivalentes al agua de nieve para mejorar la predicción de inundaciones.	Ninguno
35,5-36 GHz	Nueva aplicación de altímetro SAR para la topografía del océano y las aguas de superficie.	Ninguno

La cursiva indica que el SAR del satélite opera en la atribución de 10-10,4 GHz al SETS



A diferencia de los sensores ópticos, los sensores de radar de apertura sintética (SAR), con latencia reducida, no resultan afectados por las horas nocturnas o las nubes. ”

Saint Hubert, Canadá



© Planet Labs Geomatics Corp., 2019

Garantizar la disponibilidad del espectro

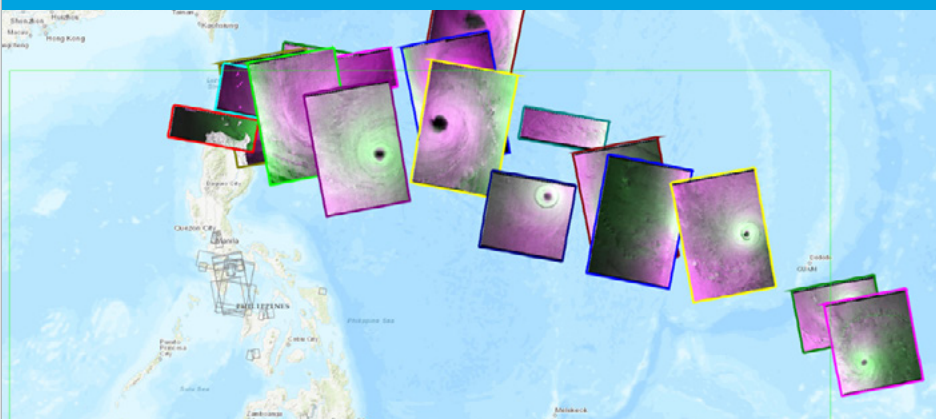
La posibilidad de identificar una nueva atribución al servicio móvil y las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en la banda 10-10,5 GHz en las Américas (Región 2) constituye uno de los puntos del orden del día de la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-23). Esto reviste una gran importancia para la comunidad encargada de la gestión de los desastres, dadas las interferencias perjudiciales que se pueden causar a los sistemas del SETS que ofrecen imágenes importantes a la comunidad internacional.

En la anterior CMR, celebrada en 2015, se amplió la atribución inicial al SETS (activo), en reconocimiento de la necesidad de contar con datos de mayor resolución que se podían obtener con la ampliación de la banda. La atribución es valiosa en situaciones en las que se necesitan datos de alta resolución sobre una zona localizada, y las condiciones meteorológicas y el momento del día impiden utilizar los sensores ópticos.

La alta resolución ofrecida por la banda de 10 GHz presenta ventajas para determinar los daños causados a las infraestructuras de las ciudades. Al mismo tiempo, las imágenes y datos obtenidos de esas zonas urbanas se expondrían a un mayor riesgo a raíz de los despliegues de IMT. El compromiso sobre el uso existente de la banda de 10 GHz podría dar lugar a datos erróneos y malinterpretados, conllevando la pérdida de información esencial requerida para tomar decisiones oportunas en la respuesta a los desastres.

A fin de evitar efectos considerables para la comunidad de usuarios del SETS, todas las partes interesadas en la observación de la Tierra deben garantizar que los sensores de satélite puedan operar en esta banda de frecuencias y otras bandas sin interferencias. La falta de protección de las atribuciones al SETS disminuiría la calidad de las imágenes de satélite utilizadas en las medidas de respuesta a los desastres, lo cual debilitaría la Carta Internacional y la comunidad de usuarios del SETS respuesta a los desastres, lo cual debilitaría la Carta Internacional y la comunidad de usuarios del SETS.

CSA Hurricane Watch, tifón Mawar o supertifón Betty, del 22 de mayo al 10 de junio de 2023. Generación de imágenes de la misión de la constelación RADARSAT.

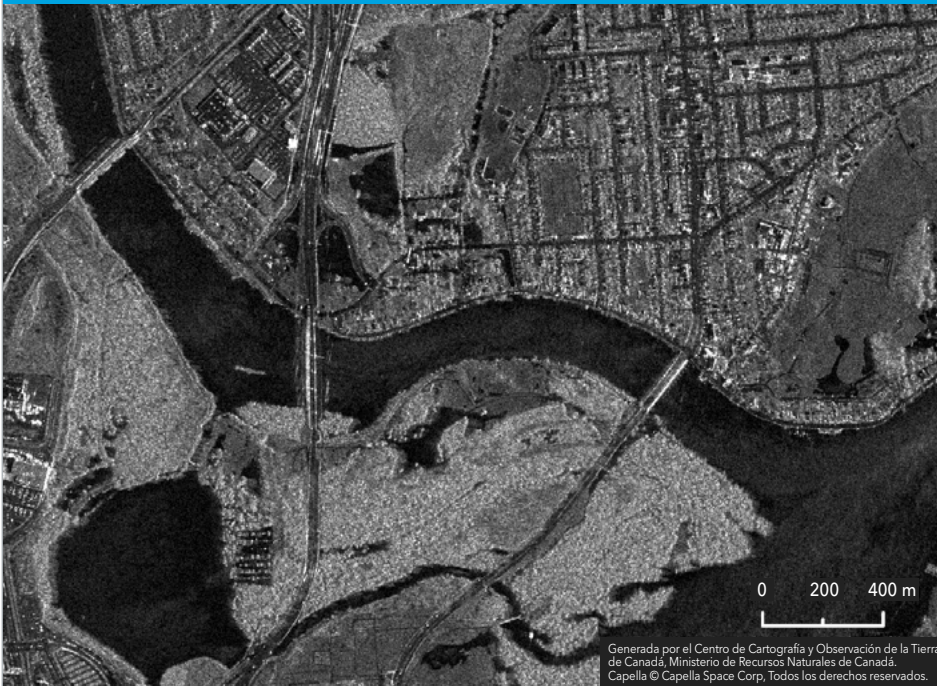


Gobierno de Canadá (2023). RADARSAT es una marca oficial de la Agencia Espacial Canadiense.



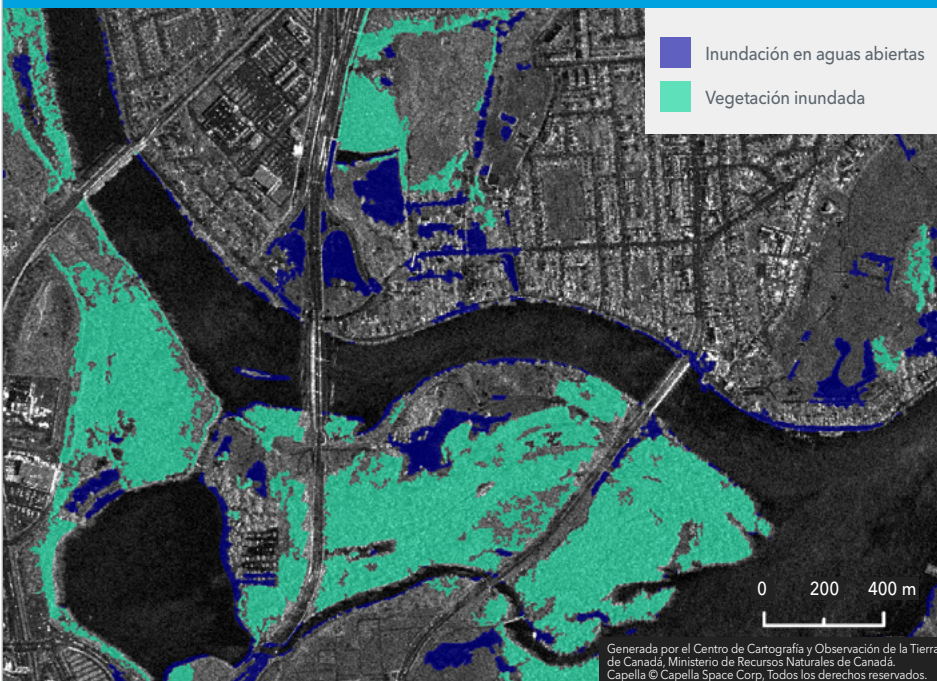
El compromiso sobre el uso existente de la banda de 10 GHz podría dar lugar a datos erróneos y malinterpretados, conllevando la pérdida de información esencial requerida.

Gatineau, Canadá; Imagen SAR de Capella en la banda X antes de su procesamiento.



Fuente: Capella, CCMEO.

Imagen SAR de Capella en la banda X con solapamiento de mapas de inundaciones.

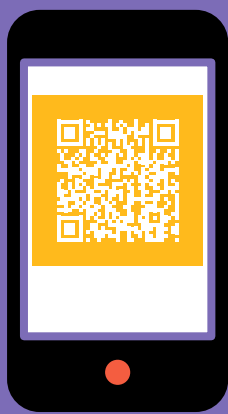


Fuente: Capella, CCMEO

Manténgase al día // // Manténgase informado

// Tendencias tecnológicas mundiales //
// Opiniones de los líderes del pensamiento digital //
// Lo último en eventos e iniciativas de la UIT //

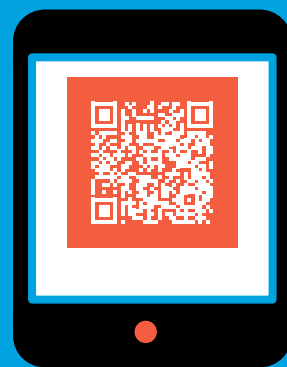
Suscríbese a nuestras publicaciones:



//
Quincenal
//



//
Últimas tendencias
//



//
Seis ediciones al año
//



//
Entrevistas de actualidad
//



//
Actualizaciones periódicas
//