



## Radiocomunicaciones y cambio climático

Las tecnologías radioeléctricas contribuyen a la comprensión, evaluación y atenuación de los efectos del cambio climático



CLIMATE CHANGE



# Radiocomunicaciones y cambio climático

“ El cambio climático amenaza con tener un impacto catastrófico en los ecosistemas y en la prosperidad, seguridad y bienestar futuros de toda la humanidad. Las potenciales consecuencias se extienden a prácticamente todos los aspectos del desarrollo sostenible, desde la seguridad de la alimentación, la energía y el agua a una mayor estabilidad económica y política ” .

“ Como agencia especializada de las Naciones Unidas responsable de las telecomunicaciones/TIC, la UIT está comprometida a trabajar con otras organizaciones para combatir el cambio climático ” .



**Ban Ki-moon,**  
*Secretario General de la  
ONU*



**Dr. H. Touré,**  
*Secretario General de la UIT*



**François Rancy,**  
*Director*  
*de la Oficina de Radiocomunicaciones*

La reciente crisis económica muestra el papel fundamental de una utilización eficiente y productiva de los recursos naturales limitados, tales como la biomasa, la biosfera, los recursos minerales y el agua para estimular del desarrollo económico sostenible. El cambio climático se ha definido como “el desafío definitivo de nuestro tiempo”. Sus efectos ya son evidentes y se intensificarán con el paso del tiempo si no se afrontan. Existe una indudable evidencia científica de que el cambio climático amenazaré el crecimiento económico, la prosperidad a largo plazo y el bienestar social en prácticamente todos los países, así como la propia supervivencia de la mayoría de las poblaciones vulnerables.

Las TIC y las radiocomunicaciones en particular son instrumentos fundamentales en la lucha contra el cambio climático. En este contexto, se pueden citar las cuestiones siguientes: observación y comprobación ininterrumpidas a largo plazo de la actividad solar para mejorar nuestro conocimiento y comprensión de la influencia de la radiación electromagnética proveniente del sol sobre el medio ambiente terrestre, incluido el clima; observaciones constantes para caracterizar los cambios de la atmósfera, los océanos y la superficie terrestre y uso de esa información para la realización de modelos sobre el cambio climático; y observaciones ininterrumpidas de los cambios en la capa de ozono y de sus efectos sobre el medio ambiente y la salud humana. Se considera que la evaluación y la comprensión de los cambios en la superficie terrestre y su dinámica son requisitos fundamentales para una gestión sostenible de los recursos naturales, de la protección del medio ambiente, de la seguridad alimentaria, del cambio climático y de los programas humanitarios. Los sistemas de radiocomunicaciones terrestres y espaciales contribuyen a la vigilancia de las emisiones de carbono, las modificaciones en los casquetes polares y los glaciares y de los cambios de temperatura. Otro aspecto clave es la aplicación de sistemas modernos de radiocomunicaciones para mejorar la productividad, optimizar el consumo de energía y reducir los costes del transporte con la consiguiente reducción de los niveles de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El presente Informe proporciona una visión general del uso de los sistemas de radiocomunicaciones para supervisar las diferentes manifestaciones del cambio climático y sus efectos, así como la aplicación de las TIC y de las radiocomunicaciones con el fin de contribuir a una reducción del consumo de energía a escala mundial.



# INTRODUCTION

Un requisito esencial para el desarrollo económico sostenible es un aviso oportuno ante desastres naturales y medioambientales, un pronóstico climático preciso y una comprensión detallada de la conservación y gestión eficientes de recursos escasos tales como la biomasa, la biosfera, los recursos minerales, el agua y la energía. La información sobre el clima, el cambio climático, el tiempo, las precipitaciones, la contaminación o los desastres son cuestiones cotidianas de importancia crítica para la comunidad mundial. Las actividades de supervisión facilitan esta información, necesaria para las predicciones meteorológicas diarias, los estudios sobre el cambio climático, la protección del medio ambiente, el desarrollo económico (transportes, energía, agricultura, construcción inmobiliaria, desarrollo urbano, despliegue de servicios, agricultura, seguridad) y la seguridad de la vida y de los bienes. La observación de la Tierra también se utiliza para obtener datos adecuados relativos a los recursos naturales, cuestión particularmente importante para los países en desarrollo. No conviene olvidar que esta información se recopila o se basa en mediciones proporcionadas o distribuidas por sistemas de radiocomunicaciones. Los sistemas de radiocomunicaciones son fundamentales para vigilar el clima y ayudar a los países a reducir los efectos del cambio climático y a adaptarse a ellos, así como para afrontar sus principales desafíos.

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) juega un papel vital en el desarrollo mundial de los sistemas de radiocomunicaciones al tratar todos los aspectos técnicos, de explotación y reglamentarios pertinentes. La UIT ha asignado tres objetivos estratégicos principales al UIT-R, en particular:

- garantizar un uso racional, equitativo, eficiente y económico del espectro radioeléctrico y de las órbitas de los satélites por todos los servicios de radiocomunicaciones. Este es el cometido de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de la UIT, que se celebran cada tres o cuatro años y donde los Estados Miembros deciden actualizar el Reglamento de Radiocomunicaciones, tratado internacional que incluye las disposiciones reglamentarias que se han de seguir para utilizar el espectro radioeléctrico;
- garantizar las operaciones sin interferencias de los sistemas de radiocomunicaciones, incluidos los sistemas espaciales. Este es el cometido de los Estados Miembros de la UIT al aplicar los procedimientos del Reglamento de Radiocomunicaciones que son administrados por la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT;
- elaborar recomendaciones, informes y manuales para garantizar el desempeño y la calidad necesarios al explotar los sistemas de radiocomunicaciones. Este es el cometido de las Comisiones de Estudio del UIT-R.

El UIT-R facilita la sabiduría para el desarrollo de cualquier sistema de radiocomunicaciones y su trabajo es fundamental para la explotación satisfactoria de cualquier aplicación radioeléctrica. Durante su visita a la sede de la UIT (junio de 2007), el Secretario General de las Naciones Unidas, Ban Ki-moon, indicó que “la UIT es uno de los participantes más importantes en lo que respecta al cambio climático”.



# 1. Sistemas y aplicaciones de radiocomunicaciones que contribuyen a la comprensión, evaluación y atenuación de los efectos del cambio climático

La vigilancia del medio ambiente mediante sistemas de radiocomunicaciones espaciales o terrenales es fundamental para comprender las enormes fuerzas que hacen de la Tierra un mundo vivo, pero que también amenazan a la vida. Las características geológicas son claramente visibles desde el espacio; incluso la topografía oceánica medida con precisiones centimétricas mimetiza el relieve del fondo oceánico, revelando fosas y cadenas de volcanes. Los datos recopilados nos ayudan a comprender la dinámica de nuestra atmósfera, su interacción con el océano y con las masas terrestres y, por lo tanto, son fundamentales para realizar modelos de predicción que se utilizan a diario en las predicciones meteorológicas. Los efectos a largo plazo sobre el clima sólo se pueden comprender a partir de sensores activos o pasivos situados en el espacio que midan la altura de las olas, la temperatura del agua y su salinidad, la concentración de ozono y todo tipo de datos que indiquen el comportamiento de nuestro entorno. El Cuadro 1 presenta los diferentes tipos de aplicaciones radioeléctricas utilizadas por los sistemas de observación de la Tierra.

**Cuadro 1**  
**Tipos de sistemas de observación de la Tierra**

Aplicaciones pasivas		Sensores pasivos situados en satélites
Sensores pasivos basados en tierra		
Aplicaciones activas	Radars situados en tierra	Radars meteorológicos, radars de perfilación de viento y radars oceanográficos
	Ayudas a la meteorología	Radioondas
	Bandas de transmisión de datos Tierra-espacio	Satélites de exploración de la Tierra y meteorológicos
	Bandas de transmisión de datos espacio-Tierra	Satélites de exploración de la Tierra y meteorológicos
	Radars espaciales	Sensores activos espaciales (altímetros, dispersímetros, radars de apertura sintética, radars de precipitación y radars de perfil de nubosidad)

El Grupo de Política del Espectro Radioeléctrico de la Unión Europea (SRPG) en su informe y opinión sobre “un planteamiento coordinado en la UE para uso científico del espectro radioeléctrico” (25 de octubre de 2006) concluyó en particular que:

*"La mayor parte del valor para la sociedad es inconmensurable en términos financieros, puesto que se trata de evitar grandes pérdidas de vidas o amenazas a la estabilidad y la seguridad sociopolíticas. Sin embargo, el uso científico del espectro también tiene un efecto directo en muchos ámbitos económicos y en la generación de subproductos tecnológicos y desarrollos económicos en energía, transportes, agricultura, comunicaciones, medicina, etc."*

Son importantes las repercusiones económicas a largo plazo de la información obtenida mediante satélites de teledetección, tanto en la producción de alimentos y otros productos agrícolas como en la explotación de negocios e industrias que dependen tanto de la meteorología local como de la estabilidad climática a largo plazo. La aviación civil, la navegación y el transporte por carretera generan beneficios directos y ahorros cuando se preparan con tiempo ante condiciones meteorológicas adversas.

## Observaciones por satélite de la atmósfera y de la superficie terrestres

Los satélites proporcionan la forma más económica, si no la única, de supervisar el medio ambiente de la Tierra en su totalidad, tanto de la tierra, del mar como del aire. Las capacidades únicas de los satélites incluyen observar amplias zonas sin afectarlas y de forma uniforme (utilizando el mismo instrumento) con la posibilidad de buscar rápidamente cualquier punto sobre la Tierra, incluidos lugares distantes e inhóspitos, y continuar con una serie de observaciones durante un periodo de tiempo largo. Mediante estas capacidades, los satélites de exploración de la Tierra aportan muchos beneficios a la sociedad tanto en el sector comercial como en el sector sin ánimo de lucro.

Los satélites constituyen la mejor forma de facilitar una visión rápida del estado presente de nuestro planeta desde una perspectiva única y unificada. Ningún instrumento espacial puede proporcionar una imagen completa; sin embargo, la flota actual de satélites, que funcionan en concierto y compartiendo sus datos, nos ofrece la mejor evaluación disponible de las condiciones globales.

Estos datos cumplen dos fines:

- proporcionar una base de referencia para observar y medir el cambio climático y sus efectos en el planeta;
- proporcionar datos científicamente fiables a los modelos climáticos.

La ciencia del clima ha avanzado espectacularmente gracias a las observaciones desde satélites. El radiómetro que voló a bordo de Explorer 7 entre 1959 y 1961 permitió la medición directa de la energía que entra y sale de la Tierra. Esta misión y las misiones subsiguientes permitieron a los científicos medir el equilibrio energético de la Tierra con mucha mayor precisión que con las estimaciones indirectas anteriores y dieron como resultado modelos climáticos mejorados. Al mejorar los radiómetros, las mediciones lograron mayor precisión y resolución espacial y la cobertura mundial necesaria para observar directamente las perturbaciones en el balance energético global de la Tierra asociadas con acontecimientos de corto plazo tales como las principales erupciones volcánicas. Estos radiómetros miden directamente el transporte de calor entre el Ecuador y el Polo producido por el sistema climático, el efecto invernadero de los gases atmosféricos y el efecto de las nubes en el balance energético de la Tierra. Estas observaciones han contribuido a nuestra comprensión del sistema climático y han mejorado los modelos del clima.

La **teledetección espacial (pasiva y activa)** de la superficie de la Tierra y de su atmósfera juega un papel esencial cada vez más importante en la meteorología operacional y de investigación, en particular para reducir los efectos de los desastres relacionados con el tiempo y el clima y para comprender, supervisar y prever el cambio climático y sus repercusiones.

Los impresionantes avances realizados en los últimos años en los análisis meteorológicos y del clima y en sus predicciones, en particular ante fenómenos meteorológicos peligrosos (lluvias torrenciales, tormentas, ciclones) que afectan a todas las poblaciones y economías, se deben en gran medida a observaciones desde el espacio y a su simulación mediante modelos numéricos.

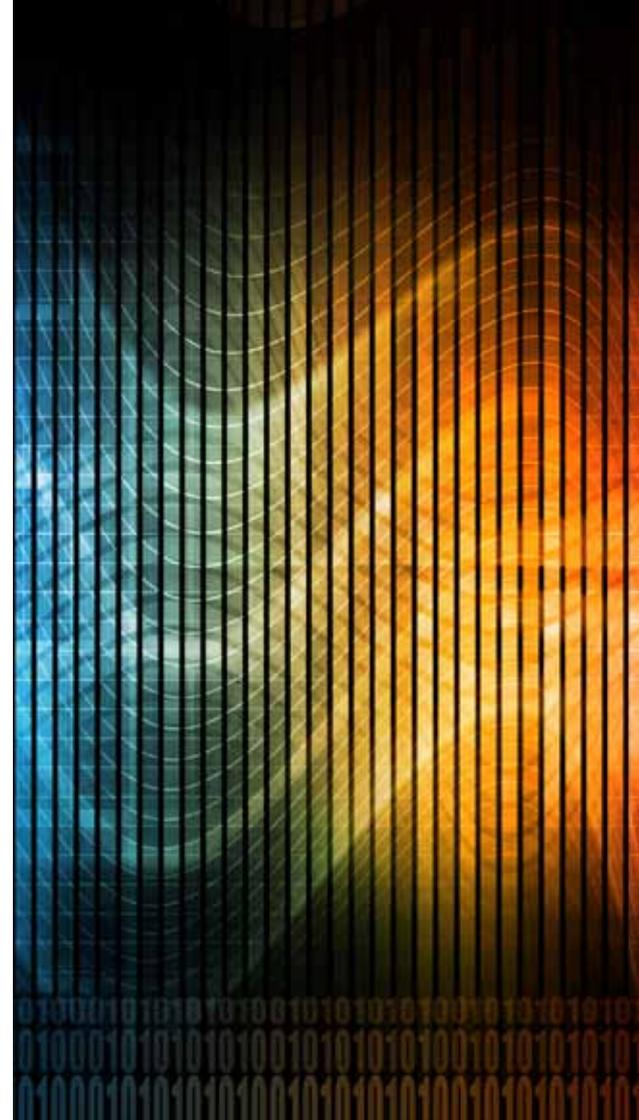
La **teledetección pasiva** desde el espacio para aplicaciones meteorológicas se realiza en bandas de frecuencias atribuidas por la UIT a los servicios de exploración de la tierra por satélite (pasivo) y meteorológico por satélite. La teledetección pasiva requiere la medición de radiaciones que se producen de forma natural, normalmente con niveles de potencia muy bajos, que contienen información esencial sobre el proceso físico que se está investigando. La teledetección pasiva desde el espacio de la superficie y de la atmósfera de la Tierra es cada vez más importante en la meteorología operacional y de investigación. También contribuye a la comprensión, verificación y predicción del cambio climático y de sus efectos. Los sistemas meteorológicos también se utilizan para supervisar los cambios en el clima y en el medio ambiente. La humanidad se enfrenta a una diversidad de fenómenos medioambientales que requiere una investigación y estudio cuidadosos. Los sistemas meteorológicos recopilan datos de mediciones a largo plazo que contribuyen a los estudios sobre los cambios en el clima y en el medio ambiente.



Puesto que la intensidad de las emisiones observadas es muy baja, prácticamente del mismo orden que el ruido térmico, la atenuación atmosférica puede tener un efecto enorme sobre ellas, en particular debido a la absorción de la energía radioeléctrica por el vapor de agua y el oxígeno en la atmósfera, y también debido a las propias emisiones provenientes de la atmósfera terrestre. En estas circunstancias, la selección de las frecuencias adecuadas para los sensores pasivos resulta crítica para lograr la calidad de medición requerida puesto que muy pocas frecuencias son adecuadas para esas observaciones. Así pues, por ejemplo, las mediciones en frecuencias en torno a 1,4 GHz proporcionan la información más precisa sobre salinidad, la banda de 6 GHz resulta más adecuada para medir la temperatura del mar, la de 24 GHz para el vapor de agua y por encima de los 36 GHz para las nubes de agua. Por lo tanto, es evidente, que en la práctica no es factible el uso compartido de las frecuencias de los servicios activos con los sensores pasivos. Por consiguiente, el Reglamento de Radiocomunicaciones identifica una serie de bandas de frecuencias en las que están prohibidas las emisiones.

Entre ellas se incluyen las bandas de frecuencias:

1.400 - 1.427 MHz	100 - 102 GHz
2.690 - 2.700 MHz	109,5 - 111,8 GHz
10,68 - 10,7 GHz	114,25- 116 GHz
15,35 - 15,4 GHz	148,5 - 151,5 GHz
23,6 - 24 GHz	164 - 167 GHz
31,3 - 31,5 GHz	182 - 185 GHz
31,5 - 31,8 GHz	190 - 191,8 GHz
48,94 - 49,04 GHz	200 - 209 GHz
50,2 - 50,4 GHz	226 - 231,5 GHz
52,6 - 54,25 GHz	250 - 252 GHz
86 - 92 GHz	



La **teledetección espacial activa** de los procesos meteorológicos y climáticos se realiza en particular mediante altímetros para los estudios del océano y del hielo, dispersímetros para los vientos en la superficie del mar o radares de lluvia y nubes. Facilita importante información sobre el estado de la superficie del océano y de la Tierra y sobre los fenómenos atmosféricos. Los satélites del servicio de exploración de la Tierra por satélite facilitan la creación de modelos del clima a largo plazo proporcionando datos de entrada realmente mundiales. Aunque las observaciones por satélite son a corto plazo a escala climatológica, sin embargo proporcionan muchas variables climáticas esenciales, algunas de las cuales dependen en gran medida de las observaciones desde satélites mientras que en otros casos las observaciones por satélite confirman o mejoran esas variables. Los modelos informáticos obtienen los casos más probables para la evolución de los cambios en el clima. Por tanto, estas mediciones de teledetección pasiva y activa proporcionan información básica esencial para desarrollar los casos climáticos necesarios para la elaboración de políticas nacionales y mundiales relativas al cambio global.

El principio de funcionamiento subyacente de los sistemas activos del SETS radica en que el satélite ilumina el objeto o la superficie que quiere estudiar y captura la señal reflejada, que posteriormente puede ser procesada y utilizada como fuente de información para analizar diversas características o fenómenos. Los sensores activos presentan ciertas ventajas frente a los sensores pasivos, puesto que gozan de una sensibilidad única ante algunos parámetros fluctuantes de la tierra, el mar y la atmósfera (humedad de la vegetación y altura de las nubes). Es más, mediante la teledetección activa es posible, por ejemplo, penetrar a través de la superficie del terreno y de la vegetación, operar independientemente de las condiciones meteorológicas y en cualquier momento, lograr una alta resolución espacial, mejorar la calidad de las mediciones al variar el ángulo de iluminación y operar en una amplia gama espectral sin depender de emisiones de fenómenos de banda estrecha. Puesto que la señal deseada atraviesa la atmósfera dos veces, atenuándose y dispersándose, la elección de las bandas óptimas es muy importante cuando se planifican sistemas de observación de la Tierra. La lista de bandas de frecuencias atribuidas por el Reglamento de Radiocomunicaciones al servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y la banda de frecuencias necesaria en función del tipo de radar se muestran en el Cuadro 2.

La supervisión y predicción meteorológicas es la disciplina más adelantada desde el punto de vista de la explotación en el ámbito de la observación de la Tierra. Durante décadas, las observaciones de la Tierra desde satélites han ido aportando datos clave que han logrado una mejor predicción meteorológica. Estas observaciones permiten desde

**Cuadro 2**  
**Bandas de frecuencias atribuidas al SETS (activo) y anchura de banda necesaria**  
**en función del tipo de radar**

Banda de frecuencia atribuida en el Artículo 5 del RR	Anchura de banda requerida				
	Dispersímetro	Altímetro	SAR	Radar de precipitación	Radar de perfil de nubosidad
432-438 MHz			6 MHz		
1.215-1.300 MHz	5-500 kHz		20-85 MHz		
3.100-3.300 MHz		200 MHz	20-200 MHz		
5.250-5.570 MHz	5-500 kHz	320 MHz	20-320 MHz		
8.550-8.650 MHz	5-500 kHz	100 MHz	20-100 MHz		
9.300-9.900 MHz	5-500 kHz	300 MHz	20-600 MHz		
13,25-13,75 GHz	5-500 kHz	500 MHz		0,6-14 MHz	
17,2-17,3 GHz	5-500 kHz			0,6-14 MHz	
24,05-24,25 GHz				0,6-14 MHz	
35,5-36 GHz	5-500 kHz	500 MHz		0,6-14 MHz	
78-79 GHz					0,3-10 MHz
94-94,1 GHz					0,3-10 MHz
133,5-134 GHz					0,3-10 MHz
237,9-238 GHz					0,3-10 MHz

el seguimiento del movimiento de las nubes hasta el suministro de perfiles de temperatura y humedad que se introducen en modelos informáticos de predicción meteorológica cada vez más precisos. Los pronósticos meteorológicos cada vez más precisos benefician a un gran número de actividades humanas, como la agricultura, el transporte, la gestión del agua, la sanidad pública, la construcción, el turismo y el ocio, la energía y otros. Los satélites del SETS contribuyen al modelo climático a largo plazo, aportando datos realmente mundiales. Aunque las observaciones por satélite son a corto plazo a escala climatológica, proporcionan sin embargo muchas variables climáticas esenciales, algunas de ellas en gran medida debidas a las observaciones espaciales y, en otros casos, las observaciones por satélite las confirman o mejoran (véase el Cuadro 3). Además los satélites del SETS también sirven para verificar los efectos a escala mundial de los cambios climáticos mientras estos se producen. Entre estos efectos se incluyen la supervisión a largo plazo del nivel del mar y del hielo glacial y los cambios durante la estación de crecimiento.



**Cuadro 3**  
**VARIABLES CLIMÁTICAS ESENCIALES PROPORCIONADAS POR LOS SATÉLITES**

	Variables atmosféricas	Variables oceánicas	Variables terrenales
D e p e n d i e n t e	Precipitación en superficie	Temperatura de la superficie del mar	Niveles de los lagos
	Balance de la radiación de la Tierra en la atmósfera superior	Nivel del mar	Cobertura de nieve
	Temperatura en la atmósfera superior	Estado del mar	Glaciares y casquetes de hielo
	Velocidad y dirección del viento en la atmósfera superior	Hielo marino	Albedo
	Vapor de agua en la atmósfera superior	Color del océano (biología)	Cobertura del terreno (incluido el tipo de vegetación)
	Propiedades de las nubes en la atmósfera superior	Salinidad bajo la superficie	Humedad del suelo
	Dióxido de carbono		Índice de zona arbolada
	Ozono		Biomasa
	Propiedades de los aerosoles		Perturbación del suelo
			Fracción de la radiación activa fotosintética absorbida
S o p o r t a d o	Temperatura del aire superficial	Salinidad superficial	Escorrentía de los ríos
	Presión del aire superficial	Corrientes superficiales	Uso del agua
	Balance de radiación superficial	Presión parcial superficial de CO <sub>2</sub>	Agua subterránea
	Velocidad y dirección del viento superficial	Temperatura bajo la superficie	Permafrost/terreno helado estacionalmente
	Vapor de agua superficial	Corrientes bajo la superficie	
	Metano	Nutrientes bajo la superficie	
	Otros gases de efecto invernadero de larga duración	Carbono bajo la superficie	
		Trazadores oceánicos bajo la superficie	
	Fitoplancton bajo la superficie		

## Mantos de hielo

Una de las cuestiones centrales de la investigación del cambio climático y de la criosfera (región de los hielos) es cómo afectará el calentamiento del clima a las capas de hielo. Resulta importante ya que la cantidad de hielo continental y de agua fundida que se añade al océano contribuye en gran medida al aumento del nivel del mar. Antes de que existieran los satélites, los datos polares se restringían a datos obtenidos localmente durante las temporadas benignas. El uso de instrumentación radioeléctrica a bordo de satélites ha resultado ser particularmente útil en las regiones polares puesto que esas regiones tienen periodos amplios de oscuridad durante el invierno, cuando las observaciones en el espectro visible son imposibles. La visión sintética desde satélites, en particular desde satélites equipados con sensores radioeléctricos, ha aumentado la cobertura de datos polares en varios órdenes de magnitud y las estaciones ya no impiden obtener esos datos.

Antes de los satélites, el balance de masas de los casquetes de hielo de la Antártida y Groenlandia se suponía que estaba controlado por la diferencia entre las tasas de fusión y de acumulación de hielo y se consideraba que la tasa de vertido de hielo en el océano era constante. Las imágenes de radar por satélite han revelado que:

- la velocidad de las capas de hielo es muy variable;
- existen redes complejas de corrientes de hielo;
- la velocidad de la corriente de hielo hacia el mar ha aumentado en respuesta al cambio climático y se puede medir.



Una indicación del cambio climático y del calentamiento global es la retirada, en lugar del avance, de los flujos de las capas de hielo (tanto de los glaciares como del hielo marino). El estudio del régimen de los glaciares en todo el mundo revela una retirada generalizada desde finales de los años 1970 con una marcada aceleración a partir de finales de 1980. La teledetección se utiliza para documentar cambios en la extensión de los glaciares (el tamaño del glaciar) y la posición de la línea de equilibrio (lugar del glaciar en el que la acumulación invernal se equilibra con la pérdida de hielo en el verano). Desde 1972, los satélites han proporcionado imágenes ópticas de la extensión de los glaciares. Los radares de apertura sintética (SAR) se utilizan ahora para estudiar zonas de acumulación de nieve glaciar y de la fusión del hielo para determinar los agentes de forzamiento climático y la altimetría láser se utiliza también para medir cambios en la altura del glaciar.

Puesto que los glaciares responden a los cambios climáticos pasados y actuales, se está elaborando un inventario mundial completo de los glaciares para hacer un seguimiento de su extensión actual y las tasas de variación de los glaciares del mundo. El proyecto sobre medición del hielo terrestre mundial desde el espacio está utilizando datos del instrumento ASTER y del trazador temático cartográfico del satélite Landsat para inventariar cerca de 160.000 glaciares en todo el mundo. Estas mediciones y los análisis de tendencias resultantes son indicadores importantes del cambio climático y sirven de ejemplo para valorar la importancia de los conjuntos de datos a largo plazo para la comprensión del complejo sistema climático.

Los mantos de hielo se pueden supervisar con facilidad mediante instrumentación, tanto activa como pasiva, situada en el espacio. La destrucción de los principales mantos de hielo de la Antártida (por ejemplo, la barrera de hielo Larsen B) se ha observado desde el espacio. Esta desglaciación, aunque no se atribuya al calentamiento global, se ha acelerado debido a él. El colapso de la barrera de hielo Larsen B en la Antártida en 2002 –detectado gracias a la cobertura frecuente mediante las imágenes de satélites– ilustró espectacularmente la dinámica de los mantos de hielo en escalas temporales extraordinariamente cortas (Figura 1). Estas revelaciones tienen importantes implicaciones: la transferencia rápida de hielo desde los mantos de hielo continentales al mar pueden dar lugar a un aumento significativo del nivel del mar.

Es importante comprender los cambios en las barreras de hielo, en el hielo marino, en los mantos de hielo y en los glaciares para entender el cambio climático mundial y predecir sus efectos. En particular, la revista *Science* ha declarado “el retroceso de los mantos de hielo” y su contribución al aumento del nivel del mar como el tercer “acontecimiento del año 2006”. más importante Dado el cambio climático previsto y el aumento del nivel del mar asociado, disponer de una cobertura polar mundial por satélite en el futuro satisfará las necesidades cruciales para la sociedad como no lo puede hacer ningún otro sistema de observación.

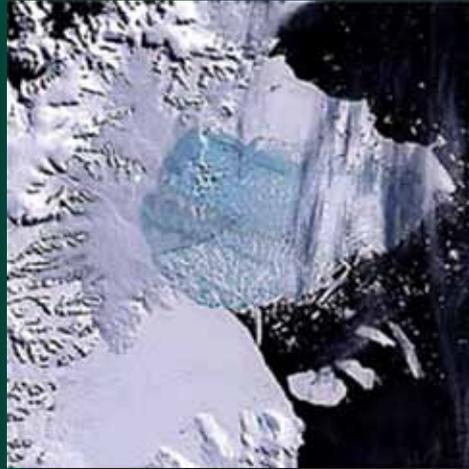


Figura 1

Colapso de la barrera de hielo Larsen B en la Antártida occidental. Se desintegraron 2.500 km<sup>2</sup> de manto de hielo en sólo dos meses

Fuente:

*Observaciones de la Tierra desde el espacio: Los primeros 50 años de logros científicos, p.3, 2008, se puede descargar desde:*

[www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)

## Océanos

Los océanos cubren cerca del 71% de la superficie del globo y juegan un papel clave en el sistema climático en varios aspectos. También son un excelente indicador del cambio climático. Por ejemplo, la medición de los niveles del mar revela claves vitales sobre el calentamiento global.

Los cambios en el tiempo, el clima y el medio ambiente plantean graves desafíos a la humanidad. Enfrentarse a esos desafíos requiere mejorar la predicción meteorológica, en particular para las predicciones a medio y largo plazo. Si se tuviera una idea clara de lo que va a acontecer en los próximos diez días, los próximos meses –o incluso durante la próxima estación– las personas y las empresas se podrían preparar mucho mejor ante comportamientos meteorológicos inestables. Superar estos desafíos también implica una mejor comprensión de los factores climáticos mundiales que producen fenómenos tales como El Niño y La Niña en el Océano Pacífico, huracanes y tifones peligrosos y, en particular, el aumento del nivel del mar.

Solo se puede llegar a comprender las fuerzas que influyen en las características meteorológicas cambiantes determinando las variaciones en las condiciones de la superficie de los océanos en todo el mundo y utilizando los datos recopilados para elaborar y utilizar modelos potentes del comportamiento del océano. Combinando los modelos oceánico y atmosférico se puede lograr la necesaria precisión de predicción tanto a corto como a largo plazo. Se precisa acoplar los modelos oceánico y atmosférico para tener en cuenta en su totalidad la dinámica mesoescalar de los océanos (medio-distancia). Este acoplamiento de los modelos oceánico y atmosférico resulta importante para la predicción meteorológica más allá de dos semanas. Los océanos son también una parte importante del proceso del cambio climático y se reconoce ampliamente que un aumento en los niveles del mar en todo el mundo es probablemente una de las consecuencias más devastadoras del calentamiento global.

## Temperatura de la superficie del mar y aumento del nivel medio del mar

El registro a largo plazo de la temperatura de la superficie del mar (SST) ha supuesto una importante contribución a la ciencia del clima. La SST también se mide mediante instrumentos de microondas pasivos. La temperatura de la superficie del mar es uno de los indicadores más importantes del cambio climático mundial y un parámetro vital para realizar modelos del clima.

El registro de la SST ha demostrado la función del océano en la variabilidad climática regional y mundial y ha revelado importantes detalles sobre las corrientes de los océanos. Más del 80% del calentamiento total del sistema Tierra se almacena en el océano y las corrientes oceánicas redistribuyen ese calor por todo el mundo. El análisis de tendencias de la SST contribuye a mejorar nuestra comprensión de la interdependencia entre el clima y la atmósfera en los trópicos que también es responsable de El Niño/oscilación del Sur (ENOS) en el Océano Pacífico. Los avances en la comprensión del ENSO, logrados mediante observaciones por satélite de los vientos en la superficie del mar, de la altura y de las temperaturas de la superficie del mar, han tenido una gran influencia en las predicciones meteorológicas y climáticas regionales. Es más, la intensidad de los huracanes se ha vinculado a las temperaturas de la superficie del mar. Por consiguiente, la comprensión de esas temperaturas y de los huracanes proviene de los estudios que utilizan datos obtenidos mediante satélites.

Además, la SST es fundamental para vincular al océano con la atmósfera y es un factor de control en el intercambio de calor y de vapor entre ambos. El análisis de tendencia de la SST facilitó pruebas del calentamiento global y de la importante realimentación clima-atmósfera en los trópicos, que también es responsable de los fenómenos ENSO. Estas observaciones de la SST, combinadas con mediciones de la temperatura vertical del océano *in situ* hasta una profundidad de 3.000 m, han proporcionado evidencias para detectar un calentamiento global antropógeno en el océano.

La comprensión del aumento de la SST y de la introducción antropogénica de calor por la superficie del océano también tiene importantes ramificaciones para cuantificar y predecir el aumento del nivel del mar. El aumento del nivel medio del mar puede ser un signo del calentamiento global. Supervisar este nivel es una aplicación de la altimetría y constituye uno de los principales asuntos de las ciencias medioambientales del siglo XXI.

Resulta bastante difícil separar la variabilidad natural del clima de los efectos del calentamiento global. En los últimos 15 años se han obtenido mediciones del nivel medio del mar a partir de observaciones de satélites. Estas observaciones son coherentes y han generado una serie temporal precisa de las observaciones. Sin embargo, se trata de un periodo de tiempo corto. Además, es necesario indicar que la perturbación inducida por los seres humanos se añade a la variabilidad climática natural. Por lo tanto, los indicios de cambio climático se pueden detectar únicamente si son mayores que la variabilidad natural de fondo. Resulta mucho más difícil detectar el cambio climático global que supervisar los efectos regionales. Parte del aumento observado en el nivel del mar se debe al aumento de la tempe-

ratura del agua. Sin embargo, el aumento medio del nivel del mar es sólo parte del problema. El aumento del nivel de los océanos no es en absoluto uniforme. En algunas regiones oceánicas el nivel del mar ha aumentado (hasta más de 20 mm al año en algunos lugares) mientras que en otras regiones ha disminuido en una cantidad equivalente. Una de las principales preocupaciones es que el aumento de los niveles del mar puede inundar regiones costeras en todo el mundo y puede sumergir totalmente islas bajas. Aunque este efecto se espera que sea importante en una escala de tiempo relativamente grande (décadas o siglos), los datos topográficos obtenidos mediante satélites pueden contribuir a identificar aquellas zonas que son vulnerables.

Las mediciones de la temperatura de la superficie del mar no sólo han revelado información importante sobre las corrientes oceánicas (por ejemplo, la corriente del Golfo) sino que también han contribuido a la investigación del clima, facilitando información detallada sobre la absorción de calor por los océanos. Las observaciones del calentamiento de los océanos combinadas con las mediciones de la SST llevaron a nuevos descubrimientos sobre el acoplamiento físico-biológico en los océanos, con implicaciones importantes para la función del océano en el ciclo del carbono.

Las observaciones desde satélites constituyen la única forma de estimar y verificar el cometido de la biomasa oceánica como sumidero de carbono. En particular, la cuestión fundamental de si la generación de carbono biológico está cambiando debido al cambio climático sólo se puede dilucidar con mediciones desde satélites. Requiere no sólo mediciones del color del océano (biomasa y productividad del fitoplancton) sino también observaciones simultáneas desde el espacio del entorno físico del océano (circulación y mezcla), de los intercambios entre la tierra y el océano (por los ríos y las tierras húmedas de marea) y de otros factores tales como los vientos, las mareas y la absorción de energía solar por la superficie del océano. La investigación de vínculos entre el entorno físico y químico y la biología del océano es un logro importante de las observaciones desde el espacio.

## Humedad del suelo y salinidad del océano

La evaporación, la infiltración y la recarga de las aguas subterráneas normalmente se producen a través de la zona vadosa no saturada que se sitúa entre la parte superior de la superficie de la Tierra y la capa freática subterránea. La zona de las raíces de la vegetación, en la que la vegetación encuentra agua, se encuentra dentro de la zona vadosa y

es la interfaz entre la vegetación y el sistema hidrológico. La cantidad de agua disponible en la vegetación controla la transpiración y la fotosíntesis de las plantas y, por lo tanto, la captación de  $\text{CO}_2$ . La cantidad de agua en la zona vadosa está también directamente vinculada con la capacidad del suelo de generar drenaje después de las lluvias. Los esquemas de transferencia suelo-vegetación-atmósfera (SVAT) utilizados en hidrología y meteorología están diseñados para describir los procesos de evaporación básicos en la superficie y el reparto del agua entre la transpiración de la vegetación, el drenaje, la escorrentía en superficie y el contenido de humedad del suelo. Es preciso proporcionar a los modelos SVAT un valor inicial realista de la cantidad de agua que se encuentra en la zona vadosa.

Cuando se considera el suelo desnudo o ligeramente cubierto de vegetación, se puede calcular la tasa de evaporación y de escorrentía a partir de las series cronológicas de humedad del suelo en superficie. Cuando se trata con superficies cubiertas de vegetación, debe tenerse en cuenta la cantidad de agua en la vegetación (profundidad óptica de la vegetación). La profundidad óptica de la vegetación en sí misma puede ser un producto muy útil para controlar la dinámica de la vegetación.

El conocimiento de la distribución de la sal (salinidad) en los océanos mundiales y su variabilidad anual e interanual son cruciales para comprender el papel del océano en el sistema climático. La salinidad es fundamental a la hora de determinar la densidad del océano y, por consiguiente, la circulación termohalina. La salinidad del océano también está vinculada al ciclo del carbono oceánico puesto que también contribuye al equilibrio químico, que a su vez regula la captación y liberación de  $\text{CO}_2$ . Por lo tanto, la consideración de las mediciones de salinidad de la superficie del mar en los modelos oceánicos biogeoquímicos debería mejorar las estimaciones de la absorción del  $\text{CO}_2$  por los océanos.

## La biosfera

La supervisión por satélite de la dinámica de la vegetación de la Tierra es fundamental para comprender el funcionamiento del ecosistema mundial y reaccionar ante la variabilidad del clima y el cambio climático. Estas observaciones (Figura 2) se han tornado más precisas al ampliarse a mediciones biofísicas.

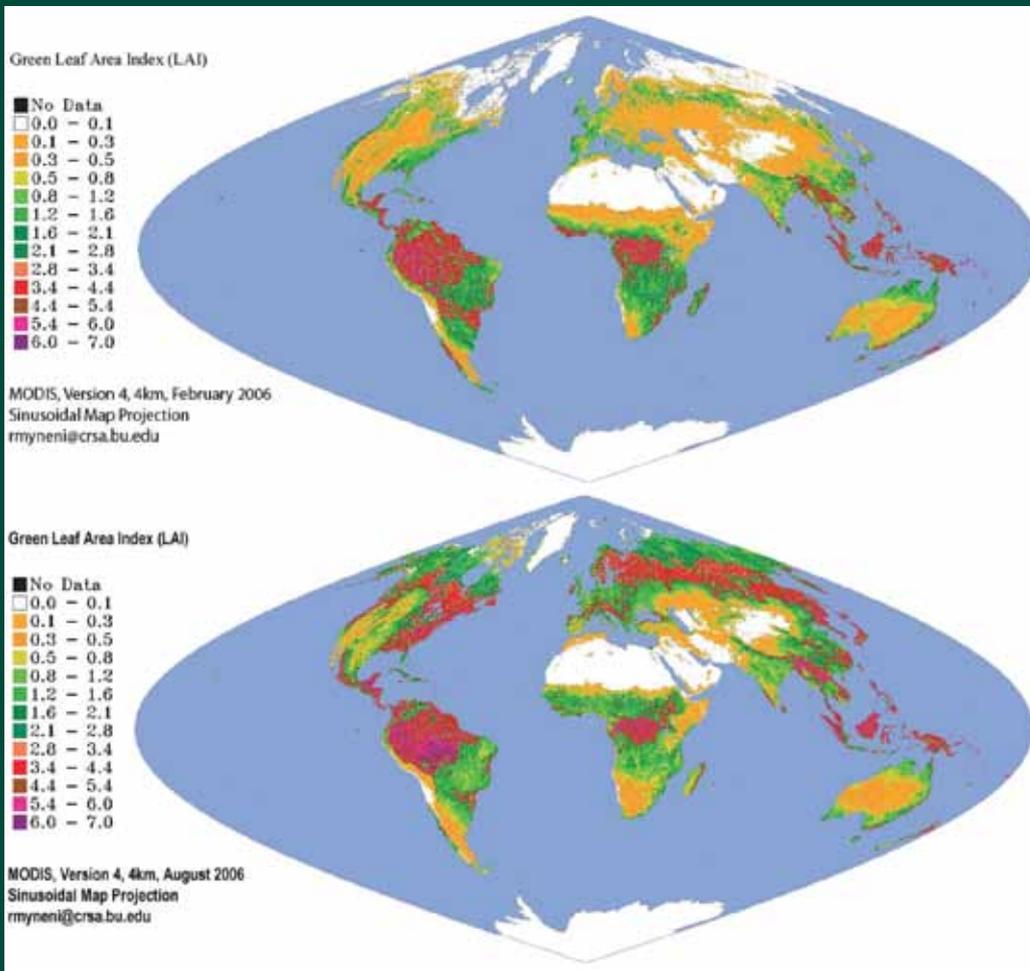


Figura 2

Índice de hoja verde obtenido mediante el sistema MODIS que muestra los cambios estacionales de la vegetación

Fuente:

*Observaciones de la Tierra desde el espacio: Los primeros 50 años de logros científicos, p.75, 2008, se puede descargar en: [www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)*

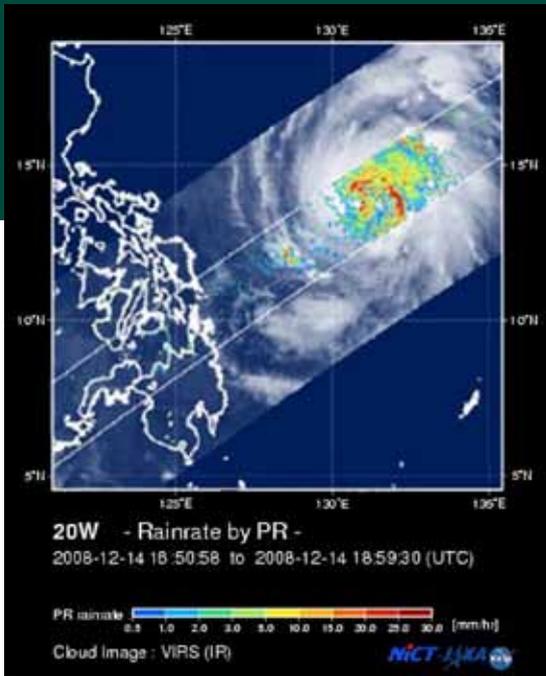


Figura 3

Distribución de la intensidad de lluvia de un tifón

## Radares meteorológicos

Los radares meteorológicos se utilizan para determinar las condiciones de la atmósfera en predicciones rutinarias, detectar acontecimientos meteorológicos graves, vientos y precipitaciones, estimar las precipitaciones, detectar las condiciones de angelamiento en los aviones y para que la navegación evite condiciones meteorológicas adversas. Los radares meteorológicos transmiten impulsos horizontalmente polarizados que miden la dimensión horizontal de una nube (nube de lluvia o nube de hielo) y la precipitación (nieve, granizo y partículas de lluvia).

Los radares polarimétricos, también denominados radares de polarización dual, transmiten impulsos tanto en polarización horizontal como vertical. Estos radares suponen una mejora importante en la estimación de la intensidad de lluvia, el tipo de precipitación, la calidad de los datos y la detección de riesgos meteorológicos respecto de los sistemas no polarimétricos. En la Figura 3 se muestran ejemplos de mediciones realizadas mediante radares.

El Reglamento de Radiocomunicaciones incluye tres referencias específicas a los radares meteorológicos en el Cuadro de Atribución de Frecuencias. Las tres referencias se encuentran en notas asociadas con las bandas 2.700-2.900 MHz, 5.600-5.650 MHz y 9.300-9.500 MHz.

## Radars perfiladores de viento

La evolución de la predicción meteorológica requiere actualmente datos sobre el viento frecuentes y de alta calidad, con cada vez mayor precisión, desde cerca de la superficie de la Tierra hasta la atmósfera superior. Los datos de viento basados fundamentalmente en instrumentos a bordo de globos, mediciones de satélites y sistemas de información de aeronaves automáticas resultan insuficientes para satisfacer las necesidades de los modelos informáticos atmosféricos con una creciente resolución, así como de los sistemas de predicción interactivos hombre-máquina. Sin no aumenta sustancialmente la cantidad de datos de viento de alta resolución, se limitará enormemente la capacidad de los nuevos modelos y sistemas interactivos que se están desarrollando durante esta década para mejorar las predicciones meteorológicas y los avisos ante fenómenos meteorológicos graves.

Los modelos numéricos planetarios de la atmósfera, que generan entre 3 y 10 predicciones diarias, requieren datos de la atmósfera superior para amplias zonas del mundo. Sobre todo en zonas distantes, los radares perfiladores de viento que funcionan de modo automático pueden ofrecer una forma de obtener datos de gran altitud, fundamentales para estos modelos en zonas con escasez de ellos. Los modelos numéricos para las predicciones de 3 a 48 horas que cubren un continente o una zona menor requieren datos de una gran altura vertical de la atmósfera, normalmente desde los 200 m a los 18 km con una resolución vertical de aproximadamente 250 m en función de la aplicación. Actualmente se precisan datos cada hora.

Los meteorólogos necesitan información sobre el viento con una resolución temporal y espacial muy grande, principalmente en la atmósfera baja, para la predicción meteorológica a muy corto plazo, la supervisión de la contaminación del aire, el análisis y predicción de las trayectorias de emanaciones tóxicas provenientes de incidentes químicos o nucleares, las alertas ante acontecimientos meteorológicos graves para la aviación, la observaciones meteorológicas, las operaciones aeroportuarias y la protección del público. Se precisa una adquisición de datos continua, entre el suelo y 5 Km con una resolución deseable a veces tan baja como 30 m. Las mediciones se realizarán normalmente en zonas pobladas.

Los radares perfiladores de viento también juegan un papel importante en la investigación atmosférica experimental. Su capacidad de medir el viento con una resolución temporal y espacial alta les habilita para la verificación

experimental de modelos, la investigación de la capa límite y la investigación de procesos que son importantes para comprender la atmósfera y, en particular, la evolución del clima.

Actualmente, las organizaciones meteorológicas utilizan sistemas a bordo de globos para medir el perfil del viento, la temperatura y humedad entre el suelo y la atmósfera superior. Aunque los actuales radares perfiladores de viento no miden todos estos parámetros, tienen algunas ventajas en comparación con los sistemas en globos para cumplir los requisitos mencionados anteriormente:

- muestrean los vientos de forma prácticamente continua;
- los vientos se miden prácticamente encima del lugar;
- se puede medir la velocidad vertical del aire;
- proporcionan sondeos de la densidad temporal y espacial necesaria para calcular campos derivados de una forma mucho más adecuada;
- el coste por operación es menor;
- funcionan de forma automática en prácticamente todas las condiciones meteorológicas.

Además, se ha comprobado que los radares perfiladores de viento se pueden adaptar para medir perfiles de temperatura cuando se utilizan junto con un sistema de sondeo radioacústico. Esto ofrece la posibilidad de obtener perfiles de temperatura más densos y de mayor calidad en comparación con las técnicas de medición actuales de seguimiento de globos. Ninguna otra técnica de medición presentará ventajas comparables en el próximo futuro, ni siquiera los sensores a bordo de satélites.

Resulta de suma importancia la armonización mundial de las frecuencias de funcionamiento de los radares perfiladores de viento y la identificación de espectro radioeléctrico por una Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, ya que permitirá el desarrollo y la explotación rentable de los radares perfiladores de viento. En la práctica, los sistemas se construyen para tres bandas de frecuencias, a saber, en torno a 50 MHz, 400 MHz y 1.000 MHz.

## Radars oceanográficos

Un porcentaje significativo de la población mundial vive a menos de 50 millas de la costa, lo que justifica la necesidad de mediciones precisas, fiables y detalladas de las variables medioambientales costeras. De la misma manera que los vientos en la atmósfera proporcionan información sobre dónde y cuándo se generan los sistemas meteorológicos, las corrientes oceánicas determinan el movimiento de los acontecimientos oceánicos. Estos dos flujos dinámicos también se utilizan para determinar hacia dónde se transitarán los productos contaminantes, artificiales o naturales. En la actualidad, no se dispone de mediciones de las corrientes oceánicas tan fácilmente como en el caso de los vientos.

Debido a ello, existe un interés creciente en poder medir con precisión las corrientes y las olas en aguas costeras. La comunidad oceanográfica mundial está planificando la implantación de redes de radares de supervisión de la superficie del mar en el litoral. Disponer de mejores mediciones de las corrientes y del estado del mar en el litoral aporta ventajas para la sociedad en asuntos como el conocimiento de la contaminación costera, la gestión de pesquerías, la búsqueda y el rescate, la erosión de las playas, la navegación marítima y el transporte de sedimentos. Las mediciones de la superficie del mar mediante radares costeros facilitan las operaciones meteorológicas mediante la recopilación de datos del estado del mar y de las olas oceánicas dominantes.

Además, la tecnología de los radares oceanográficos tiene aplicaciones en el dominio marítimo mundial al permitir la detección a gran distancia de barcos en superficie. Esto beneficiará a la seguridad de los barcos y puertos en todo el mundo. La necesidad de más datos para atenuar los efectos de los desastres, incluidos los tsunamis, comprender el cambio climático y garantizar la seguridad de la navegación motivó que se considerara el uso operativo de redes de radares oceanográficos a escala mundial.

Hasta 2009, se disponía de 143 radares oceanográficos distribuidos a lo largo del litoral de los Estados Unidos de América (esta cifra incluye radares que actualmente no están en funcionamiento con regularidad). Casi todos los sistemas de radares oceanográficos de los Estados Unidos de América son propiedad o están operados por departamentos de investigación de universidades. La Figura 4 muestra la ubicación de los radares oceanográficos existentes y propuestos en los Estados Unidos de América, las islas del Pacífico y las regiones del Caribe.

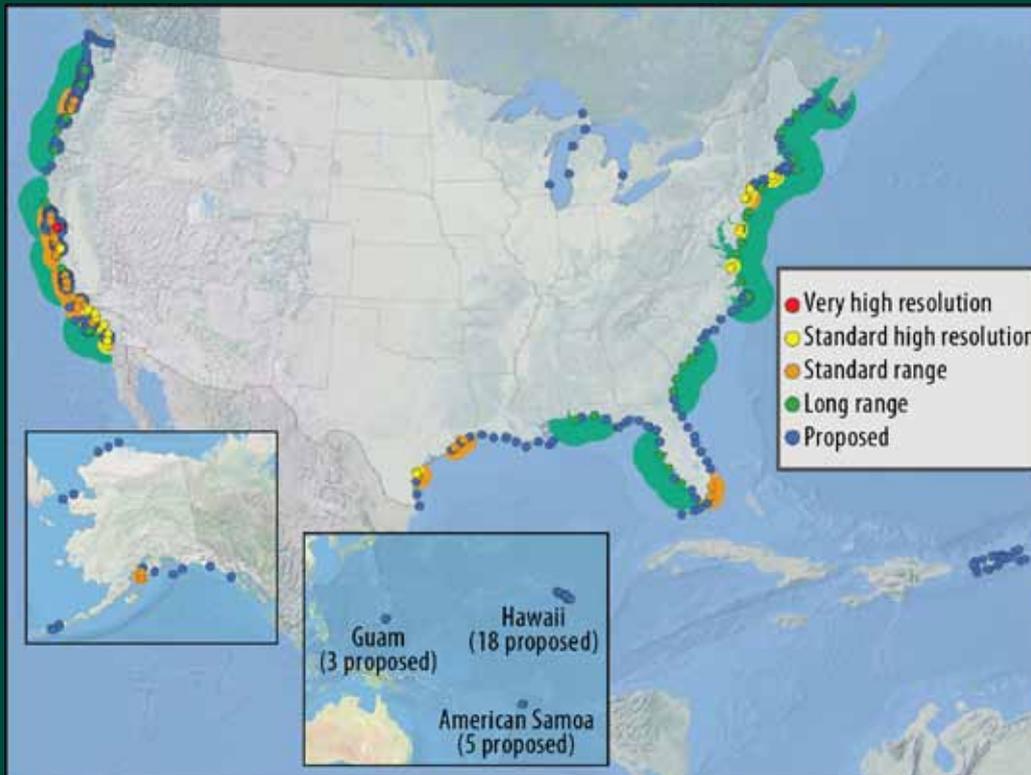


Figura 4

Ubicaciones de los radares oceanográficos existentes y propuestos para los Estados Unidos de América

Fuente:

*Observaciones de la Tierra desde el espacio: Los primeros 50 años de logros científicos, p.75, 2008, se puede descargar desde:*  
[www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)



Figura 5

Actividad solar vista desde un satélite y desde la superficie de la Tierra

Fuente:  
Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO)

## Vigilancia radioeléctrica del Sol

Nuestro creciente entendimiento de que dependemos del comportamiento del Sol ha llevado a una nueva disciplina denominada "meteorología espacial". La meteorología espacial, como su contrapartida más familiar y más cercana a la Tierra, es el estudio de las condiciones cambiantes en la región del espacio cercana a la Tierra. Sin embargo, en lugar de estudiar el viento y la lluvia, los científicos dedicados a la meteorología espacial miden la radiación electromagnética y el comportamiento del plasma solar (Figura 5).

En escalas temporales largas e intermedias, las consecuencias de la variabilidad solar en el clima se caracterizan como los efectos del vulcanismo terrestre y la suma de toda la actividad humana. En escalas temporales más cortas, resulta más importante el papel de la meteorología espacial al perturbar nuestras infraestructuras técnicas en el espacio, en el aire y en tierra.

La vigilancia radioeléctrica del sol es una rama especializada de la radioastronomía. Juega un papel activo en los servicios de meteorología espacial y en su investigación y facilita –mediante la vigilancia de la actividad solar– las predicciones meteorológicas espaciales y la generación de los oportunos avisos ante eventos de erupciones solares que puedan afectar a las actividades terrestres y humanas.

Una consideración a más largo plazo, pero que constituye también un peligro importante que hay que considerar, es la posibilidad de erupciones solares gigantes. Estas parecen producirse de forma aleatoria. No se ha producido ninguna desde la aparición de nuestra sociedad moderna dependiente de la tecnología, con su extrema dependencia de las infraestructuras eléctricas y de comunicaciones. El impacto de uno de estos acontecimientos sería grave y podría tener consecuencias perturbadoras importantes en todo el mundo por lo que deberían evaluarse mejor al tratarse de situaciones extremas que no tienen precedentes.

Este nuevo gran riesgo tecnológico mundial no se puede controlar, lo que destaca el papel crucial que juegan los sistemas de alerta temprana que dependen de una vigilancia permanente del Sol para atenuar sus efectos. Los radiotelescopios solares situados en la Tierra son uno de esos sistemas de alerta temprana. Los objetivos de la vigilancia radioeléctrica del Sol son:

- comprender mejor los cambios que produce el Sol en el clima y otros parámetros medioambientales con repercusiones científicas, económicas o humanitarias;
- comprender y prever los fenómenos de meteorología espacial que puedan afectar a nuestras comunicaciones, transportes y otras infraestructuras y a actividades tales como la agricultura y pesca.

Habitualmente, al tratar muchos asuntos medioambientales y terrenales, se supone que el Sol es sencillamente una fuente de energía constante. De hecho, el Sol genera una mezcla compleja de partículas y de ondas electromagnéticas, moduladas por el nivel general de la actividad magnética solar. La medición de las emisiones radioeléctricas

del Sol seguirá siendo una parte importante de la vigilancia de la principal fuerza que perturba nuestro medio ambiente. Estas emisiones no tienen un efecto directo discernible sobre nuestro medio ambiente o nuestras tecnologías, salvo en las raras ocasiones en las que las emisiones radioeléctricas del Sol son suficientemente fuertes para degradar nuestros sistemas radioeléctricos, lo que ha ocurrido en varias ocasiones. Las observaciones radioeléctricas son excelentes estetoscopios para determinadas facetas del comportamiento del Sol que pueden tener efectos dramáticos sobre nuestro medio ambiente y nuestras actividades en la Tierra, en la atmósfera y en el espacio. Las repercusiones de la actividad solar sobre nuestro medio ambiente y nuestras actividades e infraestructuras son evidentes.

## Ayudas a la meteorología

Los sistemas de ayuda a la meteorología (MetAids) se utilizan principalmente para mediciones *in situ* de variables atmosféricas (presión, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) en la atmósfera superior hasta una altitud de 36 Km. Las mediciones son vitales para la capacidad de predicción meteorológica nacional (y por lo tanto para los servicios de alerta ante fenómenos meteorológicos graves para el público que implican la protección de vidas y bienes). Las ayudas a la meteorología y los sistemas de seguimiento asociados proporcionan mediciones simultáneas de la estructura vertical de la temperatura, de la humedad relativa y de la velocidad y dirección del viento en toda la gama de alturas necesaria. La variación de estas variables meteorológicas en la vertical contiene la mayor parte de la información imprescindible para la predicción meteorológica. Los sistemas MetAids son los únicos sistemas de observación meteorológica capaces de proporcionar con regularidad la resolución vertical que los meteorólogos necesitan para las cuatro variables. Es vital la identificación de las alturas en las que se producen cambios bruscos de una variable. Por lo tanto, es esencial la continuidad de mediciones fiables a lo largo de todo el trayecto de la radiosonda.

Las observaciones mediante MetAids se realizan con radiosondas transportadas en globos ascendentes lanzados desde estaciones en tierra o desde barcos, sondas lanzadas desde aeronaves con paracaídas y cohetes sonda lanzados a la atmósfera mediante un cohete y que descienden con un paracaídas para la recogida de datos (véase un ejemplo en la Figura 6). Las observaciones de radiosondas se llevan a cabo de forma rutinaria en prácticamente todos los



Figura 6

Lanzamiento de una radiosonda

Fuente:

R.P Leck, *Earth Resource Technologies Inc.*

países 2 a 4 veces al día. Los datos de observación se distribuyen en pocas horas a todos los demás países mediante el Sistema Mundial de Telecomunicación de la OMM (SMT). Los sistemas de observación y la diseminación de datos se organizan todos bajo el marco del programa de Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM.

La red de radiosondas supone la fuente mundial de primer orden de mediciones *in situ* en tiempo real. La reglamentación de la OMM (Manual sobre el Sistema Mundial de Proceso de Datos (SMPD)) indica que las mediciones de radiosonda se deben realizar y distribuir a todos los centros del SMPD en todo el mundo a escala nacional, regional y mundial para la predicción meteorológica numérica. En la primera década del siglo XXI se precisan estaciones de observación en todo el mundo que mantengan una separación horizontal inferior o igual a 250 km y realicen observaciones entre una y cuatro veces al día. Sin embargo, los modelos de predicción meteorológica numéricos

para fenómenos meteorológicos a pequeña escala (por ejemplo, tormentas, vientos locales, tornados) y emergencias medioambientales requieren realmente observaciones locales de la atmósfera superior cada dos o tres horas con una resolución horizontal de entre 50 y 100 Km. Las observaciones se deben proporcionar desde diversos sistemas de observación, elegidos en función de las necesidades de las administraciones nacionales, incluidas las mediciones de MetAids, de radares perfiladores de viento y de satélites.

Las observaciones de radiosonda son fundamentales para mantener la estabilidad del Sistema Mundial de Observación de la OMM (SMO). Las mediciones de teledetección desde satélites no tienen la resolución vertical disponible con radiosondas. Deducir adecuadamente la estructura vertical de la temperatura a partir de esas mediciones de satélite normalmente requiere un cálculo realizado directamente a partir de estadísticas de radiosondas o de la propia predicción meteorológica numérica. En este último caso, las mediciones de radiosonda garantizan que la estructura vertical en esas predicciones mantiene su precisión y su estabilidad en el tiempo. Además, las mediciones de radiosonda se utilizan para calibrar observaciones de satélites mediante diversas técnicas. Se considera, por lo tanto, que las observaciones de radiosonda seguirán siendo absolutamente necesarias para la meteorología en el próximo futuro.

En los últimos 20 años se han producido en todo el mundo grandes cambios en la temperatura atmosférica y en el ozono, teniendo lugar muchos de los principales cambios a alturas situadas entre los 12 y 30 km sobre la superficie de la Tierra. Los cambios son suficientemente amplios como para generar preocupación sobre la seguridad pública en el futuro. Las observaciones diarias y rutinarias mediante radiosondas en alturas superiores a los 30 Km permiten determinar la distribución vertical de los cambios que se producen y, de esta forma, evaluar las causas de esos cambios. Las mediciones con sondas de ozono para alturas similares determinan la distribución vertical de la reducción del ozono que parece que se está produciendo actualmente durante el invierno y la primavera en los hemisferios sur y norte. Muchos países despliegan sondas de ozono por lo menos tres veces a la semana durante esas estaciones para comprobar su evolución.

Independientemente de las principales organizaciones meteorológicas civiles, los institutos nacionales de investigación y otros usuarios pueden desplegar otros sistemas MetAids. Entre estas investigaciones se incluyen la contaminación medioambiental, la hidrología, la radioactividad en la atmósfera, fenómenos meteorológicos importantes como, por ejemplo, las tormentas de invierno, los huracanes, las tormentas, etc. y la investigación de una gama de propiedades físicas y químicas de la atmósfera. Este uso no está disminuyendo con el tiempo, puesto que con la automatización moderna resulta ahora mucho más fácil operar adecuadamente sistemas móviles y sistemas a bordo

de barcos sin necesidad de operadores experimentados ni de gran cantidad de equipo de apoyo. Las operaciones MetAids tienen que acomodar a esos usuarios, lo que amplía el espectro radioeléctrico necesario para las operaciones MetAids. Esto resulta particularmente crítico cuando los lugares de lanzamiento de esos otros usuarios se encuentran a menos de 150 Km de los lugares de lanzamiento de la organización meteorológica.

Las redes de radiosonda se implantan y operan por servicios meteorológicos nacionales de conformidad con las prácticas recomendadas y los procedimientos acordados internacionalmente por la OMM. El número actual de estaciones de radiosonda que informan con regularidad es de cerca de 900. Habitualmente en un año se lanzan unas 800.000 radiosondas en colaboración con la red de la OMM y se estima que cerca de otras 400.000 radiosondas se utilizan para uso de la defensa y aplicaciones especializadas.

Las sondas con paracaídas son conjuntos de sensores meteorológicos que se llevan a bordo de un avión y se lanzan con un paracaídas para obtener el perfil de la atmósfera. Aunque se pueden utilizar sobre la tierra, normalmente se usan sobre zonas oceánicas donde no es posible aprovechar una estación de radiosonda. Este tipo de sondas se utiliza a menudo para vigilar las condiciones en el interior de tormentas tropicales, huracanes y tifones puesto que el aeroplano puede dejarlas caer en puntos clave al atravesar la tormenta. Las sondas con paracaídas transmiten los datos de los sensores a un receptor situado a bordo del avión que puede estar recibiendo datos de hasta ocho sondas al mismo tiempo, lo que requiere el uso de un sistema receptor multicanal.

Las sondas lanzadas desde un avión pasan a través de la atmósfera muy deprisa al descender con el paracaídas, por lo que la pérdida de datos, incluso durante un periodo muy breve de tiempo, puede dar lugar a grandes pérdidas para partes importantes de la atmósfera. Aunque todos los datos durante el descenso son críticos, muchas aplicaciones otorgan importancia especial en los últimos datos obtenidos antes de que la sonda alcance la superficie. Los últimos datos representan las condiciones de la superficie, que son críticas para aplicaciones de predicción.

Las sondas con paracaídas se despliegan desde alturas situadas entre 3.000 y 21.400 m y se siguen desde la superficie de la Tierra. Un avión que despliega sondas puede seguir y recibir datos de hasta ocho sondas simultáneamente. Esto permite que el avión vuele según un determinado plan de vuelo a través de la tormenta, soltando sondas y recolectando datos desde puntos clave dentro de la tormenta. Las sondas utilizan el GPS y su información de ubicación se combina y transmite con los datos de presión, temperatura y humedad medidos con el fin de calcular y prever la velocidad de los vientos.

La utilización más común de las sondas con paracaídas es vigilar las condiciones dentro de tormentas tropicales, huracanes y tifones. Las sondas permiten obtener el perfil de la atmósfera en el interior de grandes tormentas cuando todavía se encuentran lejos de las costas. Los datos son críticos para comprobar la fuerza de la tormenta y predecir la futura fuerza y trayectoria.

Estas sondas también se han utilizado en todo el mundo para la investigación meteorológica y climática sobre los océanos y sobre la tierra. Las sondas permiten el despliegue rápido de una gran cantidad de conjuntos de sensores en zonas donde el despliegue de estaciones de radiosondas no es posible. Su uso también permite una reconfiguración rápida de la red en respuesta a condiciones cambiantes, algo que no pueden hacer con rapidez las estaciones de radiosonda situadas en tierra.

Las agencias espaciales y otros usuarios utilizan cohetes sonda cuando necesitan datos que no se pueden lograr mediante el uso de radiosondas o de sondas con paracaídas. Los sistemas de cohetes sonda, como las sondas con paracaídas, recogen datos atmosféricos mientras descienden a través de la atmósfera. En lugar de soltarse desde un avión, los cohetes sonda suben rápidamente por la atmósfera en un pequeño cohete de combustible sólido y los datos se recuperan mientras la sonda cae de nuevo hacia la tierra con un paracaídas.

Estos cohetes se despliegan para realizar mediciones de la atmósfera mediante un pequeño cohete de combustible sólido. Se utilizan tanto sondas de baja altitud como de gran altitud. El uso de cohetes sonda no es muy amplio, aunque resultan críticos cuando sólo sus características únicas satisfacen las necesidades de datos.

La versión de baja altitud se utiliza para desplegar muy rápidamente un equipo de medición a una altura de aproximadamente 1.000 m de forma que se puedan medir las condiciones de la capa límite. En esta versión, el conjunto de sensores se separa del cuerpo del cohete en su apogeo.

La versión de gran altitud se utiliza para desplegar equipos de medición de la atmósfera en altitudes (superiores a 32 km) que no pueden alcanzar las radiosondas a bordo de globos. Tras lanzar el cohete el motor quema rápidamente su combustible a una baja altitud (aproximadamente 2.000 m) y se separa de una ojiva que transporta la carga útil con la sonda hasta su apogeo (de 73 a 125 km). En el apogeo, la carga útil de la sonda se separa de la ojiva y desciende a través de la atmósfera mediante un paracaídas. Además de transmitir datos meteorológicos desde la sonda, el

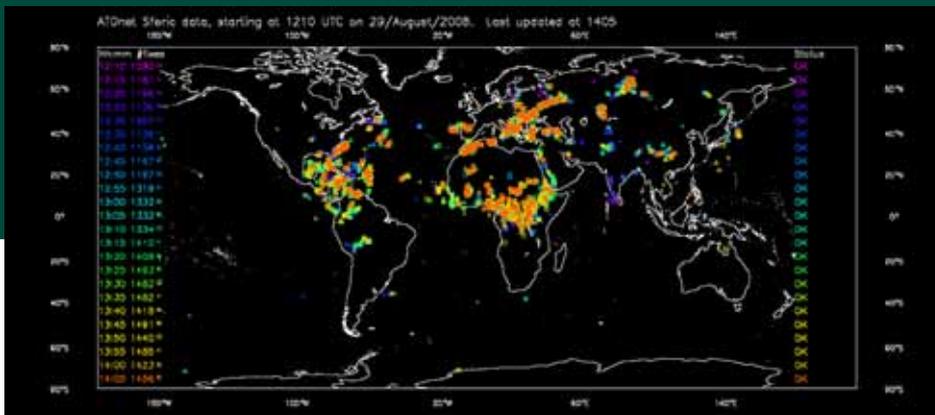


Figura 7

Ejemplo de datos de detección de rayos durante dos horas

Informe UIT-R RS.2184

paracaídas está construido con mylar aluminizado para permitir su seguimiento mediante radar para la medición de vientos atmosféricos. El periodo de tiempo entre el despliegue en el apogeo y la finalización de la recuperación de datos a 14 km es normalmente de 100 minutos. El seguimiento radar se realiza en una banda de radiodeterminación en lugar de en una de las bandas de frecuencias atribuidas a las ayudas a la meteorología.

Desde 1939, se detectan rayos a larga distancia mediante ayudas a la meteorología. Originalmente se realizaba con un sistema que precisaba muchas personas para medir la dirección desde la que se recibía la señal, pero desde 1987 la detección se lleva a cabo con un sistema automatizado utilizando las diferencias temporales de las señales recibidas para obtener la ubicación del impacto.

Este sistema utiliza una red de estaciones “detectoras” para supervisar las emisiones espectrales de los rayos entre las nubes y la tierra. La onda ionosférica, reflejada en la atmósfera, se propaga a distancias muy grandes con una atenuación relativamente pequeña y está precedida por una onda de superficie de menor alcance. Por lo tanto, es posible

recibir las emisiones de los rayos entre nubes y la tierra a millares de kilómetros de la ubicación del impacto. Una red distribuida de sensores situados en la superficie de la Tierra pueden localizar el origen del rayo, utilizando las diferencias de tiempo de llegada de las emisiones del rayo en los diferentes emplazamientos de los sensores.

En junio de 2010, la red incluía 11 sensores distribuidos por Europa desde Islandia a Chipre, en la que colaboraban Finlandia, Francia, Alemania, Islandia, Irlanda, Portugal y Suiza. El siguiente sensor se situó en La Reunión (en el Océano Índico, al este de Madagascar) para evaluar la mejora ubicación en África, aunque todavía no se procesa como parte del sistema operativo. En el futuro inmediato se instalarán nuevos sensores en Croacia, en algunos lugares de África, Sudamérica, Oriente Medio y Asia Occidental y a largo plazo debería ser posible ampliar el sistema para proporcionar una cobertura mundial.

Los resultados típicos del sistema se ilustran en la Figura 7 donde las ubicaciones de los rayos se han detectado en una época del año en la que había pocas tormentas en Europa con una actividad intensa en África Central, El Caribe y parte de Sudamérica.

Las organizaciones meteorológicas en todo el mundo utilizan los datos proporcionados por el sistema que contribuyen a salvaguardar la vida, tanto en términos de predicción para la seguridad pública como para la seguridad de las operaciones de la aviación, en particular sobre los océanos y en grandes zonas de tierra donde no existen sistemas de detección de rayos nacionales. Además de los peligros del propio rayo, las tormentas pueden dar lugar a una precipitación intensa con las consiguientes inundaciones, heladas, destrozos del viento, turbulencias y vientos de tempestad.

## Sistemas móviles

Cada vez resulta más necesario proporcionar medios de acceso inalámbricos que puedan conectar sensores y actuadores asociados con personas u objetos muy dispersos para formar redes con el fin de soportar un número creciente de aplicaciones de servicio. Los sistemas de acceso móviles inalámbricos se demandan para diversos servicios tales como la vigilancia medioambiental, el seguimiento de bienes robados, el control del consumo de gas, agua y electricidad para reducir los gastos medioambientales, de seguridad social y de cuidados médicos, etc.

El sistema de acceso móvil inalámbrico es una red pública celular que puede facilitar telecomunicaciones a diversos objetos incluidos servicios máquina a máquina con coberturas muy amplias. Un sistema de acceso inalámbrico celular grande con un radio de celda de varios kilómetros resulta especialmente adecuado para zonas rurales y no residenciales así como para zonas urbanas o residenciales debido a su despliegue sencillo y económico. Los siguientes son ejemplos de categorías de servicios disponibles:

- medidor distante que ofrece lecturas de servicios como el agua, el gas o la electricidad: esta aplicación también permite a los propietarios de la casa visualizar el consumo de energía de cada hogar para su evaluación medioambiental (Figura 8);
- observación meteorológica: mediciones de la temperatura y de la humedad del aire, la precipitación, el nivel de agua de los ríos y del mar, la concentración de CO<sub>2</sub>;
- observación y protección medioambiental: observación de la contaminación medioambiental, incluidos el aire, el agua y el suelo, investigación de residuos industriales, control de la industria química, investigación de ecosistemas;

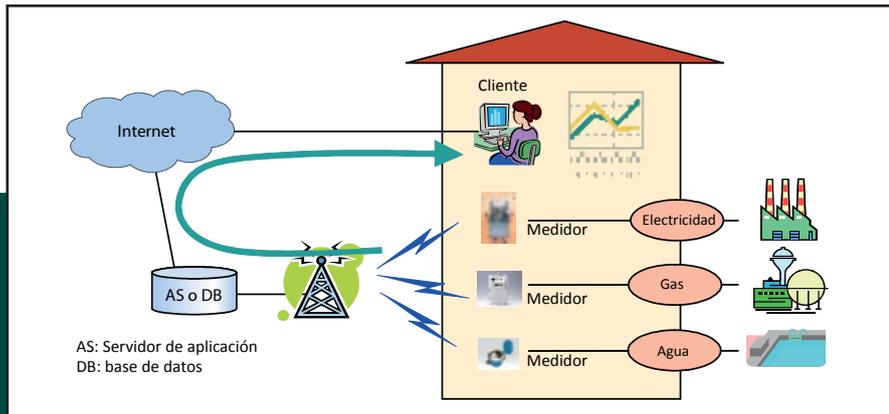


Figura 8

Visualización del consumo de energía doméstica

- prevención de desastres y medidas para evitarlos: observación de terremotos (por ejemplo, sismógrafos), supervisión de inundaciones, observación de flujos de desechos;
- sistemas de transporte y de gestión de tráfico inteligentes: reducen las distancias de transporte y el consumo de combustible;
- gobierno móvil, medicina móvil, negocios móviles y comercio móvil – Adopción de tecnologías móviles para apoyar y mejorar los resultados del gobierno y los negocios e impulsar una sociedad más conectada. Lo más importante son las necesidades del sector público y de los usuarios finales, ya sean ciudadanos o empresarios, para garantizar que la tecnología se emplea para reorganizar la forma en que trabajan las personas y para satisfacer las necesidades de los ciudadanos mediante un mejor servicio que permita a los ciudadanos conectarse a una amplia gama de información y servicios, es decir, información sobre leyes, salud, educación, finanzas, empleo, transporte y seguridad pública. Esto contribuye a la conservación de la energía y de los recursos naturales y a la eficiencia energética:
  - contribuyendo a evitar la duplicación de esfuerzos y recursos, compartiendo datos y recursos, automatizando tareas repetitivas y centralizando tareas y servicios en procesadores centrales y/o distribuidos: centros de datos, servidores de aplicaciones comunes, etc.;
  - mejorando la eficiencia en el uso de recursos existentes y/o comunes, ocupándose en particular de los recursos informáticos y humanos;
  - reduciendo el uso de papel y contribuyendo a su reciclado;
  - reduciendo los tiempos de espera y las colas;
  - limitando los viajes y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero;
  - reduciendo la conmutación y la polución;
- sistemas de construcción inteligentes: están surgiendo sistemas de control medioambiental como herramientas que pueden permitir la gestión a distancia de seres humanos e instalaciones, incluidos edificios y lugares en construcción. Los sistemas de construcción inteligentes (IBS) integran sistemas

móviles en su diseño y funcionamiento con el fin de gestionar el confort, la seguridad y los costes. La utilización de sistemas inalámbricos así como de dispositivos de redes y algoritmos inteligentes es el fundamento tecnológico para un “edificio inteligente”. Este consiste en una combinación de dispositivos unidos por redes tales como termostatos, sensores de presencia, sensores de iluminación y controles inteligentes, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, sensores de seguridad, fuego, vibración, tensión y humedad, sistemas de control de ascensores y escaleras mecánicas y otros sistemas en edificios que se comunican mediante una “única infraestructura de banda ancha”. Estas tecnologías podrían ahorrar más del 30% de los costes de energía en los edificios existentes y más del 70% en los nuevos edificios permitiéndoles a estos llegar a ser suministradores de energía eléctrica netos a la red eléctrica. Un buen ejemplo es el control a distancia del aire acondicionado de una oficina. Esta aplicación permite que los operadores de control recopilen información medioambiental tal como la temperatura y la humedad en todas las oficinas de todo el edificio y contribuyan a optimizar el uso de la energía controlando los aparatos de aire acondicionado distribuidos (Figura 9).

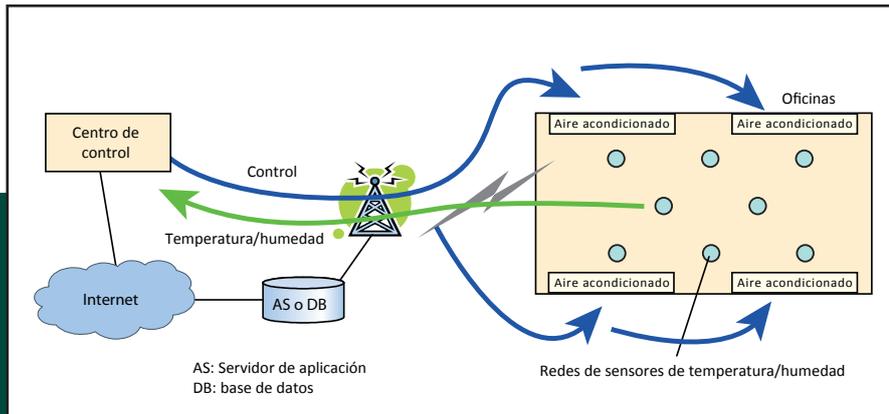


Figura 9

Control a distancia del aire acondicionado de oficinas

## 2. Actividades de las Comisiones de Estudio del UIT-R

Una Asamblea de Radiocomunicaciones crea las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones y les asigna las Cuestiones que han de estudiar, a fin de que redacten proyectos de Recomendaciones para su aprobación por los Estados Miembros de la UIT. Las Recomendaciones UIT-R son elaboradas por expertos mundiales en radiocomunicaciones, provenientes de todos los países, con una gran reputación y reconocimiento internacionales en materia de normas internacionales en su ámbito de aplicación. Las Comisiones se centran en lo las actividades siguientes:

- gestión y uso eficiente del recurso órbita/espectro por los servicios espaciales y terrenales;
- características y desempeño de los sistemas radioeléctricos;
- explotación de estaciones radioeléctricas;
- aspectos de las radiocomunicaciones en materia de socorro y seguridad.

Además, las Comisiones de Estudio del UIT-R llevan a cabo estudios preparatorios para las Conferencias mundiales y regionales de radiocomunicaciones (CMR, CRR). Las Comisiones de Estudio realizan su trabajo en cooperación con otras organizaciones de radiocomunicaciones. Actualmente participan en los trabajos de las Comisiones de Estudio del UIT-R más de 1.500 especialistas, que representan a los Estados Miembros y a los Miembros de Sector de la UIT y a asociados de todo el mundo. En este momento existen seis Comisiones de Estudio especializadas en los temas siguientes:

CE 1 – Gestión del espectro

CE 3 – Propagación de las ondas radioeléctricas

CE 4 – Servicios de satélites

CE 5 – Servicios terrenales

CE 6 – Servicios de radiodifusión

CE 7 – Servicios científicos

En lo que respecta al cambio climático en particular, los trabajos de las Comisiones de Estudio del UIT-R se centran actualmente en:

- la gestión de las radiocomunicaciones para la predicción, detección, atenuación y prevención de desastres;
- el apoyo a los sistemas de radiocomunicaciones dedicados a la predicción, detección, atenuación y prevención de desastres. Los detalles se presentan en el Cuadro 2;
- la elaboración de Recomendaciones, Informes y Manuales sobre:
  - las mejores prácticas vigentes para reducir el consumo de energía en los sistemas, equipos o aplicaciones de las TIC pertenecientes a un servicio de radiocomunicaciones;
  - la utilización de sistemas o aplicaciones radioeléctricos que puedan contribuir a la reducción del consumo de energía en sectores distintos al de las radiocomunicaciones;
  - sistemas efectivos para supervisar el medio ambiente, así como para vigilar y predecir el cambio climático y garantizar el funcionamiento fiable de dichos sistemas.



## Cuadro 4

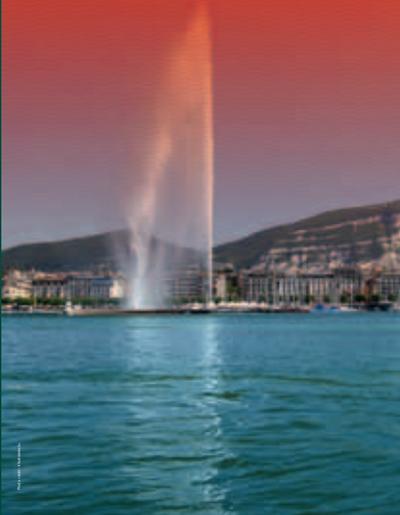
### Ámbito de los estudios en curso en el UIT-R relativos al cambio climático

Actividades	Principales tareas	Servicios de radiocomunicaciones implicados	Comisión de Estudio del UIT-R
Vigilancia del medio ambiente	Observaciones por satélite de la atmósfera y de la superficie terrestres	Servicio de exploración de la Tierra por satélite	CE 7
		Servicio meteorológico por satélite	
	Adquisición, procesamiento, análisis y distribución de datos provenientes de satélites de teledetección	Servicio de operaciones espaciales	
	Supervisión de la radiación solar	Radioastronomía	CE 7
		Servicio de investigación espacial	
	Observación de las características de la atmósfera desde el suelo	Servicio de ayudas a la meteorología	CE 7
Servicio de radionavegación		CE 5	
Servicio de radiolocalización			
		Servicio móvil	CE 5
Otras aplicaciones	Optimización de la construcción	Servicio de exploración de la Tierra por satélite	CE 7
	Optimización del tráfico	Móvil	CE 5
	Ahorro energético		
	Decisiones en materia de siembra		
	Planificación de regadíos		

U n i ó n   I n t e r n a c i o n a l   d e   T e l e c o m u n i c a c i o n e s

# CONFERENCIA MUNDIAL DE RADIOCOMUNICACIONES, 2012

Ginebra, 23 de enero – 17 de febrero de 2012



[www.itu.int/ITU-R/go/WRC-12](http://www.itu.int/ITU-R/go/WRC-12)



### 3. Resultados de las últimas Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones

Las decisiones tomadas durante las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR) 2007 y 2012 reforzaron el mandato de la UIT en materia de sostenibilidad, cambio climático y comunicaciones de emergencia y garantizaron la disponibilidad de espectro radioeléctrico y de posiciones orbitales para la explotación de los sistemas radioeléctricos dedicados a supervisar el medio ambiente y a evaluar y predecir el cambio climático, como se indica a continuación.

- **El servicio de meteorología por satélite obtiene más espectro**  
Se atribuyó más espectro al servicio de meteorología por satélite. Se ampliaron las atribuciones existentes al servicio de meteorología por satélite (MetSat) en la gama de frecuencias 7,85-7,9 GHz y 18,3-18,4 GHz. Los futuros sistemas MetSat podrán así realizar mediciones y observaciones de parámetros meteorológicos y climáticos con mucha mayor resolución, para comprender y predecir mejor el tiempo y el cambio climático.
- **Desarrollo y protección de la teledetección pasiva por satélite**  
Las Conferencias actualizaron el uso del espectro radioeléctrico destinado a las futuras aplicaciones de observación de la Tierra mediante el desarrollo de sensores pasivos a bordo de satélites meteorológicos y medioambientales para observar las líneas espectrales del vapor de agua y del oxígeno, necesarias para las mediciones de las nubes de hielo y las precipitaciones y para la supervisión de tormentas y la elaboración de estudios climáticos. Se adoptaron límites obligatorios y recomendados para las emisiones de los servicios activos con el fin de proteger a los servicios pasivos.
- **Apoyo a los radares oceanográficos**  
Se tomaron en consideración las necesidades mundiales de espectro para los radares oceanográficos con el fin de atenuar los efectos de los desastres naturales, incluidos los tsunamis, comprender el cambio climático y garantizar un tráfico marítimo más seguro. Con este objeto, se establecieron atribuciones de frecuencias al servicio de radiolocalización entre 4 MHz y 42,5 MHz. Se adoptaron los niveles de protección correspondientes para las interferencias producidas por los radares oceanográficos. Estos radares funcionan utilizando ondas desde la costa que se propagan por el mar para medir las condiciones de la superficie

del mar cerca del litoral para respaldar las operaciones medioambientales, oceanográficas, meteorológicas, climatológicas, marítimas y de atenuación de los desastres y para la vigilancia de la contaminación costera, la gestión de la pesca, la búsqueda y el salvamento, la erosión de las playas y la navegación marítima.

- **Más espectro para los sensores activos**  
Se acordó una ampliación de la atribución a los sensores activos del SETS en torno a 9.500-9.900 MHz facilitando una banda contigua necesaria de 500 MHz para asuntos tales como la generación de mapas topográficos de la superficie de la Tierra mediante radares de apertura sintética (SAR).
- **Protección del desarrollo de sistemas de detección de rayos**  
La CMR-12 adoptó nuevas disposiciones reglamentarias y técnicas para proteger los sistemas automatizados que se utilizan para detectar y predecir las descargas eléctricas. Las organizaciones meteorológicas utilizan en todo el mundo los datos proporcionados por estos sistemas. En particular, esos datos resultan valiosos para la aviación, especialmente sobre los océanos y sobre grandes zonas de tierra en las que no existe ningún sistema de detección de rayos nacional.

Se aprobaron algunas Resoluciones que reflejan la preocupación de los Estados Miembros en materia de uso de las radiocomunicaciones para atenuar los efectos negativos del cambio climático y de los desastres naturales y artificiales, por ejemplo:

- instando a las Comisiones de Estudio del UIT-R para que activen su trabajo, en particular en los ámbitos de la predicción, detección, atenuación y prevención de desastres; considerando una mayor protección de la población y la prevención ante desastres y alentando a las administraciones para que consideren la posibilidad de identificar bandas de frecuencias o gamas o partes de ellas cuando lleven a cabo su planificación nacional, con el fin de lograr bandas de frecuencias armonizadas a escala regional para una mayor protección de la población y mejores soluciones de prevención ante desastres;
- prosiguiendo el desarrollo de nuevas tecnologías tales como las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) y los sistemas inteligentes de transporte (ITS) para respaldar y complementar las aplicaciones de protección de la población y de prevención ante desastres;
- destacando la importancia de utilizar medidas efectivas para predecir, detectar, alertar y en su caso atenuar los efectos de los desastres naturales mediante el uso coordinado y efectivo del espectro ra-

dielectrico. La planificación nacional del espectro para emergencias y prevención de desastres debería tener en cuenta la necesidad de cooperación y consulta bilateral con otras administraciones interesadas. Esto puede facilitarse mediante la armonización del espectro, así como mediante directrices de gestión del espectro acordadas para la prevención de desastres y la planificación ante emergencias. La identificación de posibles frecuencias en administraciones individuales –en las que podrían operar los equipos– puede facilitar la interoperabilidad y el interfuncionamiento. Es evidente la importancia de disponer de frecuencias en las fases iniciales de asistencia sanitaria cuando se producen desastres;

- prosiguiendo la asistencia a los Estados Miembros en sus actividades de preparación de las comunicaciones de emergencia manteniendo la base de datos de las frecuencias disponible actualmente para situaciones de emergencia;
- destacando la importancia de la recopilación e intercambio de datos de observación de la Tierra con el fin de mantener y mejorar la precisión de las predicciones meteorológicas, por su contribución a la protección de la vida y de los bienes en todo el mundo.

## Conclusiones

Las consecuencias de la actividad humana sobre el medio ambiente –y en particular sobre el cambio climático– son asuntos de creciente preocupación a los que se enfrenta la vida sobre la Tierra. Las radiocomunicaciones ofrecen algunas oportunidades para avanzar en la investigación medioambiental mundial, su planificación y actuación. Esto incluye la vigilancia y protección del medio ambiente así como la atenuación y la adaptación al cambio climático.

Este Informe muestra que las TIC pueden contribuir a reducir de forma significativa las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando la eficiencia energética y reduciendo el uso de recursos naturales. Esto se puede lograr utilizando tecnologías radioeléctricas que sustituyan los viajes, reciclando y la reduciendo el consumo energético. Este Informe también trata en profundidad el uso de las TIC en muchos aspectos diferentes del trabajo en materia de medio ambiente, en particular la observación medioambiental, su análisis, planificación, gestión y protección, la mitigación y la creación de capacidades.



Arquitectura conceptual del Sistema Mundial de Sistemas de Observación de la Tierra (GEOSS)



