

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R RS.1859-1
(12/2018)

**Utilización de sistemas de teledetección para
la recopilación de datos que se emplearán
en casos de catástrofe natural
y emergencias similares**

Serie RS
Sistemas de detección a distancia



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2019

© UIT 2019

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R RS.1859-1

Utilización de sistemas de teledetección para la recopilación de datos que se emplearán en casos de catástrofe natural y emergencias similares

(2010-2018)

Cometido

La presente Recomendación facilita orientaciones sobre la provisión de datos obtenidos por teledetección y proporcionados por satélites en las diferentes fases de la gestión de catástrofes:

- 1) antes de la catástrofe (mitigación o medidas adoptadas para reducir los daños, las perturbaciones y las bajas; preparación o medidas que permitan reaccionar rápidamente ante la catástrofe natural correspondiente; y prevención o elusión de los efectos negativos de los peligros y catástrofes conexos);
- 2) durante la catástrofe (detección de una catástrofe y respuesta inmediata mediante la prestación de servicios y asistencia de emergencia); y
- 3) después de la catástrofe (recuperación de los efectos inmediatos de la catástrofe y rehabilitación y restauración a largo plazo de las condiciones anteriores a la catástrofe).

La presente Recomendación no contiene información sobre la difusión de datos.

Palabras clave

Catástrofes, gestión de catástrofes, servicio de exploración de la Tierra por satélite, SETS (activo), SETS (pasivo), teledetección

Recomendaciones e Informes del UIT-R conexos

Recomendación UIT-R RS.1883 – Utilización de sistemas de detección a distancia para el estudio del cambio climático y de sus efectos.

Informe UIT-R RS.2178 – Papel fundamental e importancia global de la utilización del espectro radioeléctrico para observaciones de la Tierra y aplicaciones conexas.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que, en el ámbito de las radiocomunicaciones, la gestión de catástrofes comprende los siguientes aspectos, siendo todos ellos igualmente importantes:

- 1) alerta temprana y prevención, mediante:
 - predicción de catástrofes, incluida la adquisición y el procesamiento de datos relativos a la probabilidad de que ocurra una catástrofe, a la zona geográfica en que ocurrirá y a su duración;
 - detección de catástrofes, incluido el análisis detallado de la probabilidad lógica y la gravedad de las mismas;
- 2) la reducción de los efectos de las catástrofes, incluida la rápida transmisión de información sobre las catástrofes inminentes y de las correspondientes alertas a los organismos encargados de las operaciones de socorro;

- 3) las radiocomunicaciones posteriores a la catástrofe, incluida la utilización *in situ* de sistemas de comunicaciones terrenales y por satélite que contribuyan a asegurar y estabilizar los activos humanos y materiales de la zona afectada;
- b) que inherente a las catástrofes naturales es su carácter impredecible, lo que supone una necesidad de contar con unas capacidades de observación de la Tierra inmediatas y globales, que sólo pueden satisfacer los instrumentos de teledetección a bordo de satélites;
- c) que estos sensores a distancia a bordo de satélites existen y funcionan en bandas de frecuencias atribuidas actualmente al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS);
- d) que existen organismos cuyo objetivo es facilitar el procesamiento y la difusión de datos relativos a catástrofes desde el operador-proveedor del satélite hasta el organismo encargado de las operaciones de socorro,

reconociendo

- a) que la Resolución UIT-R 55, relativa a los estudios del UIT-R sobre predicción, detección, mitigación de los efectos de la catástrofe y operaciones de socorro, y la Resolución **646 (Rev. CMR-15)**, relativa a la protección pública y las operaciones de socorro, reconocen la importancia de los aspectos de las radiocomunicaciones/TIC relevantes para la prevención, la predicción, la detección, la alerta temprana, la disminución de las consecuencias y las operaciones de socorro en caso de catástrofe, así como el importante cometido de la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones y de la teledetección en la gestión de catástrofes;
- b) que, en la Resolución **673 (Rev. CMR-12)**, se resuelve «reconocer que el uso del espectro para aplicaciones de observación de la Tierra presenta un considerable valor económico y social; instar a las administraciones a que tengan en cuenta las necesidades de radiofrecuencia de los servicios de observación de la Tierra y, en particular, la protección de las bandas de frecuencia correspondientes; y alentar a las administraciones a que consideren la importancia de la utilización y disponibilidad de espectro para las aplicaciones de observación de la Tierra antes de tomar decisiones que pudieran afectar negativamente a dichas aplicaciones»,

observando

que el Informe de la Cuestión 22/2 del UIT-D, relativo a la utilización de las TIC para la gestión de catástrofes, recursos y sistemas espaciales de teledetección activos y pasivos aplicables a las situaciones de socorro en casos de catástrofes y emergencia, contiene directrices encaminadas a facilitar la aplicación de la norma sobre el Protocolo de Alerta Común (PAC) relativo a la alerta pública y la notificación de peligro en situaciones de catástrofe y emergencia,

recomienda

- 1** que las administraciones se familiaricen con las aplicaciones de la teledetección a bordo de satélites que revisten interés para la gestión de las respuestas a las catástrofes naturales y a emergencias similares, según se indica en el Anexo 1;
- 2** que las administraciones y los operadores sigan suministrando datos ambientales relacionados con las catástrofes, según se indica en el Anexo 2.

NOTA 1 – El presente instrumento debe complementarse con una nueva Recomendación sobre la utilización de los datos recopilados.

Anexo 1

Utilización de sistemas de teledetección para la recopilación de datos que se emplearán en casos de catástrofe natural y emergencias similares

1 Introducción

Los servicios de ayudas a la meteorología, meteorología por satélite y exploración de la Tierra por satélite desempeñan un cometido fundamental en actividades tales como:

- la identificación de zonas de riesgo;
- la predicción de las condiciones meteorológicas y los cambios climáticos;
- la detección y el seguimiento de terremotos, tsunamis, huracanes, incendios forestales, vertidos de crudo, etc.;
- la difusión de alertas/avisos de catástrofes;
- la evaluación de los daños causados por catástrofes;
- la difusión de información para planificar operaciones de socorro; y
- la supervisión de la recuperación tras la catástrofe.

Estos servicios proporcionan datos útiles, e incluso esenciales, para mantener y mejorar la precisión de las previsiones meteorológicas, supervisar y predecir los cambios climáticos e informar sobre los recursos naturales. Las frecuencias utilizadas por estos servicios y sus aplicaciones figuran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Bandas de frecuencias utilizadas en la teledetección para la predicción y detección de catástrofes

Banda (GHz)	Atribución a riesgos	Amenazas costeras y tsunamis	Sequías	Terremotos	Fenómenos meteorológicos extremos	Inundaciones	Corrimientos de tierra	Contaminación (océano)	Hielo marino y lacustre	Volcanes	Incendios forestales
0,43	A	X	X	X		X	X			X	X
1,25	A	X	X	X		X	X	X	X	X	
1,42	P		X			X	X				X
1,67	P										
2,65	p		X			X	X				X
3,20	a										
4,30	p										
4,90	p		X								
5,30	A	X	X	X		X	X	X	X	X	X
6,70	p		X								
7,15	p		X						X		
8,60	A		X	X	X	X	X		X		X
9,60	A		X	X	X	X	X		X		X
10,65	P	X	X		X	X	X		X		
13,50	A		X		X	X	X		X		X
15,30	p										
15,40	P	X			X	X	X				
17,25	A		X		X						X
18,70	P	X	X		X	X	X				
21,30	P	X	X		X	X	X		X		
22,30	P	X	X		X	X	X				
23,80	P	X	X		X	X	X				

CUADRO 1 (fin)

Banda (GHz)	Atribución a riesgos	Amenazas costeras y tsunamis	Sequías	Terremotos	Fenómenos meteorológicos extremos	Inundaciones	Corrimientos de tierra	Contaminación (océano)	Hielo marino y lacustre	Volcanes	Incendios forestales
24,10	A		X		X	X	X				
31,50	P	X	X		X	X	X		X		
35,55	A		X		X	X	X				
36,50	P	X	X		X	X	X		X		
50,30	P	X	X		X	X	X				
55,00	P	X	X		X	X	X				
64,50	P										
78,50	A				X						
89,00	P					X	X		X		
94,00	A				X						
101,0	P		X		X						
110,0	P										
118,0	P	X	X		X	X	X				
150,5	P	X	X		X	X	X				
157,0	P										
166,0	P	X	X		X	X	X				
175,5	P	X	X		X	X	X				
183,0	P	X	X		X	X	X				
201,0	P	X	X		X	X	X				

NOTA – Las letras A y P hacen referencia a atribuciones activas y pasivas a la teledetección en las correspondientes bandas de frecuencias. Las mayúsculas indican una atribución a título primario y las minúsculas una atribución a título secundario.

Las mediciones u observaciones realizadas sobre el terreno, *in situ* y en tiempo real suelen ser más precisas y exactas que otras observaciones similares realizadas desde el espacio. Estos tipos de observaciones se conocen como «realidad del terreno» y se emplean para calibrar la instrumentación a bordo de los vehículos espaciales. Sin embargo, cuando los instrumentos *in situ* o las infraestructuras necesarias para su utilización no se encuentran en el emplazamiento adecuado o han quedado inutilizados a causa de una catástrofe, o cuando las mediciones sobre el terreno no son lo suficientemente precisas, las observaciones espaciales pueden proporcionar información útil para hacer frente a las consecuencias de las catástrofes. Las observaciones realizadas desde el espacio son particularmente útiles cuando las zonas afectadas son muy amplias, la densidad de población es baja y la infraestructura técnica es vulnerable o no está bien desarrollada.

A continuación se indica la forma en que los datos procedentes de satélites pueden ayudar a hacer frente a las consecuencias de las catástrofes naturales y artificiales. A continuación se evocan aplicaciones tanto activas como prospectivas. Esta lista no pretende ser exhaustiva.

2 Amenazas costeras y tsunamis

Los sensores a bordo de vehículos espaciales pueden ayudar a identificar zonas de riesgo utilizando modelos de elevación digital (DEM) generados por radares de abertura sintética (SAR) para localizar zonas de baja elevación expuestas a inundaciones, o utilizando batimetría generada por SAR a fin de identificar estructuras de fondo oceánico que puedan empeorar los efectos de un tsunami o una marejada ciclónica.

Los satélites meteorológicos permiten realizar un seguimiento de perturbaciones meteorológicas graves, tales como los ciclones y tifones tropicales que originan marejadas ciclónicas. Dicho seguimiento puede emplearse para alertar de una posible amenaza a zonas vulnerables, en general, con días de antelación.

La amplitud de los daños puede determinarse a partir de imágenes en banda visible/infrarroja de resolución media y alta procedentes de instrumentos a bordo de vehículos espaciales. Las imágenes SAR de resolución más baja, que no se ven afectadas por la lluvia, la nubosidad o el anochecer, también pueden utilizarse para mostrar las zonas afectadas. La capacidad de los SAR para penetrar la capa de nubes y funcionar sean cuales sean las condiciones meteorológicas es especialmente útil en zonas de nubosidad abundante, por ejemplo, África Central, el Amazonas y zonas insulares como Indonesia.

Por ejemplo, tras el terremoto de magnitud 9,0 acaecido frente a las costas de Sumatra, el 26 de diciembre de 2004, Indonesia y el sur de Tailandia sufrieron intensos tsunamis y temblores que causaron más de 104 000 víctimas mortales en Indonesia y más de 5 000 en Tailandia. La Fig. 1 comprende imágenes ópticas de media y alta resolución de la provincia de Aceh (Indonesia) tomadas antes y después del tsunami del 26 de diciembre de 2004 por satélites en órbita terrestre baja. Imágenes como éstas permiten a las autoridades evaluar exhaustivamente de los daños.

FIGURA 1

Daños causados por el tsunami en la provincia de Aceh (Indonesia)

**Evaluación de los daños producidos por el tsunami en Aceh:
Perspectivas desde Landsat y QuickBird**



Arriba: mosaico de dos escenas de Landsat7 del extremo norte de Sumatra; la provincia de Aceh.

3 de enero de 2005: David Skole y el Centro de Información de Bosques Tropicales de la Universidad del Estado de Michigan (MSU) utilizaron los datos del Landsat7 para ayudar al Gobierno de Indonesia en las actividades de socorro llevadas a cabo en la provincia de Aceh de Sumatra. Empleando los datos recopilados por el Landsat7 tres días después de la catástrofe, el equipo de la MSU elaboró mapas de impacto regional que fueron utilizados por el Gobierno de Indonesia para dirigir los esfuerzos de socorro. La amplia cobertura regional y la elevada resolución espacial del sensor ETM+ hicieron posible este trabajo.

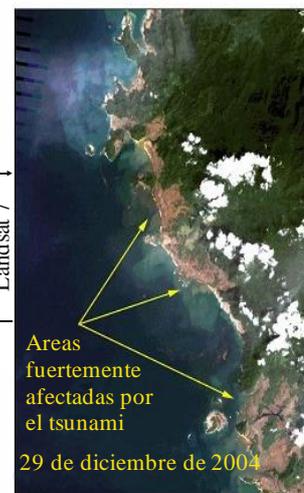


Landsat 7 -
Anchura de la zona explorada: 183 km
Resolución espacial: 30 m
Resolución panorámica de la banda: 15 m .

QuickBird -
Anchura de la zona explorada: 16,5 km
Resolución: 2,44 m
Resolución panorámica de la banda: 61 cm.



13 de diciembre de 2004



29 de diciembre de 2004



14 de abril de 2004



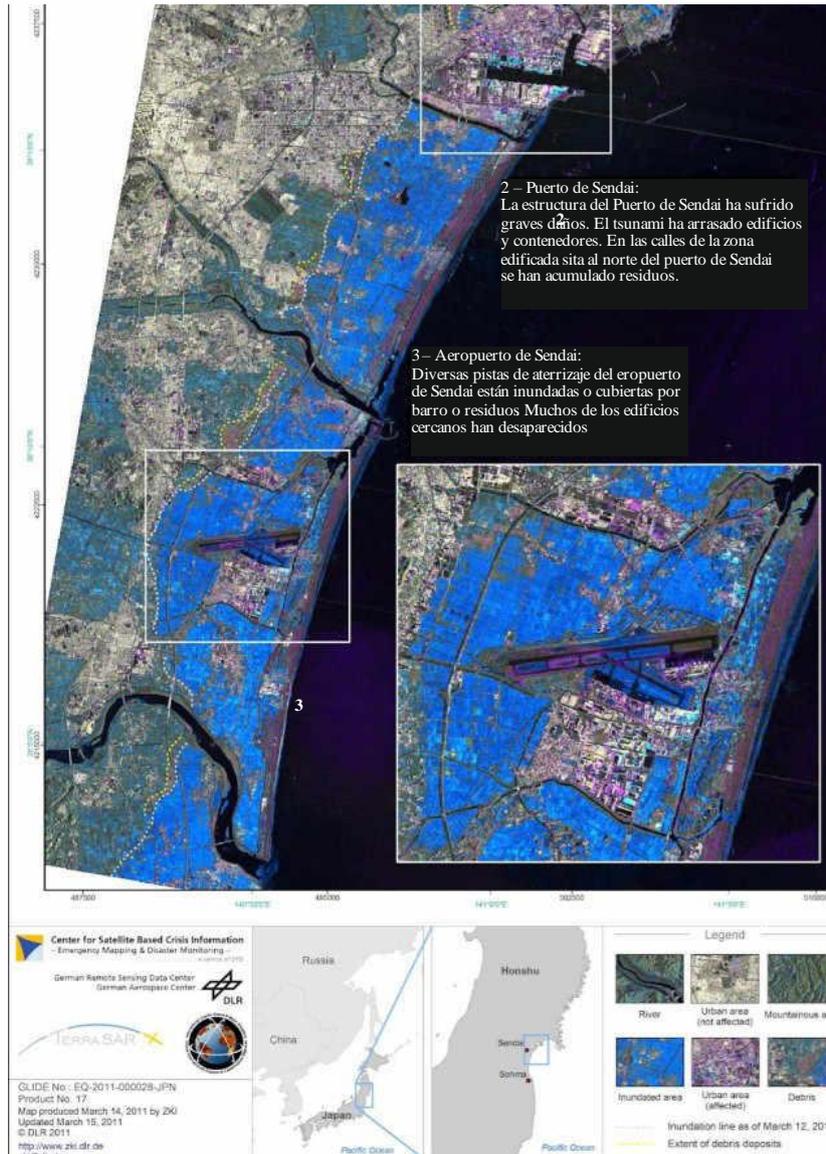
2 de enero de 2005

RS.1859-01

Los dos conjuntos de imágenes de la Fig. 1 resaltan la importancia de contar con dos instrumentos distintos. Las imágenes del Landsat cubren una zona más amplia y ayudan a identificar las regiones afectadas, mientras que las imágenes del QuickBird muestran los daños con mayor detalle pero se limitan a una zona mucho más pequeña.

Las imágenes SAR indican las zonas inundadas con sumo grado de precisión, ya que la retroreflexión del agua superficial en los SAR de exploración es prácticamente nula. La Fig. 2 ilustra un ejemplo de las inundaciones que se produjeron tras el tsunami que azotó Japón el 11 de marzo de 2011 a raíz de un terremoto submarino.

FIGURA 2
Zonas inundadas alrededor de Sendai (Japón)
tras el tsunami del 11 de marzo de 2011

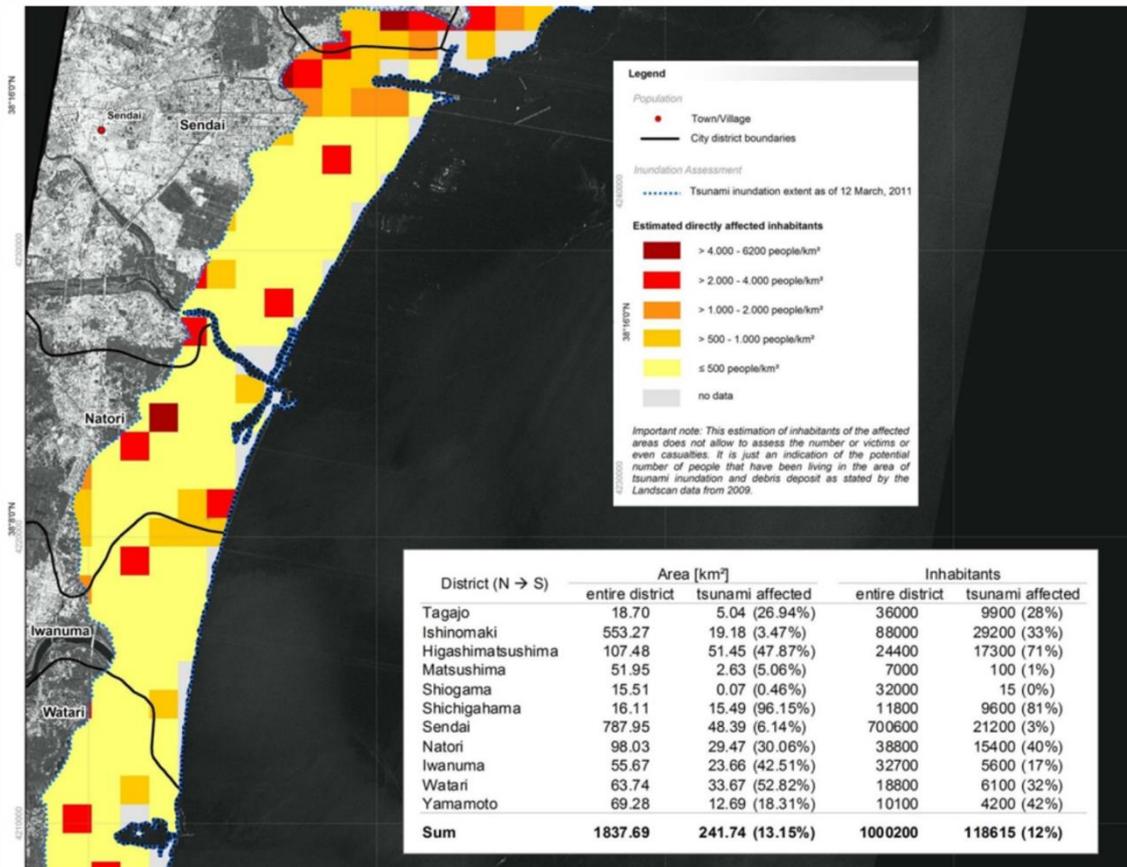


RS.1859-02

Las zonas inundadas aparecen claramente indicadas en azul. La combinación de esta información con los datos de población permite localizar las zonas pobladas más afectadas, según se indica en la Fig. 3.

FIGURA 3

Determinación de la gravedad de la población en riesgo mediante un análisis de los datos de inundaciones y población



RS.1859-03

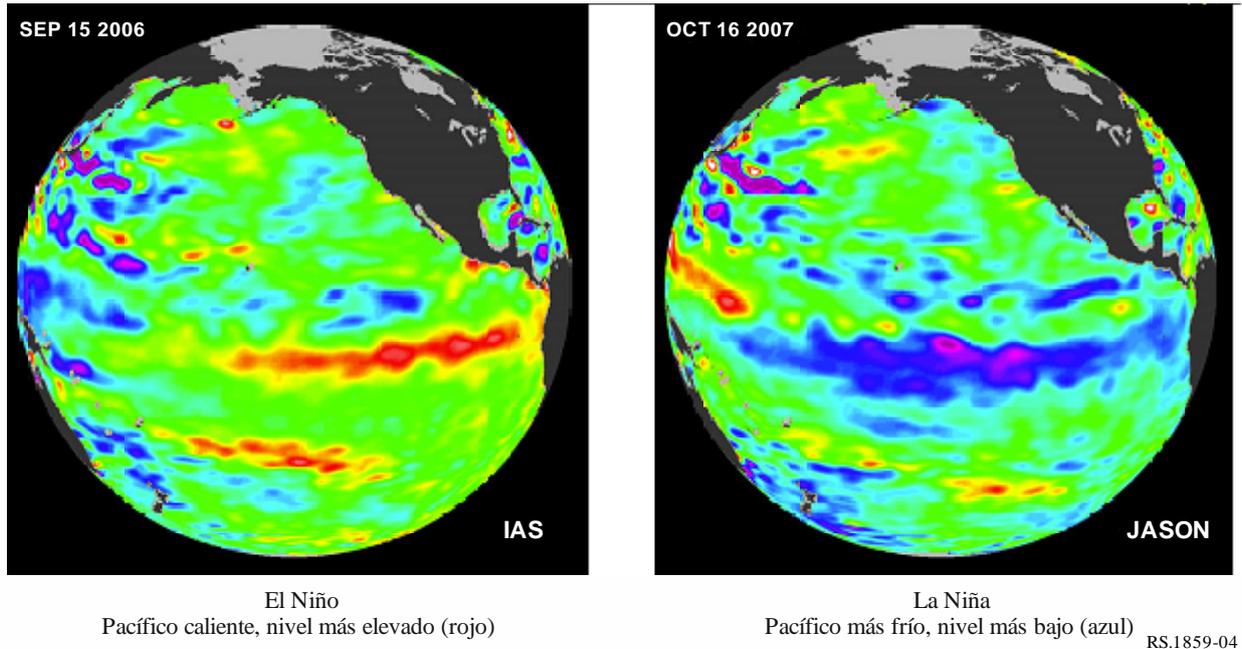
Estos análisis pueden orientar las operaciones de rescate y maximizar su eficacia.

3 Sequías

El inicio y la progresión de una sequía pueden observarse desde el espacio a partir de datos como la humedad del suelo, las precipitaciones y el nivel de riesgo de la vegetación en las zonas afectadas. Las predicciones a largo plazo de las condiciones de sequía regional pueden realizarse mediante el seguimiento de las temperaturas y el nivel del mar del Océano Pacífico, que pueden indicar el inicio de un evento de tipo El Niño, o de su condición opuesta, La Niña.

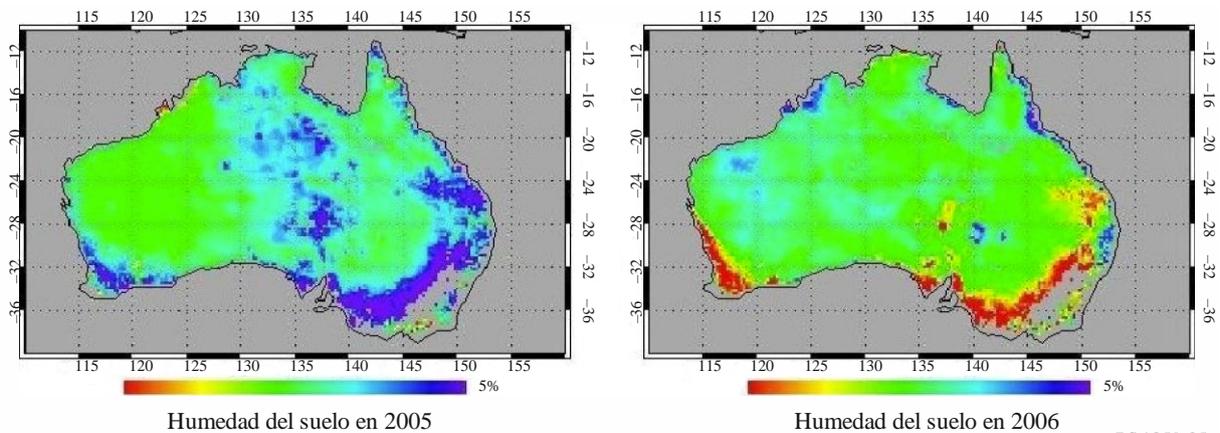
Durante un fenómeno de tipo El Niño, la superficie del Pacífico oriental ecuatorial incrementa su temperatura y el nivel del océano se eleva debido a la expansión térmica. Estas condiciones suelen entrañar un aumento de las sequías en Australia e Indonesia y un debilitamiento de los vientos alisios. A su vez, durante los fenómenos de tipo La Niña, el Pacífico oriental ecuatorial se enfría y la altura del océano disminuye debido a la compresión térmica. Las costas occidentales de América experimentan condiciones de sequía y los vientos alisios son más intensos. Entre los indicadores utilizados para pronosticar fenómenos de tipo El Niño/La Niña se encuentran los vientos zonales, la temperatura de la superficie marina, las anomalías relacionadas con la temperatura y el nivel del mar y la radiación de onda larga saliente, todos los cuales se hallan bajo supervisión satelital. El seguimiento de las condiciones del Pacífico desde satélites de teledetección permite detectar con antelación fenómenos de tipo El Niño/La Niña (véase la Fig. 4).

FIGURA 4
Fenómenos de tipo El Niño y La Niña en el Océano Pacífico



La Fig. 5 muestra las variaciones anuales de la distribución de la humedad del suelo en Australia durante los meses de octubre de 2005 y de 2006. Estos datos fueron recopilados por los canales del sensor AMSR-E a bordo del Aqua. El color rojo indica un bajo nivel de humedad del suelo, mientras que el color azul indica un nivel más elevado de humedad del suelo. El porcentaje señalado (unidad de humedad del suelo) representa la diferencia con respecto a la humedad del suelo promediada durante dos años (2005-2006). En 2006, Australia sufrió una sequía en la zona sudeste (zona de Granary), que resulta coherente con las observaciones del fenómeno de El Niño mostradas en la Fig. 4.

FIGURA 5
Mediciones de la sequía con el AMSR-E en Australia
entre octubre de 2005 y octubre de 2006



A finales de mayo de 2008, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) anunció que millones de personas sufrían una severa escasez de alimentos en la parte oriental de Etiopía debido a una pérdida de cosechas y a un vertiginoso aumento del precio de los alimentos. Dos estaciones sucesivas de escasas lluvias provocaron una intensa sequía en el este de Etiopía, cuyos

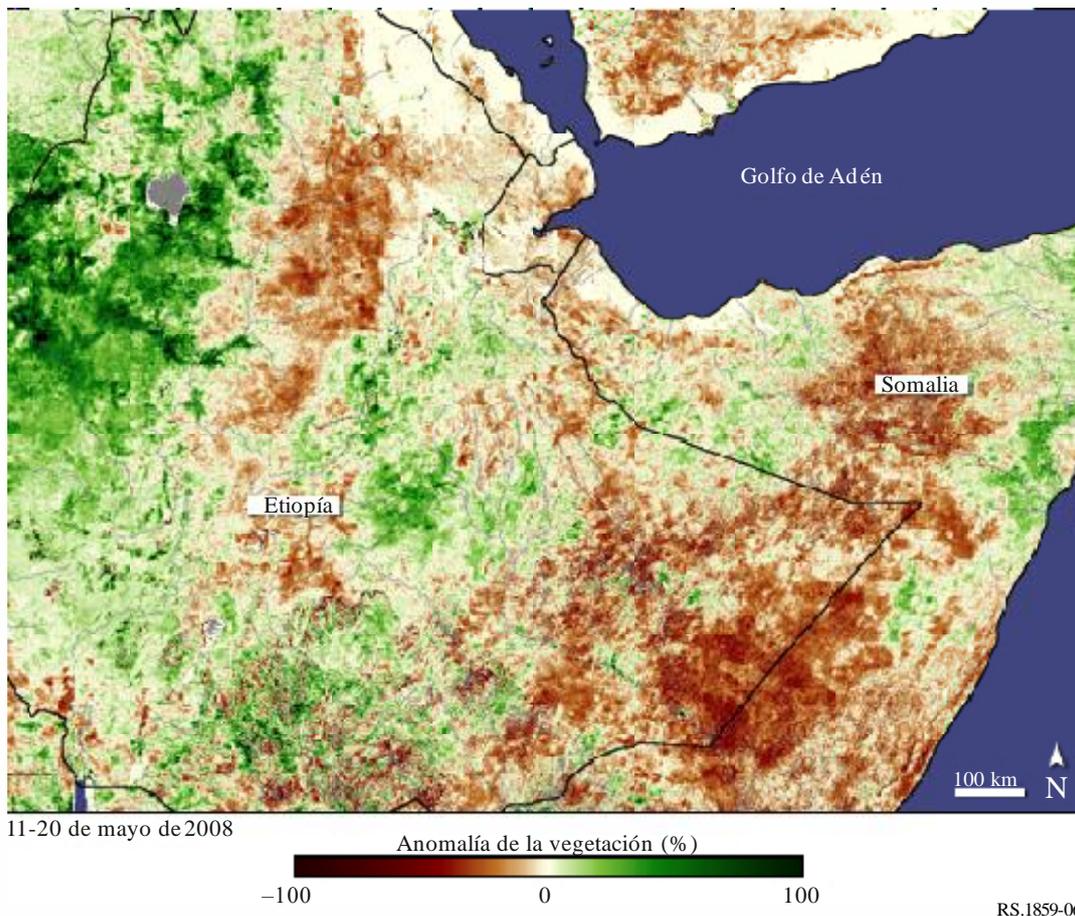
efectos sobre la vegetación aparecen en la Fig. 6, realizada a partir de los datos recogidos por el satélite SPOT Vegetación entre el 11 de mayo y el 20 de mayo de 2008. La imagen anómala de la vegetación compara el estado de las plantas con respecto a las condiciones medias. Las zonas en que la vegetación era más escasa, menos espesa o crecía más lentamente aparecen de color marrón, mientras que las zonas en que la vegetación experimentaba unas condiciones mejores que las medias aparecen en verde.

La teledetección basada en satélites se ha revelado útil para la realización de evaluaciones generales de las condiciones de sequía y, en ocasiones, ha permitido identificar zonas cercanas, no reconocidas previamente, con cultivos muy superiores a la media. Esta información ha facilitado la ejecución de operaciones de socorro rápidas y a un coste reducido, ya que ha permitido reducir al mínimo el tiempo y los costes de transporte (utilizando camiones cercanos en lugar de aviones lejanos). La situación en Etiopía es un mar de contrastes. Si bien la mitad oriental del país padeció una fuerte sequía, las superficies de cosechas occidentales gozaron de intensas lluvias y prosperaron. La sequía limitó la producción de alimentos y de cosechas exportables como el café, según comunicó la red de sistemas de alerta temprana contra el hambre¹. UNICEF estimó que, dada la constante pérdida de cosechas, 3,4 millones de personas necesitarían ayuda alimentaria en junio, julio y agosto.

FIGURA 6

Estado de la vegetación durante la sequía que afectó a Etiopía de 2008

El marrón indica vegetación en peligro; el verde indica vegetación saludable



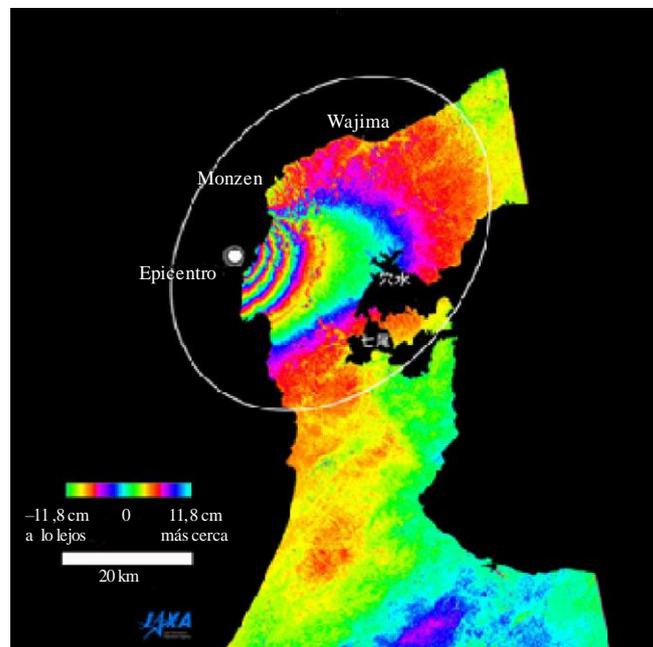
¹ Véase: <http://www.fews.net/>

4 Terremotos

En los casos en que se produce un terremoto de gran magnitud, cuanto antes se efectúe una estimación precisa de los daños, antes pueden movilizarse los recursos de salvamento adecuados. Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones para la estimación de daños empleados por las administraciones y las ONG permiten evaluar los daños en función de la densidad de población, el tipo de construcción de los edificios y el terreno local (topografía y tipo de suelo), así como del emplazamiento y la magnitud del terremoto. Los sismógrafos, la interferometría SAR (InSAR) y las mediciones *in situ* realizadas mediante el Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) proporcionan los medios necesarios para determinar la ubicación y alcance de la ruptura, con objeto de estimar los daños. Las observaciones InSAR señalan la ubicación de los epicentros de los terremotos con mucha más precisión que los sismógrafos distantes, lo que permite realizar estimaciones más rigurosas de los daños que, a su vez, definen las operaciones de socorro. Los recientes lanzamientos de flotas de satélites equipados con tecnología SAR (COSMO-SkyMed (ASI), TDX y TSX (DLR), la serie Sentinel-1 (ESA) y la próxima constelación RADARSAT (CSA)) han facilitado el acceso a este tipo de evaluaciones.

FIGURA 7

Mediciones PALSAR de los cambios en la superficie terrestre antes y después del terremoto que sufrió la península de Noto, Japón, el 25 de marzo de 2007



Normalmente, los movimientos de tierra asociados a los terremotos son tan pequeños que no aparecen en las imágenes en el espectro visible o infrarrojo tomadas desde satélites. Sin embargo, las imágenes visuales pueden ser muy útiles para evaluar directamente los daños causados por un terremoto y guiar los trabajos de socorro y salvamento.

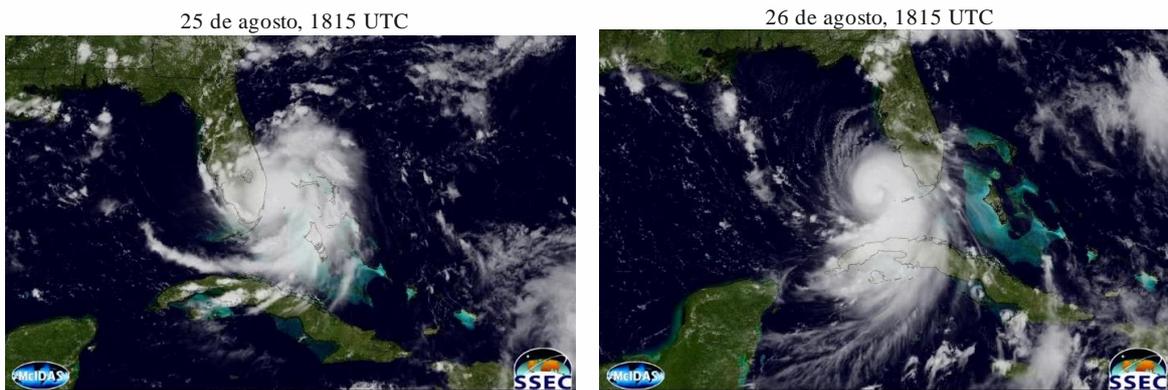
5 Fenómenos meteorológicos extremos

Actualmente, los satélites meteorológicos o climáticos operacionales GOES, Meteosat, MetOp y POES cubren casi toda la superficie del planeta y describen órbitas geoestacionarias u órbitas polares terrestres bajas. Los satélites geoestacionarios orbitan a la misma velocidad que la Tierra y aparecen como un punto fijo en el cielo a una altitud de unos 35 800 km. Estos satélites proporcionan cada 15-30 minutos imágenes con una resolución temporal superior (véase la Fig. 9)

y soportan la supervisión de la estructura de las nubes y de la intensidad y desplazamiento general de estos fenómenos meteorológicos extremos. Los datos de estos satélites meteorológicos geoestacionarios permiten observar en qué lugares se han producido daños y hacia dónde se dirige la tormenta. Cabe la posibilidad de realizar un seguimiento de las grandes tormentas a medida que atraviesan los océanos, determinar las zonas en que tocarán tierra y, de esta forma, avisar a los habitantes con días de antelación. Las Figs. 8A a 8C muestran la ubicación diaria del huracán Katrina, incluido el día en que azotó la ciudad de Nueva Orleans, el 29 de agosto de 2005. Se observó en forma de tormenta tropical sobre las Bahamas el 24 de agosto, cruzó la península de Florida los días 25 y 26 de agosto y cobró fuerza en las cálidas aguas del Golfo de México los días 26 y 27 de agosto.

FIGURA 8

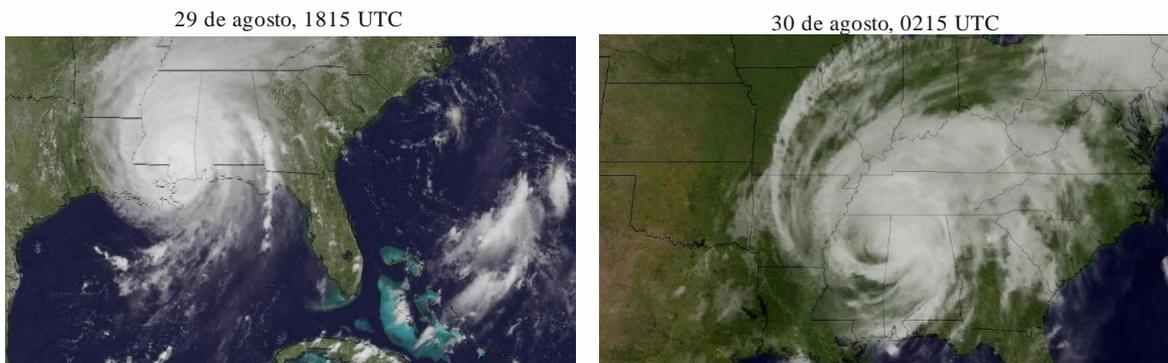
Ubicación diaria del huracán Katrina



A – El huracán Katrina deja las Bahamas y cruza la Florida



B – El huracán Katrina cruza el Golfo de México



C – El huracán Katrina se adentra en tierra y se disipa

El ojo del huracán alcanzó su pleno desarrollo el 28 de agosto.

El huracán Katrina azotó Nueva Orleans el 29 de agosto de 2005 y causó graves daños.

Una vez en tierra firme, el huracán Katrina se disipó y fue degradado a la categoría de tormenta tropical en primer lugar, y de depresión tropical el 30 de agosto.

Los satélites en órbita polar operan a altitudes mucho más bajas que los satélites geoestacionarios y, normalmente, sobrevuelan una misma zona dos veces al día (una de día y otra de noche). Dichos satélites proporcionan información más detallada, pero menos puntual. Muchos de estos datos pertinentes se publican en Internet días después de haber sido recopilados y procesados. Cuando se necesita información sobre la meteorología local con carácter inmediato, es posible adquirir e instalar estaciones terrestres relativamente económicas, a fin de recopilar los datos en tiempo real que transmiten continuamente los satélites en órbita polar que sobrevuelan la zona.

La Fig. 9 muestra una imagen del Huracán Dean observada por el sistema GOES desde una altitud geosincrónica.

Utilizando técnicas de dispersímetro por radar, que miden la velocidad y la dirección del viento en la superficie del mar, pueden observarse las condiciones meteorológicas de forma más detallada. La Fig. 10 muestra una observación QuikScat del Huracán Dean (2007), donde puede verse la velocidad y la dirección del viento en la superficie del mar. QuikScat es un vehículo espacial en órbita terrestre baja y polar y no puede proporcionar la cobertura continua que ofrecen las observaciones realizadas con el GOES desde una órbita geosincrónica. Desgraciadamente, los dispersímetros no pueden funcionar en órbita geosincrónica. No obstante, los dispersímetros por radar, como el QuikScat y su sustituto, el RapidScat de la Estación Espacial Internacional, pueden proporcionar información adicional de gran utilidad para los meteorólogos.

La combinación de datos procedentes de estos y otros satélites ayudan a entender mejor la naturaleza de cada huracán y a predecir dónde, cuándo y cómo se producirá un huracán intenso en un futuro próximo.

FIGURA 9

Huracán Dean observado por el GOES desde una altitud geosíncrona

A las 17/1500 UTC el Huracán Desn, situado a 14,6N 62,6W, se está desplazando a una velocidad de 18 nudos con vientos sostenidos de una velocidad máxima de 90 nudos y tormentas a 110 nudos:

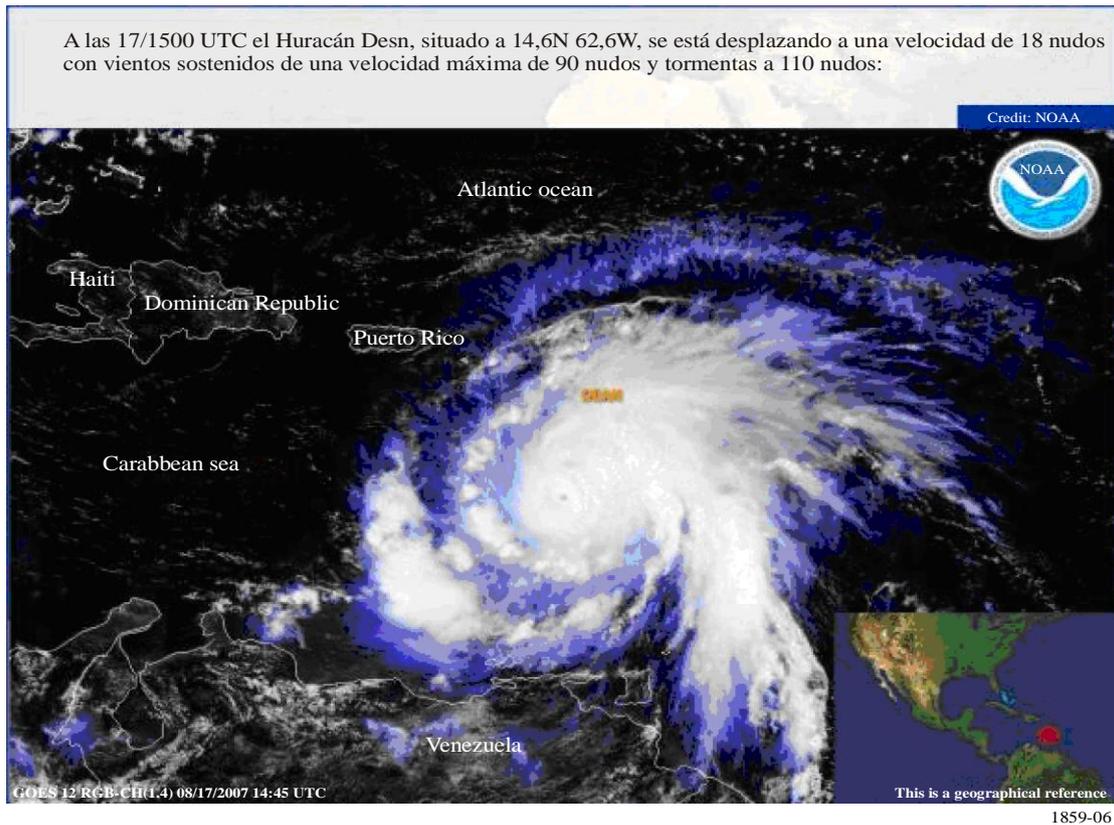
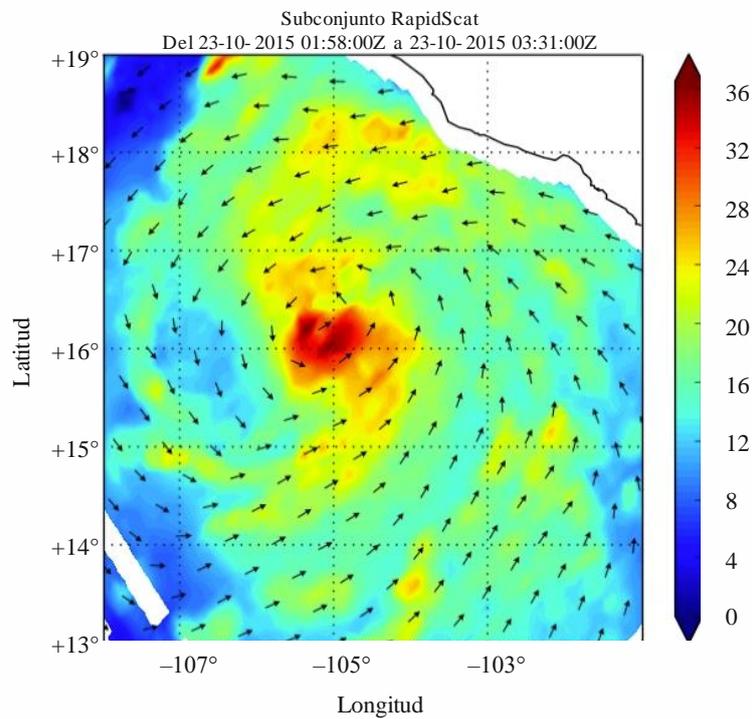


FIGURA 10

Observación con el RapidScat del huracán Patricia, el 23 de octubre de 2015



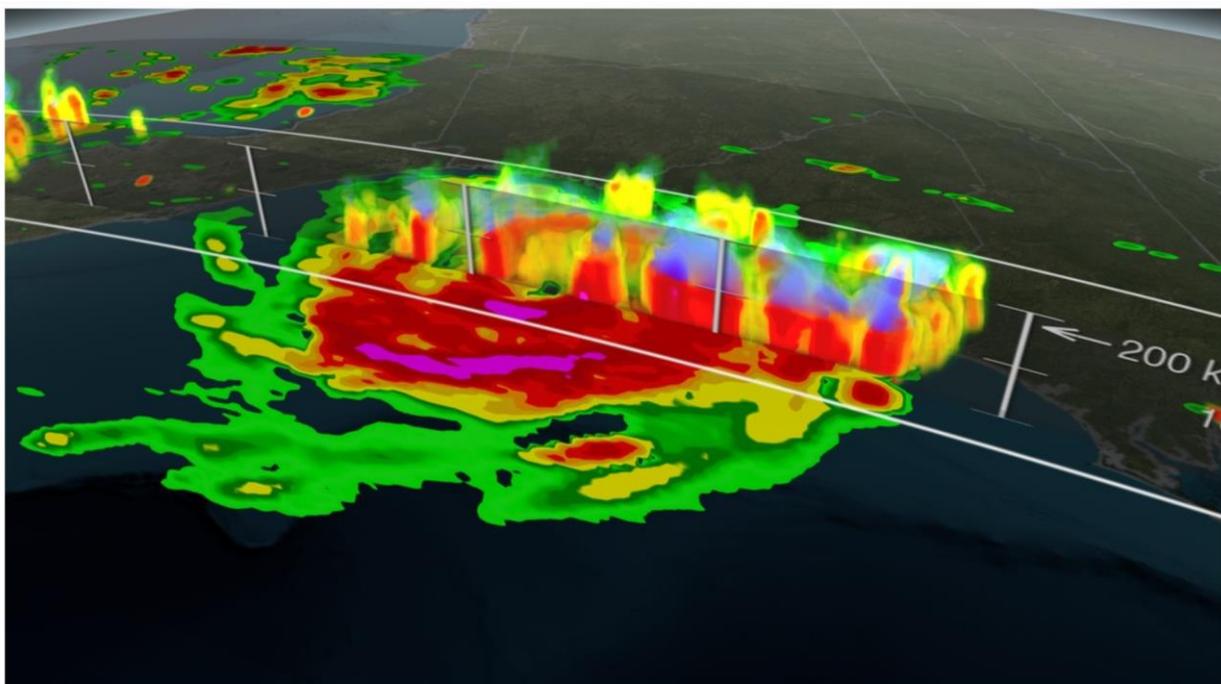
RS.1859-10

Los radares de precipitación integrados en la Misión de medición de la precipitación mundial (GPM) facilitan imágenes tridimensionales de las precipitaciones de tormentas severas. Esta misión incluye instrumentos pasivos que proporcionan información complementaria sobre las tormentas que exceden la zona de exploración del radar.

La Fig. 11 muestra la imagen del huracán Arthur que obtuvieron los sensores de imágenes de microondas (zona de exploración de 680 km) y de precipitaciones en frecuencia doble (zona de exploración de 120 km en la banda Ka y de 245 km en la banda Ku) de la misión GPM. Se trata del huracán Arthur, el 3 de julio de 2014, frente a las costas de Carolina del Sur. Los colores que oscilan del verde claro al rojo indican zonas con niveles progresivos de precipitaciones líquidas. En la parte superior de la atmósfera, el color violeta indica zonas con presentaciones heladas.

FIGURA 11

Observaciones de la misión GPM del huracán Arthur el 3 de julio de 2014



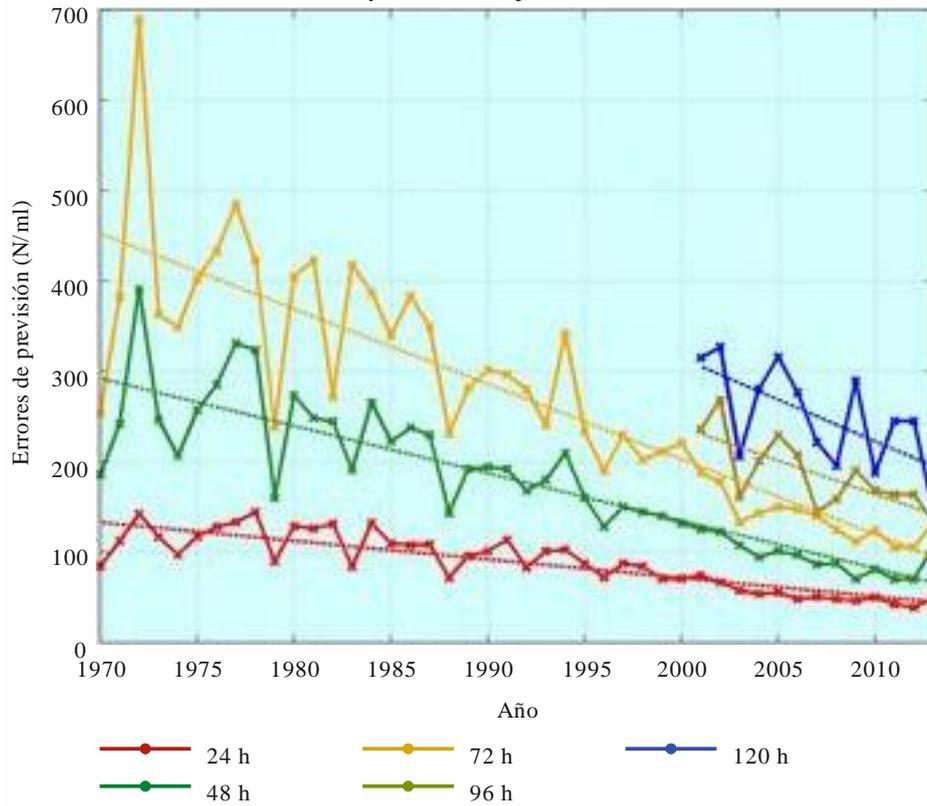
RS.1859-11

La combinación de datos procedentes de estos y otros satélites ayudan a entender mejor la naturaleza de cada huracán y a predecir dónde, cuándo y cómo se producirá un huracán intenso en un futuro próximo. El margen de error en el pronóstico de las trayectorias de los huracanes del Atlántico ha mejorado notablemente en los últimos 35 años (véase la Fig. 12), lo que ha permitido salvar vidas y evitar daños materiales.

FIGURA 12

Tendencia de errores de seguimiento en el marco de las previsiones de la cuenca atlántica

Cifras oficiales del NHC sobre errores de seguimiento medios anuales relacionados con huracanes y tormentas tropicales en la cuenca atlántica



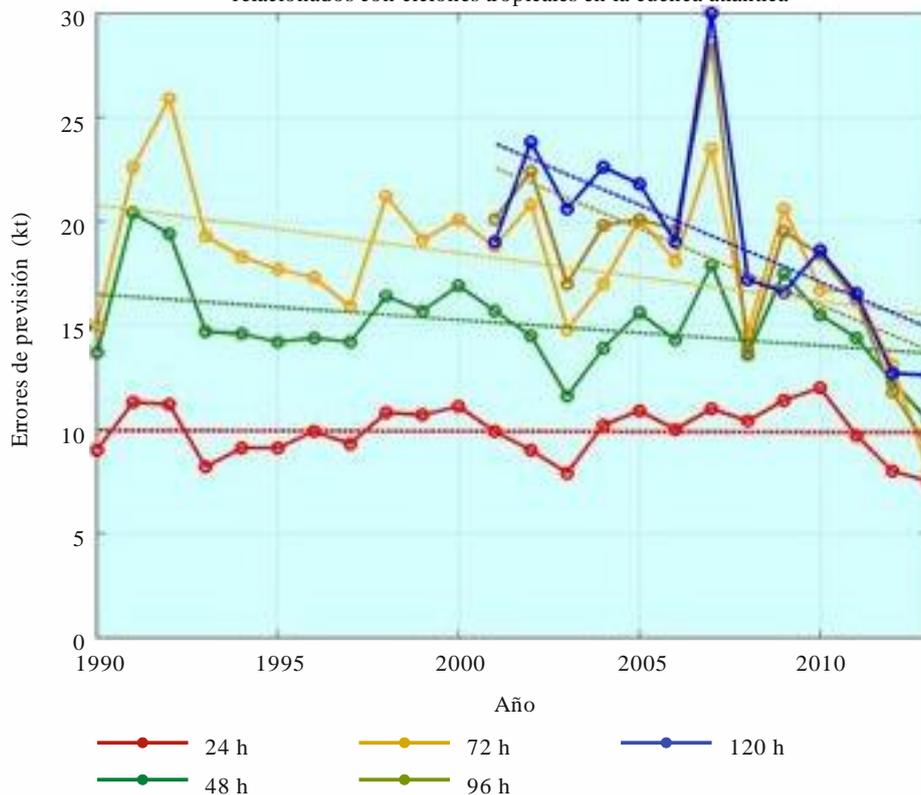
RS.1859-12

Desgraciadamente, la capacidad de pronosticar la intensidad de estas tormentas, que viene determinada por la velocidad del viento, no ha mejorado tanto (véase la Fig. 13).

FIGURA 13

Tendencia de errores de intensidad en el marco de las previsiones de la cuenca atlántica

Cifras oficiales del NHC sobre la tendencia de errores de intensidad anuales relacionados con ciclones tropicales en la cuenca atlántica



RS.1859-13

Los modernos centros de previsiones meteorológicas proporcionan predicciones de mayor calidad que en el pasado y constituyen otra fuente de datos extremadamente útiles. Entre los principales centros de previsiones meteorológicas cabe citar:

- 1) el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (<http://www.ecmwf.int/>);
- 2) el Servicio Meteorológico Italiano (<http://www.meteoam.it/>); y
- 3) el Centro Nacional de Predicción Medioambiental (<http://www.ncep.noaa.gov/>).

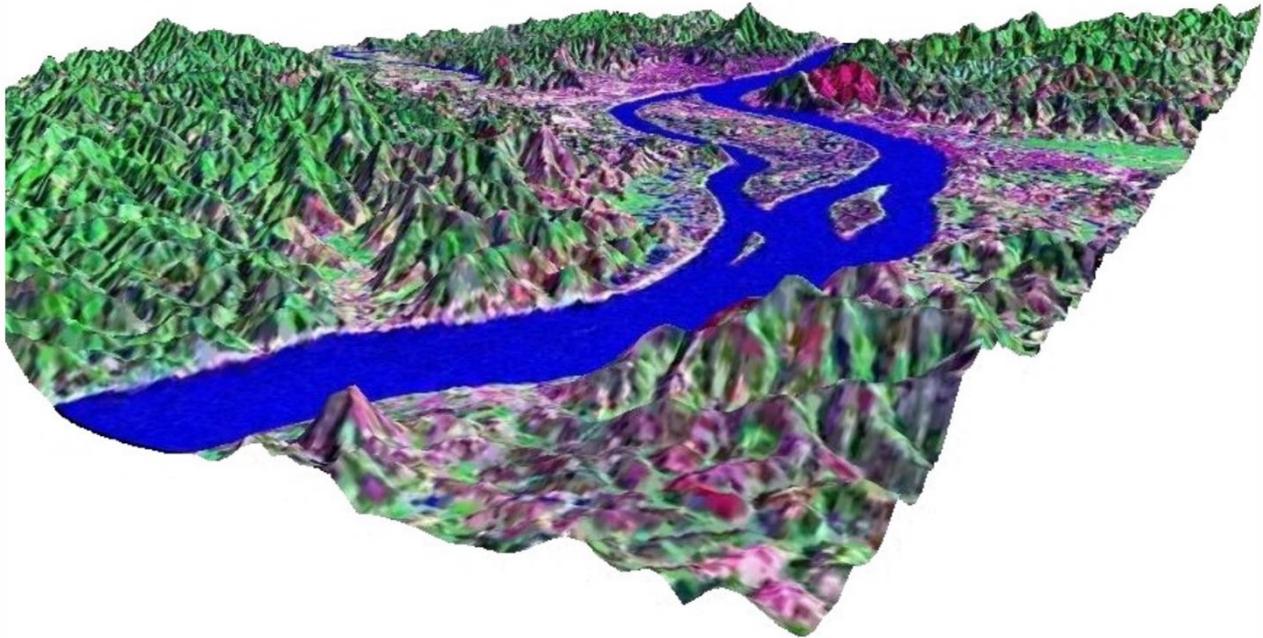
La Organización Meteorológica Mundial (OMM, en <http://www.wmo.int/>) coordina a escala mundial la distribución, el formato y la organización de estos datos.

6 Inundaciones

Mucho antes de que se produzca una inundación, es posible determinar las zonas susceptibles de inundarse (zonas de riesgo) gracias a los modelos de elevación digital (DEM) obtenidos por satélite. Los DEM permiten establecer la topografía de las correspondientes zonas bajas distantes. Los mapas de utilización del suelo ayudan a cuantificar los riesgos identificando las zonas pobladas. A continuación, pueden identificarse las infraestructuras (carreteras, puentes, comunicaciones, etc.) necesarias para aportar ayuda en caso de inundación (véase la Fig. 14) y planificarse las estrategias de evacuación adecuadas.

FIGURA 14

Una imagen del Landsat, tomada aproximadamente en el año 2000, superpuesta sobre un SRTM² DEM de la ciudad de Wuzhou, provincia de Guangxi, en China (las zonas pobladas aparecen de color rojo púrpura)



RS.1859-14

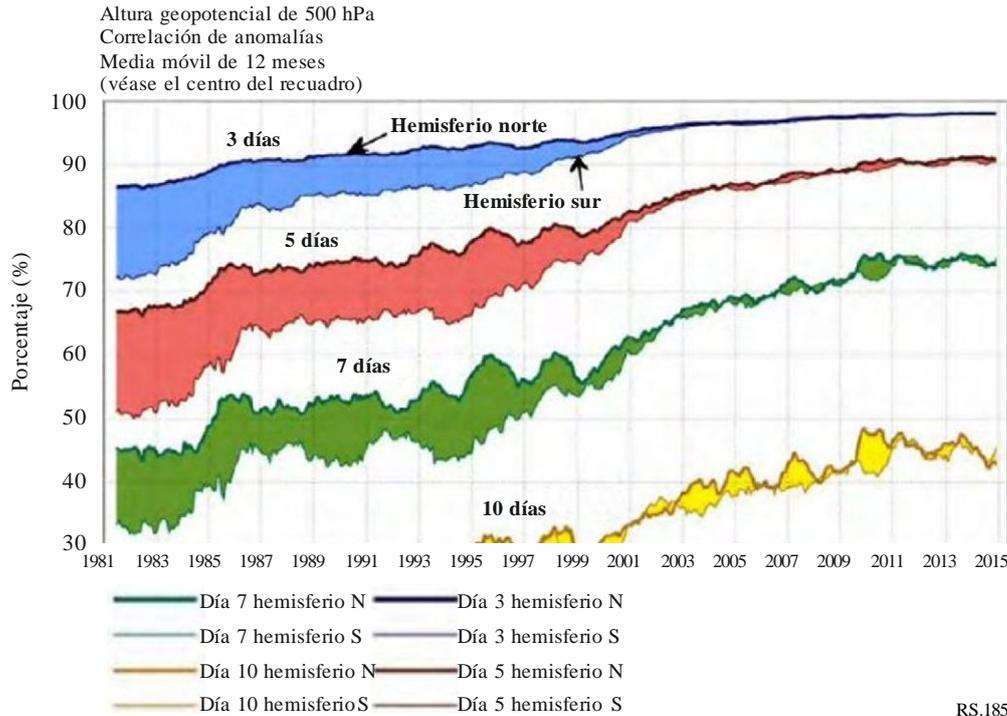
El control y las previsiones meteorológicas informan sobre la posibilidad o inminencia de inundaciones. Entre los datos necesarios para ello pueden citarse las precipitaciones reales, el equivalente acuífero de la nieve y la humedad del suelo que, combinados, indican si el suelo podrá absorber más lluvia o si ya se encuentra saturado. La emisión de alertas más tempranas y creíbles puede facilitar el desplazamiento de las poblaciones lejos de las planicies aluviales. Afortunadamente, las previsiones meteorológicas a medio plazo (de 3 a 10 días) han mejorado notablemente en las últimas décadas.

El perfeccionamiento de estos pronósticos meteorológicos se debió en gran medida a la mejora de los modelos meteorológicos concebidos a tal efecto, al aumento de la rapidez de los ordenadores para ejecutarlos y a la disponibilidad de datos más rigurosos y completos con miras a su asimilación por soportes lógicos. Una mejora importante deriva de la posibilidad de que los sensores a distancia basados en satélites proporcionen perfiles de temperatura y humedad atmosférica. Aunque, en el pasado, dichos perfiles se elaboraban a partir de datos recopilados por radiosondas integradas en globos dos veces al día en todo el mundo, la cobertura en el hemisferio sur y sobre los océanos no coincide con la cobertura disponible en las zonas más densamente pobladas del hemisferio norte. La Fig. 15 ilustra esta mejora de las previsiones gracias a la adición de la teledetección basada en satélites.

² Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), <https://ita.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>

FIGURA 15

Capacidad de previsión media anual del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio

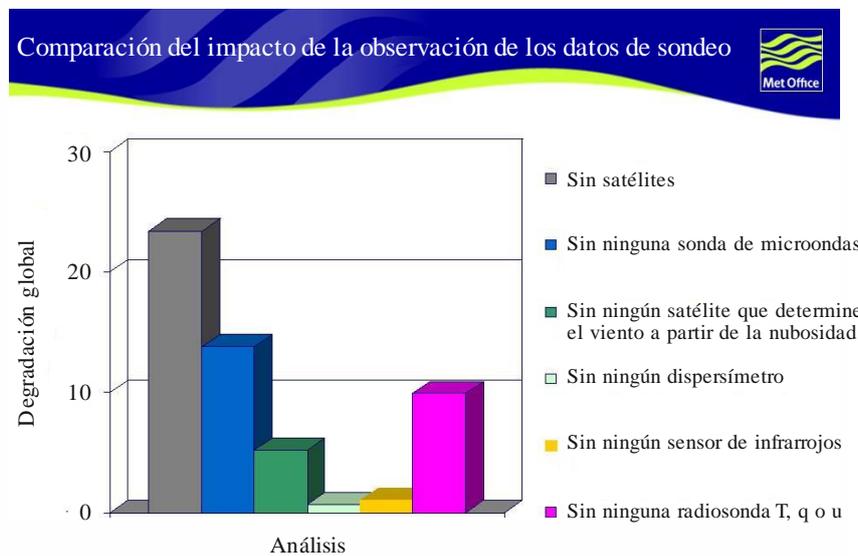


La mejora de la capacidad y utilidad de las predicciones se debe en gran medida a los datos de los perfiles de temperatura y humedad atmosférica proporcionados por los instrumentos pasivos de microondas que funcionan en las bandas protegidas por el número 5.340 del RR.

Estos perfiles comprenden los datos recopilados a partir de satélites y globos más importantes, especialmente, cuando se compara con el impacto relativo de diversos datos en la precisión del pronóstico del tiempo (véase la Fig. 16).

FIGURA 16

Comparación del valor de los datos de sondeo



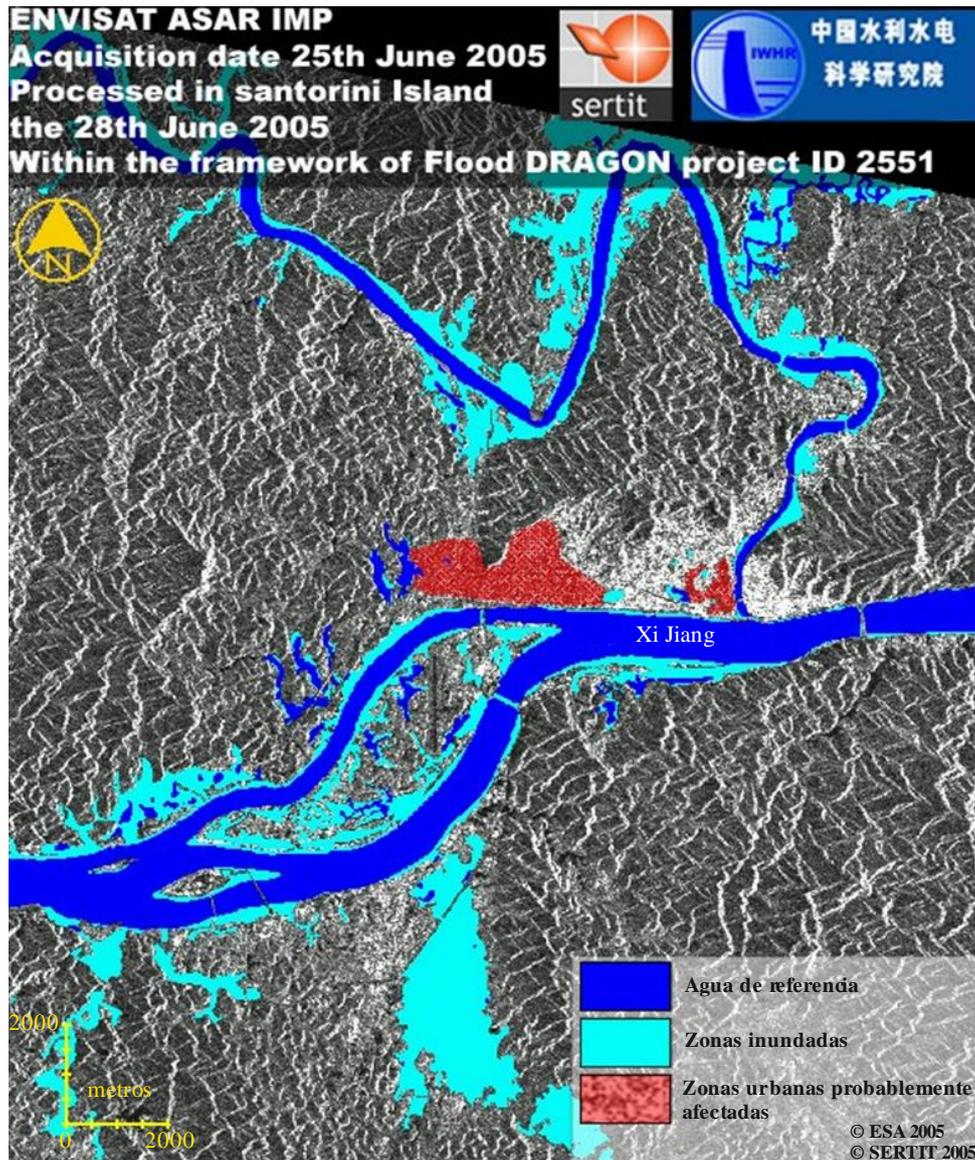
Mientras que las sondas de infrarrojos y las radiosondas facilitan mediciones más precisas, la capacidad de las sondas de microondas de satélites para funcionar con independencia de la cobertura de nubes (que suele oscurecer el 60% de la Tierra y obstaculizar la observación por infrarrojos) y proporcionar cobertura global dos veces al día (a diferencia de la cobertura no uniforme que brindan las radiosondas) aporta un valor añadido a los organismos de predicción.

Al comprar una barra de pan, rara vez se visualizan el campo o los tallos de trigo necesarios para elaborarlo. De forma análoga, cuando se lee o escucha un pronóstico meteorológico, no se ven los datos integrados de los que deriva. Sin los perfiles satelitales de temperatura y humedad atmosférica, los pronósticos meteorológicos modernos no existirían. Aunque no resulte obvio para el público en general, las bandas de frecuencias pasivas utilizadas para producir los datos empleados en los pronósticos meteorológicos son cruciales y deben ser protegidas.

Durante una inundación, las imágenes procedentes de los sistemas multispectrales y/o pancromáticos y los radares de abertura sintética pueden guiar a los equipos de rescate hasta las zonas afectadas y ayudar a evaluar los daños totales. Antes de una inundación, las imágenes SAR pueden combinarse para producir mapas de elevación, que faciliten la identificación de las zonas vulnerables a las inundaciones. La capacidad de los SAR para penetrar en las nubes y funcionar día y noche en cualesquiera condiciones meteorológicas los hace particularmente útiles en el transcurso de una tormenta capaz de provocar una inundación o durante la estación de lluvias. Dado que los SAR son radares de visión lateral y la retrodispersión fuera del eje del agua es mínima, las zonas inundadas son más fáciles de identificar en imágenes SAR que en imágenes ópticas. La Fig. 17 ilustra un ejemplo de la capacidad de los SAR para definir zonas inundadas.

FIGURA 17

Inundación causada por el río Xi, que afectó a la ciudad de Wuzhou en la provincia de Guangxi
 Datos de referencia procedentes del Landsat; los datos de inundación
 proceden de ASAR en Envisat



RS.1859-17

7 Corrimientos de tierra/hundimientos de terreno/avalanchas

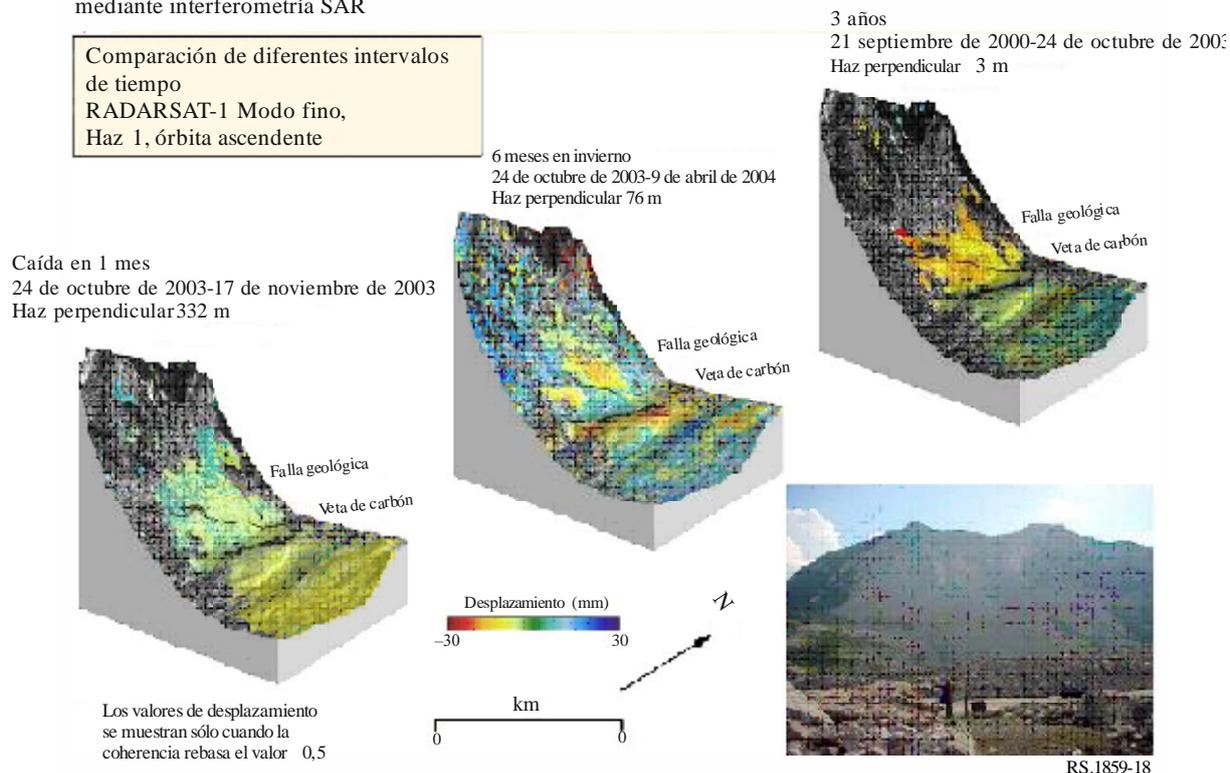
Las zonas vulnerables a los corrimientos de tierra pueden identificarse utilizando DEM procedentes de mediciones SAR. En este caso, se utilizan las pendientes en lugar de las elevaciones. Si se sospechan ligeros movimientos de terreno, InSar y las unidades GNSS *in situ* pueden proporcionar mediciones precisas del lugar y el grado en que se ha movido el terreno en relación con mediciones anteriores.

Tras el mayor corrimiento de tierra en la historia de América del Norte, Turtle Mountain (Canadá) siguen siendo una amenaza. El RADARSAT-1 de Canadá realiza un seguimiento constante del movimiento de terreno mostrado en la Fig. 18, utilizando la técnica InSAR.

FIGURA 18

Desplazamiento de terreno supervisado por RADARSAT InSAR en el periodo 2000-2004

Franck Slide, autopista Alberta-Trans Canadá
Supervisión de la estabilidad de la pendiente
mediante interferometría SAR



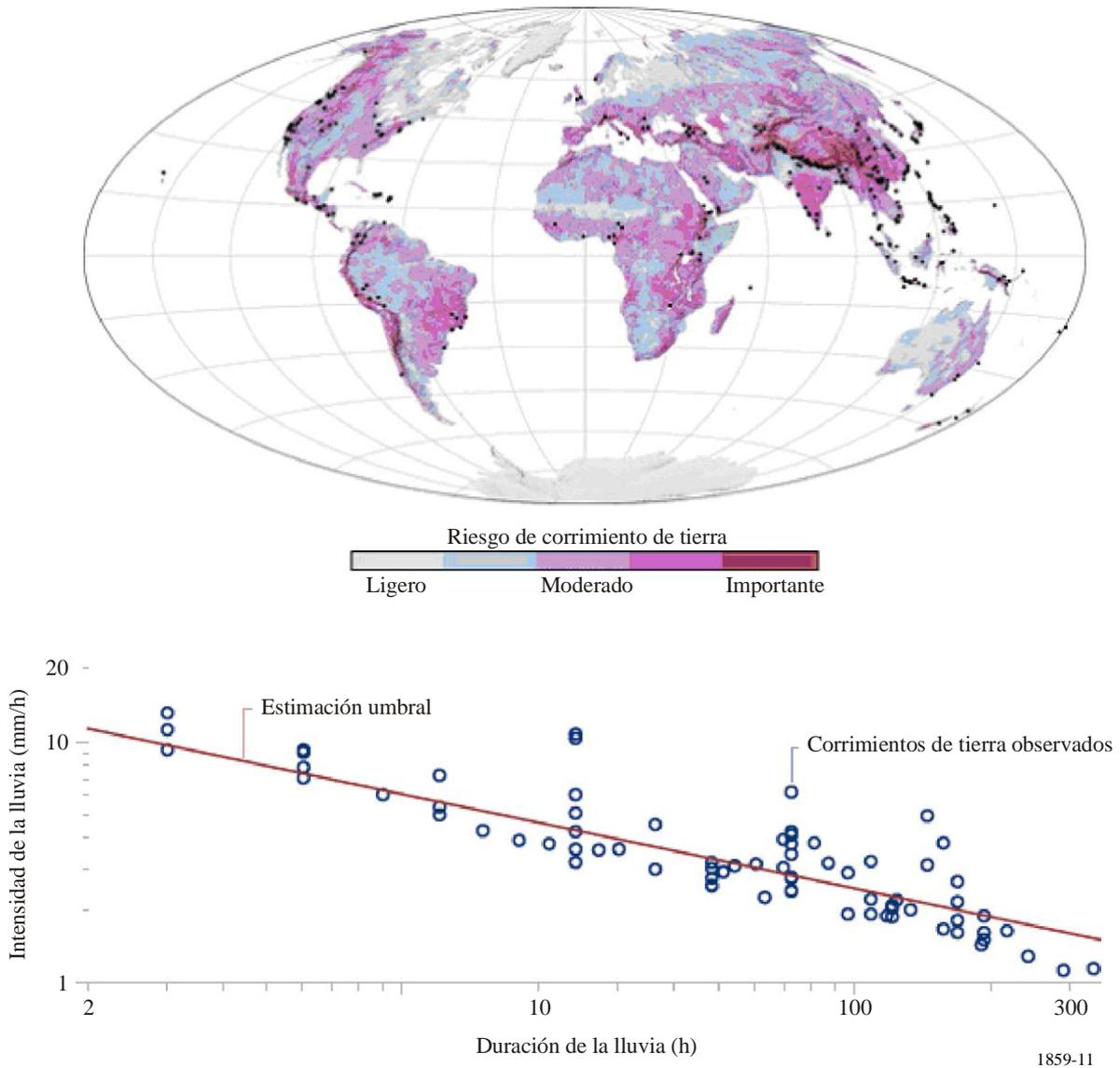
Las modificaciones de la capa terrestre o los cambios en la utilización del suelo pueden aumentar los riesgos de corrimiento de terreno. Por ejemplo, una zona muy deforestada es mucho más vulnerable a los corrimientos que una zona con un ecosistema establecido que estabilice el suelo. Los mapas de utilización del suelo ayudan a cuantificar los riesgos mediante la identificación de zonas pobladas que pueden ser vulnerables. La capa terrestre y la utilización del suelo pueden controlarse desde el espacio y los cambios detectados contribuyen a cuantificar los riesgos.

Cuando el suelo de las colinas se satura de agua tras un periodo de lluvia intensa, es más proclive a sufrir corrimientos. Por consiguiente, las previsiones pluviométricas junto con los datos sobre la humedad del suelo preexistente pueden utilizarse para alertar sobre la posibilidad de corrimientos de tierra. Dicha información puede consultarse en línea en el sitio web del sistema mundial de vigilancia de inundaciones (véase: <http://flood.umd.edu>).

Los datos procedentes de satélites pueden utilizarse para levantar mapas de riesgos de corrimiento de tierra. Los datos que aparecen en la Fig. 19 se obtuvieron de la topografía del SRTM, la cobertura/utilización del suelo del MODIS y las precipitaciones del TRMM.

FIGURA 19

Mapa de riesgos de corrimiento de tierra obtenido por satélite.
Los puntos negros indican corrimientos acaecidos entre 2003 y 2006



Tras un corrimiento de tierra, las imágenes InSAR pueden proporcionar un mapa preciso del movimiento del suelo (hundimiento del terreno) en comparación con las imágenes SAR anteriores y posteriores de la misma zona. Otras imágenes pueden mostrar la vegetación y otras características de la superficie de las zonas afectadas en cuestión.

Como ejemplo de la devastación que puede ocasionar un corrimiento de tierra, el terremoto de magnitud 7,6 que tuvo lugar Pakistán el 8 de octubre de 2005 causó los mayores estragos en la región circundante de la ciudad de Muzaffarabad, a unos 10 km al sudoeste del epicentro del terremoto. El seísmo derribó edificios y desencadenó corrimientos de tierra en Cachemira. El satélite Ikonos capturó una imagen de espectro visible de un corrimiento de tierra (véase la Fig. 20, derecha) en Makhri, aldea situada en las afueras al norte de Muzaffarabad, el 9 de octubre de 2005. La cara oeste de la montaña se derrumbó produciendo un diluvio de rocas blancas y grises sobre el río Neelum.

FIGURA 20

Imagen por satélite de los efectos del corrimiento de tierra sobre el río Neelum el 8 de octubre de 2005 tras el terremoto acaecido en Pakistán



15 de septiembre de 2002

9 de octubre de 2005

1859-12

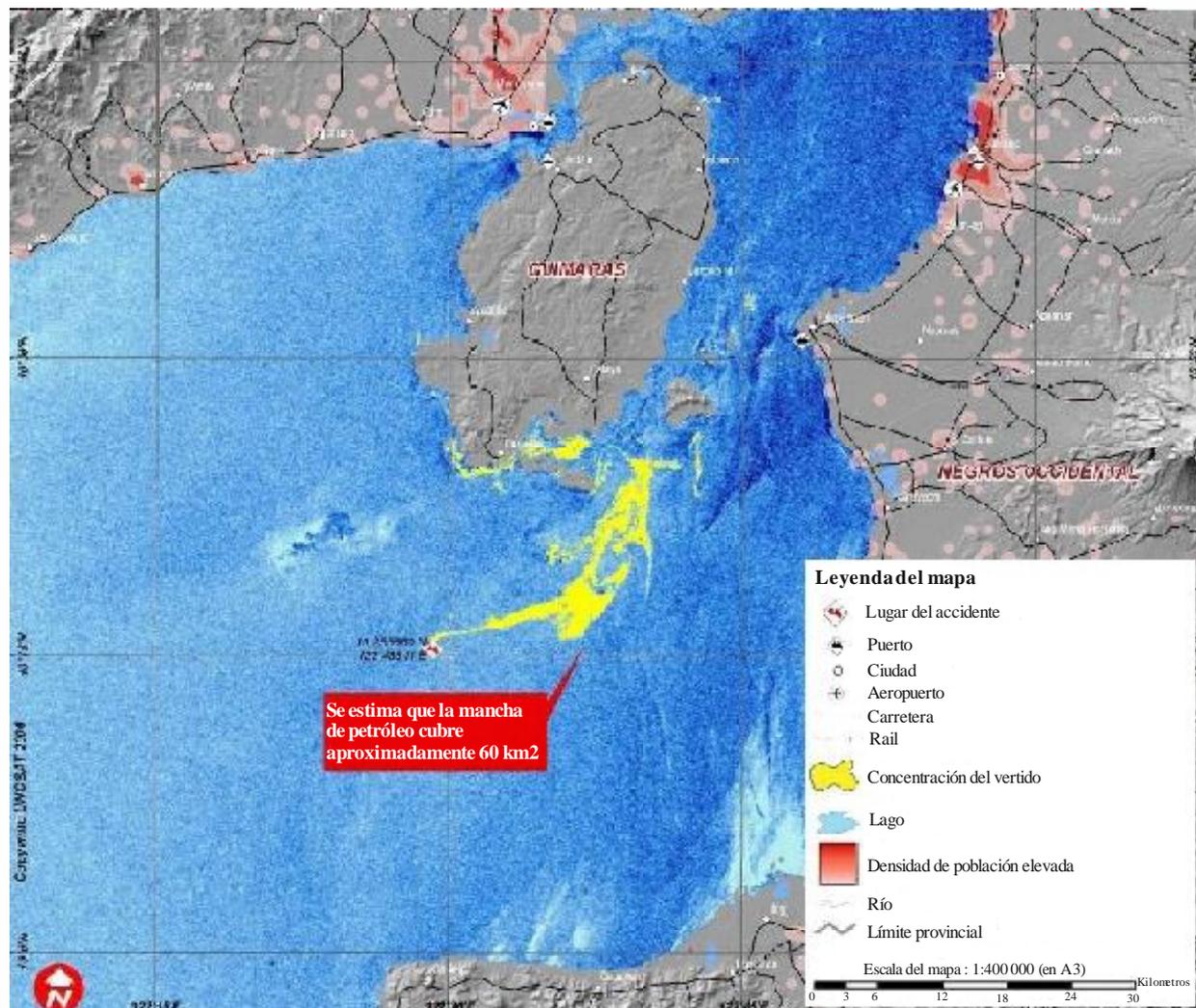
8 Contaminación oceánica

Los vertidos de crudo en el océano pueden detectarse utilizando imágenes SAR. En términos operativos, las detecciones de vertidos de crudo en océanos se procesan como observaciones preliminares que deben confirmarse inmediatamente a través de mediciones marinas *in situ*. Esta técnica permite controlar grandes zonas a bajo coste. Tras la confirmación del vertido de crudo *in situ*, la zona afectada puede ser objeto de seguimiento y control por satélite.

El 11 de agosto de 2006, el petrolero Solar se hundió frente a las costas de la Isla Guimaras (Filipinas). El 24 de agosto de 2006, se habían derramado en el mar unos 190 000 litros de petróleo, que contaminaron más de 300 km de línea costera y supusieron una amenaza para los recursos pesqueros y para otras islas de Filipinas. El SAR en el satélite ENVISAT se utilizó para obtener la imagen incluida en la Fig. 21, que muestra la situación exacta y la extensión de la mancha de petróleo el 24 de agosto de 2006.

FIGURA 21

**Mancha de petróleo cerca de la isla Guimaras (Filipinas):
Imagen obtenida por el radar de apertura sintética**

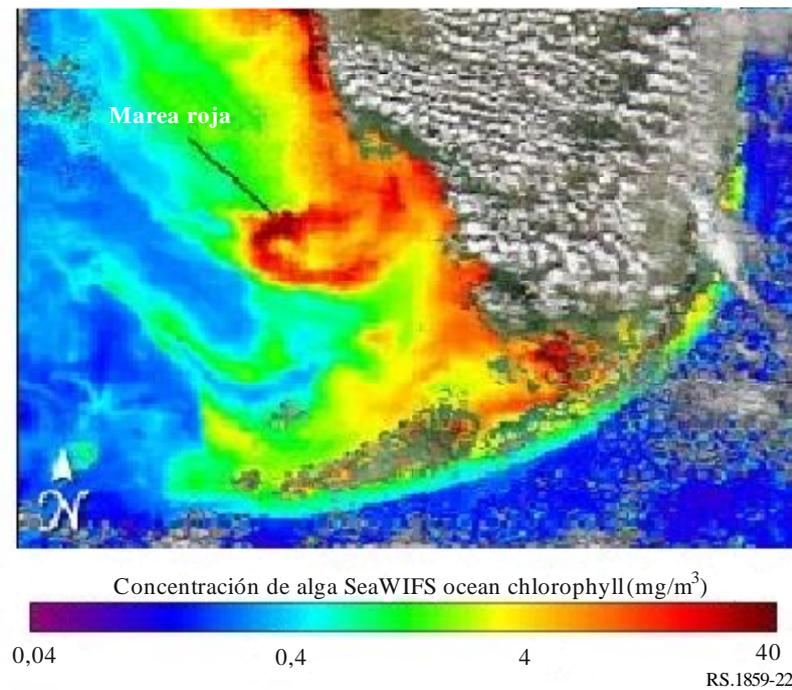


RS.1859-21

La contaminación oceánica natural en forma de «marea roja» (nombre común de una floración de algas asociada a la producción de toxinas naturales y al agotamiento del oxígeno disuelto o a otros efectos nocivos) puede detectarse y controlarse desde el espacio mediante la observación del color del océano. La identificación y el aislamiento de las zonas afectadas por una marea roja protegen la salud humana. Cabe la posibilidad de detectar otras formas de contaminación (por ejemplo, contaminantes acuáticos, sedimentos costeros) utilizando imágenes obtenidas por satélites en el espectro visible y/o infrarrojo (véase la Fig. 22).

FIGURA 22

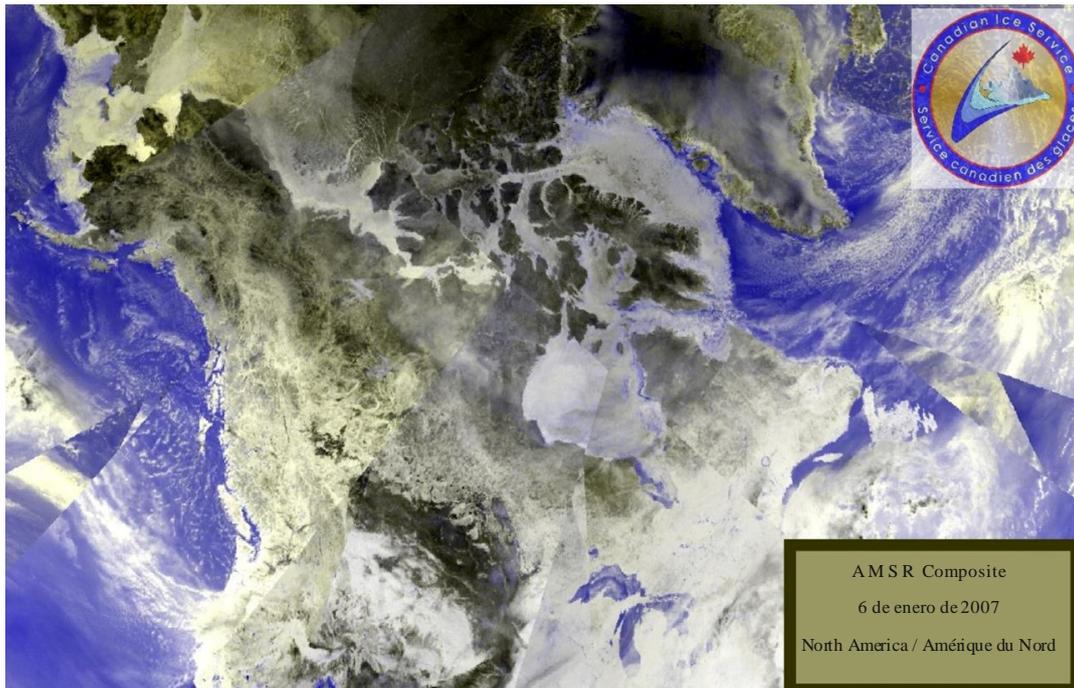
Marea roja observada con el instrumento SeaWiFS el 21 de noviembre de 2004 en Florida en el extremo sudoriental de Estados Unidos de América



9 Hielo marino y lacustre

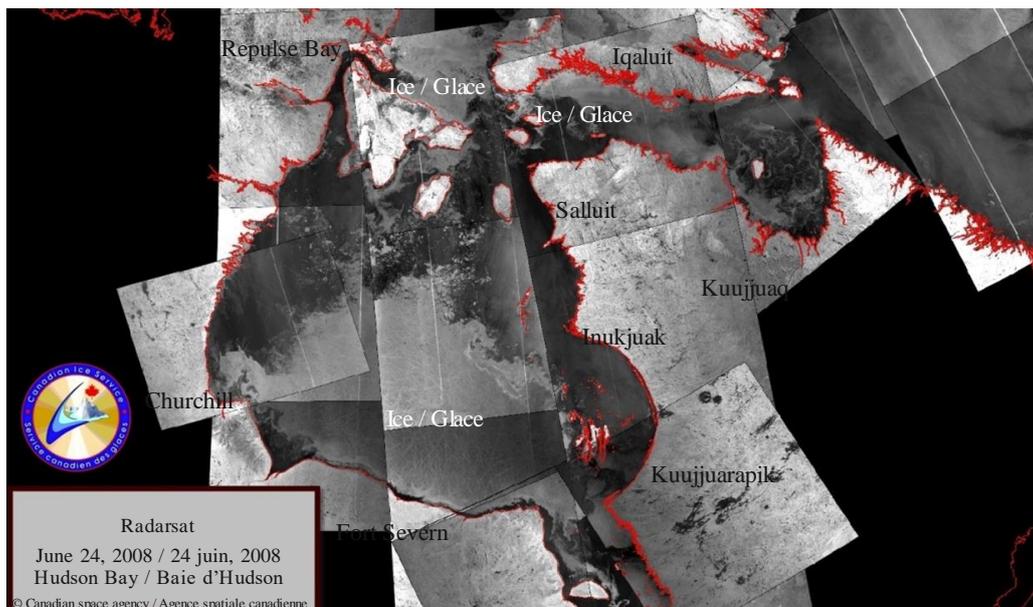
Los sensores de microondas pasivos a bordo de satélites (véase la Fig. 23) han trazado mapas de las extensiones de hielo durante décadas y los SAR (véase la Fig. 24) se utilizan para guiar el tráfico marítimo en el Ártico y en los lagos a elevada latitud y ampliar la temporada de navegación en latitudes superiores.

FIGURA 23
Cubierta de hielo en América del Norte en enero de 2007
(bahía del Hudson bloqueada)



RS.1859-23

FIGURA 24
Hielo en la bahía del Hudson, Canadá, junio de 2008
(aguas abiertas a lo largo de la costa oriental)



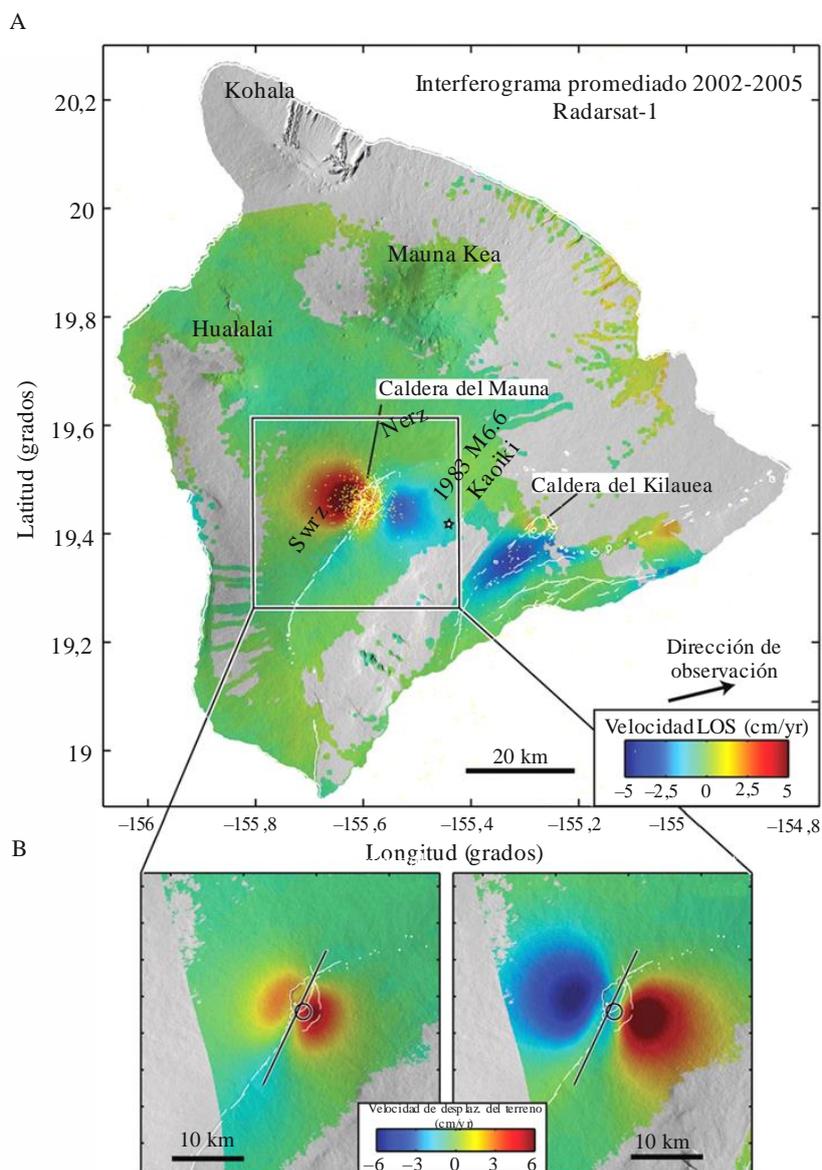
RS.1859-24

10 Volcanes

Dado que la actividad volcánica suele ir precedida de un hinchamiento o elevación del terreno en la zona circundante, es posible controlar, hasta cierto punto, la actividad volcánica trazando mapas de dichos movimientos del terreno. Las unidades GNSS *in situ* pueden realizar un seguimiento local, mientras que las observaciones InSAR en órbita polar ofrecen mediciones menos inmediatas de emplazamientos remotos, en los casos en que la instalación de unidades GNSS *in situ* no resulta práctica. Una imagen InSAR del volcán Mauna Loa en Hawái (véase la Fig. 25) muestra un cambio a largo plazo en la superficie, señalando un abultamiento indicativo de actividad volcánica subterránea. Tanto el Mauna Loa como el Kilauea son conocidos por ser volcanes activos. Cabe señalar la existencia de un observatorio astronómico en la cima del Mauna Kea, que se ha mantenido inactivo durante los últimos años. La técnica de detección de movimientos de tierra sutiles mediante operaciones InSAR basadas en satélites puede utilizarse para detectar posibles amenazas volcánicas en cualquier parte del mundo.

FIGURA 25

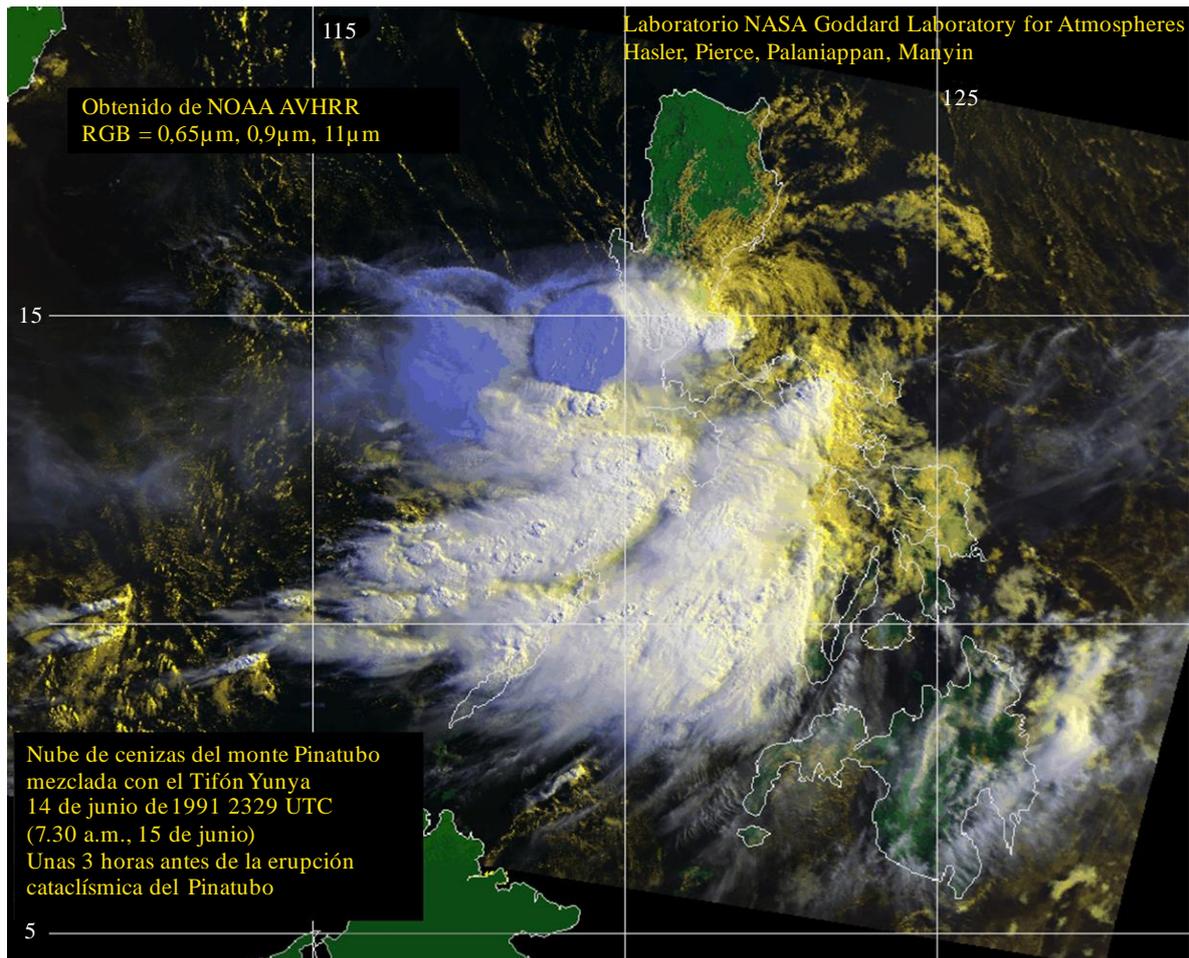
Imagen del SAR interferométrica de la Caldera del Mauna Loa en Hawái
El movimiento de tierra indica una actividad volcánica subterránea peligrosa



Durante una erupción volcánica y tras la misma, la firma térmica de la lava, las cenizas y los gases incandescentes se controlan periódicamente mediante observaciones espaciales en el espectro infrarrojo y visible. En particular, la ceniza volcánica en la atmósfera supone serio peligro para las aeronaves en vuelo. La ceniza volcánica fruto de las erupciones del volcán Eyjafjallajokull (Islandia) en 2010 provocó el mayor cierre del tráfico aéreo desde la Segunda Guerra Mundial. A fin de controlar los penachos de cenizas volcánicas existentes en un espacio aéreo determinado, se han creado nueve centros de avisos de cenizas volcánicas (véase: <https://www.ssd.noaa.gov/VAAC/vaac.html>).

FIGURA 26

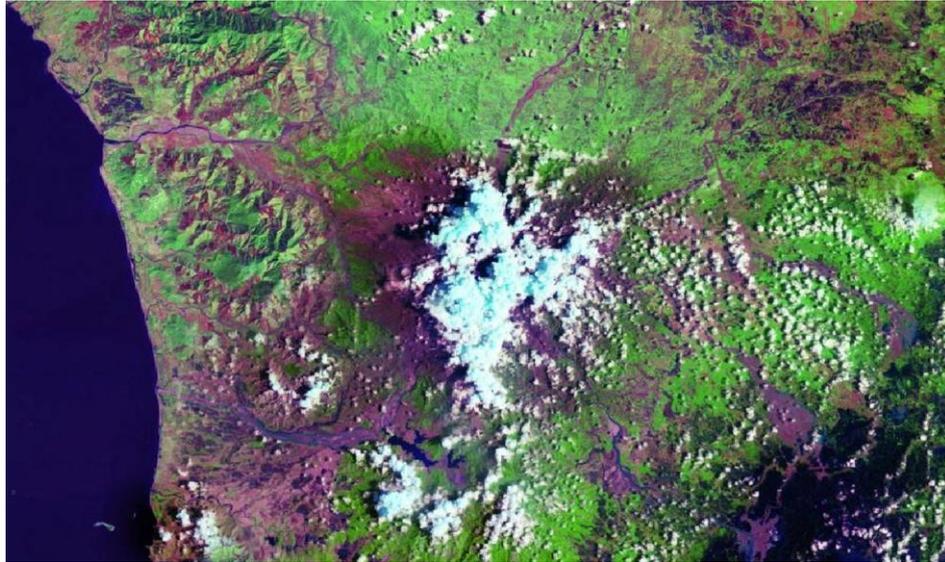
Nube de cenizas en el monte Pinatubo mezcladas con el Tifón Yunya
3 horas antes de la erupción del 15 de junio de 1991



Las imágenes procedentes de los satélites ayudan a identificar las zonas afectadas y a controlar la recuperación tras la catástrofe. Las imágenes en longitudes de onda visible e infrarroja son muy útiles a la hora de supervisar la recuperación de la capa vegetal (véanse las Figs. 27, 29 y 30). En zonas donde la cobertura de nubes plantea un problema, las imágenes SAR proporcionan otra fuente de información (véase la Fig. 28). La siguiente secuencia de imágenes muestra los instantes posteriores a la erupción del volcán Pinatubo (Filipinas), que tuvo lugar el 15 de junio de 1991. Las cuñas diagonales oscuras de la Fig. 30 se deben a un error del Landsat 7, que se produjo cuando el dispositivo de a bordo que convirtió el barrido en zig-zag en barrido de trama lineal falló.

FIGURA 27

Landsat, 5-9 de septiembre de 1991. La vegetación dañada aparece en rojo-marrón



RS.1859-27

FIGURA 28

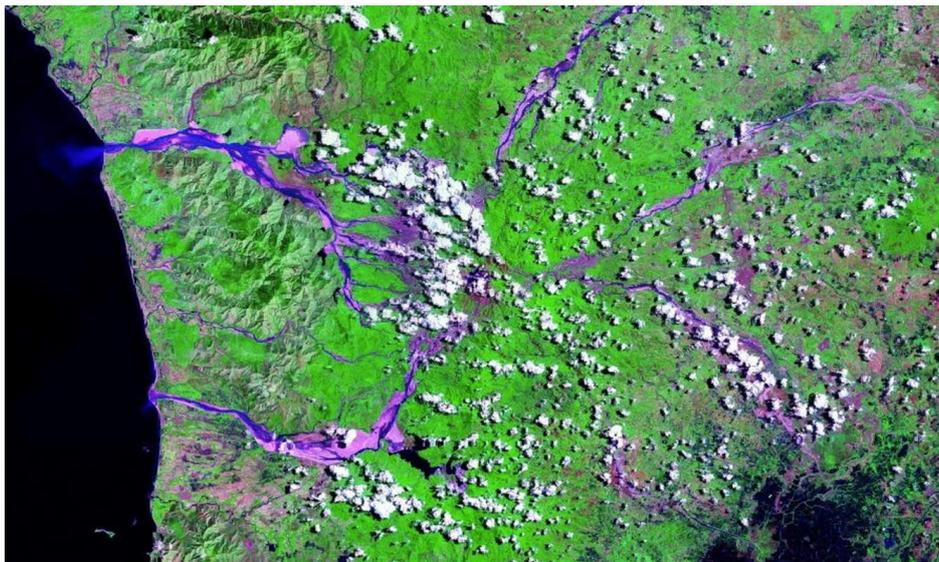
Superposición de Landsat 5 y SIR-C – octubre de 1994. No se registran problemas de nubosidad, el terreno es visible y las coladas de barro se distinguen y reconocen fácilmente



RS.1859-28

FIGURA 29

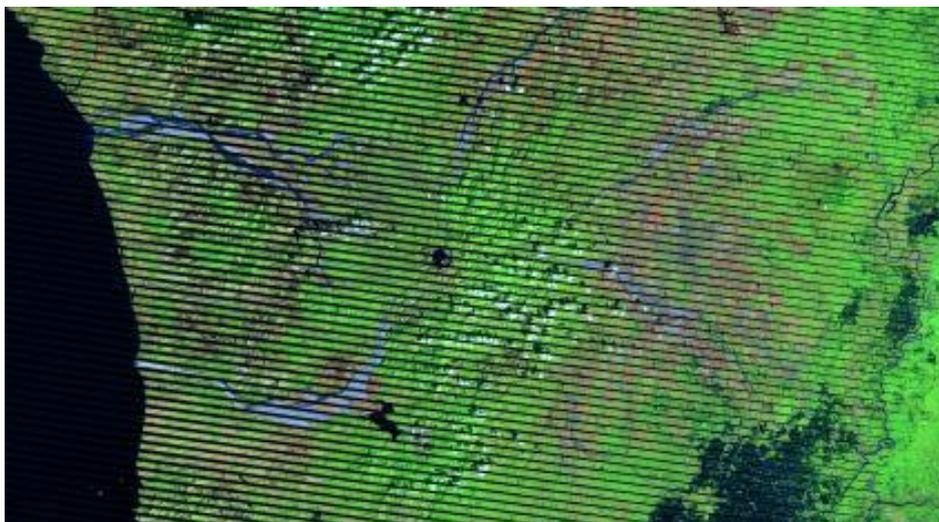
Landsat 7-18 de mayo de 2001. Vegetación recuperada



RS:1859-29

FIGURA 30

Landsat 7-4 de febrero de 2010, mayor recuperación y formación de un lago



RS:1859-30

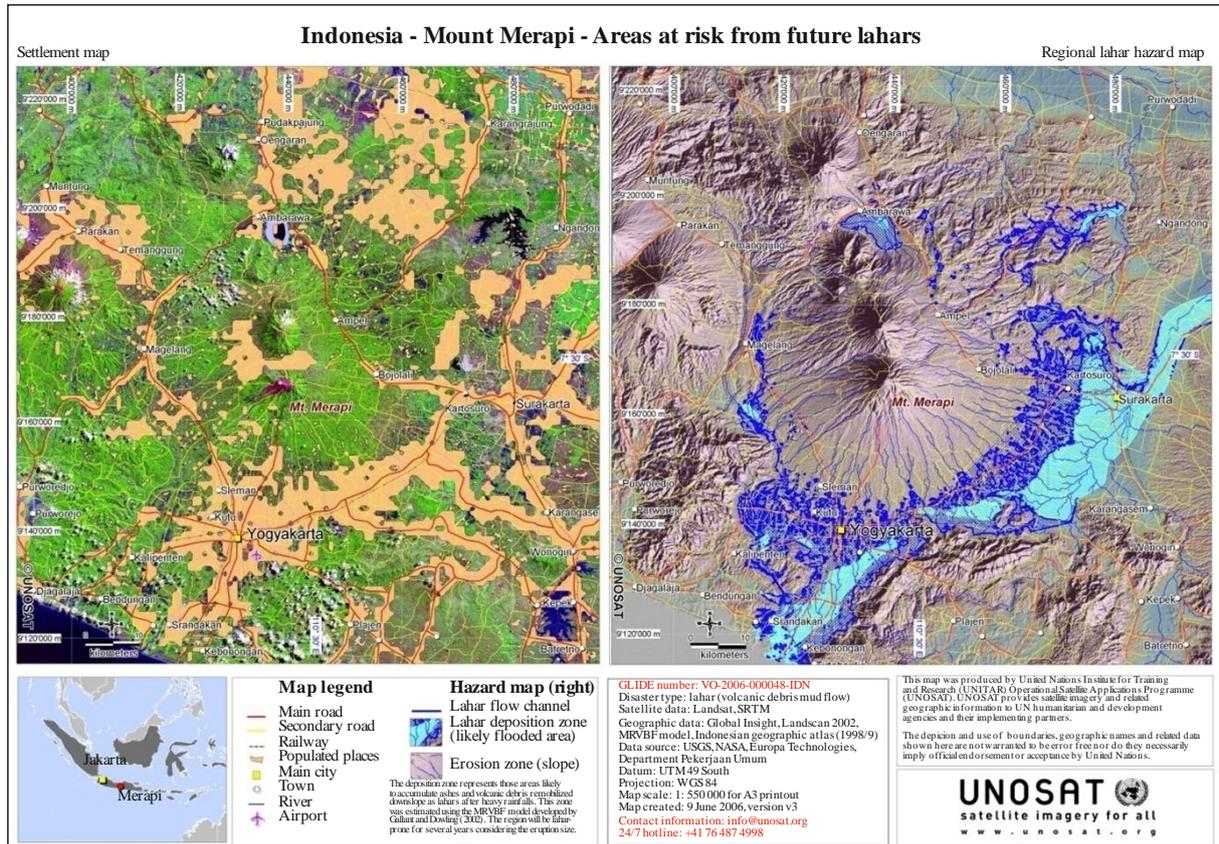
Las imágenes SAR también son útiles para identificar zonas de riesgo. La erupción del Pinatubo produjo varios «lahars» (coladas de barro). Estos lahars se identifican fácilmente en las imágenes SAR (véase la Fig. 28) y pueden reactivarse si se producen lluvias intensas. Una de estas situaciones se produjo en 1994 y fue observada por el Shuttle Imaging Radar. Las zonas habitadas cercanas se consideraron zonas de riesgo. La Fig. 30 ilustra un lago muy ácido en una caldera, oscurecido por las nubes en la Fig. 29.

Los DEM han demostrado su utilidad a la hora de prevenir la aparición de dichos lahars, que fluyen por barrancos e inundan zonas bajas.

Estos DEM pueden combinarse con mapas de utilización del suelo/cobertura del terreno tales como los obtenidos a partir de Landsat o el MODIS (espectrorradiómetro de imágenes de media resolución), para determinar y trazar mapas de zonas de riesgo. La Fig. 31 muestra un ejemplo de mapa de zona de riesgo.

FIGURA 31

Combinación Landsat y SRTM para identificar zonas y poblaciones vulnerables



RS.1859-31

En la imagen de la izquierda, los datos del Landsat se utilizaron para identificar zonas urbanas en contraste con zonas agrícolas. En la imagen de la derecha, los datos topográficos de la Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) de la NASA se emplearon para identificar las zonas que podrían quedar enterradas bajo el barro o la ceniza. La combinación de los dos mapas proporcionó a las autoridades locales una herramienta para planificar las acciones necesarias en caso de erupción del Monte Merapi en el futuro.

11 Incendios forestales

El riesgo de incendios en zonas distantes con escasa densidad de población puede estimarse a partir de mediciones espaciales de la humedad del suelo y el estado de la vegetación (es decir, si la vegetación se encuentra en buen o en mal estado). Los incendios forestales pueden detectarse utilizando determinados canales infrarrojos en instrumentos a bordo de vehículos espaciales. Estos canales pueden atravesar el humo que oscurece las observaciones en longitudes de onda visibles. Los datos en cuestión figuran en el sitio web del Fire Information for Resource Management System (FIRMS) de la NASA (véase: <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms>) y en el sitio web de Worldview (véase: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>), concretamente, en «Fires and Thermal Anomalies». Para reducir el periodo de tiempo transcurrido entre la observación del satélite y la generación de los datos necesarios, varios organismos y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales de todo el mundo han instalado estaciones terrenas que reciben datos en tiempo real cada vez que el correspondiente satélite en órbita polar sobrevuela la zona.

Estas imágenes son útiles para combatir los incendios forestales. El Sur de California, en Estados Unidos de América, puede padecer incendios durante su estación seca (véase la Fig. 32). Estos incendios se ven intensificados por los vientos locales de Santa Ana, que dificultan su extinción. Las imágenes por satélite orientan a los equipos de bomberos y son particularmente útiles en zonas remotas no pobladas.

FIGURA 32
Incendios en el Sur de California, 26 de octubre de 2003



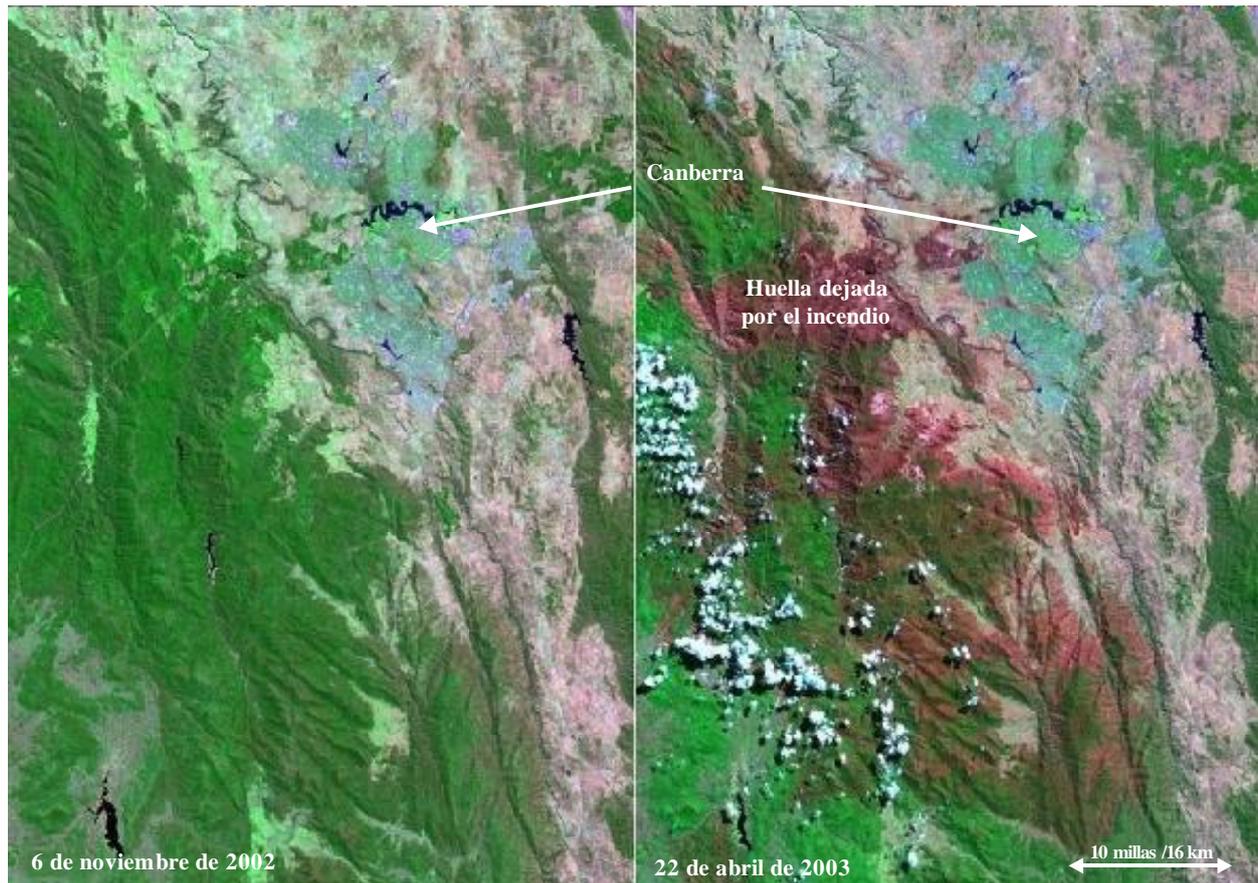
RS.1859-32

Una vez extinguido el incendio, las imágenes tomadas en el espectro visible e infrarrojo por satélite y las imágenes SAR pueden emplearse para determinar los daños y controlar la recuperación de la vegetación.

Durante el verano de 2002-2003, Australia sufrió el azote de más de 50 incendios forestales distintos en la parte meridional del continente. La capital Canberra se vio amenazada por un incendio forestal que comenzó el 18 de enero en el Parque Nacional Namadgi. En unos pocos días, el fuego había llegado hasta las afueras de la ciudad obligando a miles de personas a evacuarla e impulsando a miles de voluntarios a colaborar con las brigadas contraincendios para proteger a Canberra de las llamas. Para cuando se logró controlar el fuego, cuatro personas habían muerto y 419 hogares habían sido destruidos. En las imágenes del Landsat 7 (véase la Fig. 33), la vegetación en buen estado aparece en verde y las regiones abrasadas por las llamas aparecen en distintos tonos de rojo.

FIGURA 33

Imágenes de Canberra tomadas por el Landsat antes y después de los incendios acaecidos en Australia en 2002-2003



12 Bases de datos de teledetección

Las siguientes fuentes de datos están a disposición del público en general, pero no responden a incidentes específicos. En el apartado «resumen» se enumeran las organizaciones que sí responden a solicitudes de asistencia.

Como resultado de los estudios recopilados en el UIT-D, se ha elaborado una base de datos de teledetección de catástrofes, que proporciona una panorámica de las fuentes de datos procedentes de sensores activos y pasivos terrenales y espaciales para la prestación de asistencia en caso de catástrofe. Esta base de datos se ha publicado en forma de hoja de cálculo en Internet en el siguiente enlace: <https://www.sfcgonline.org/home.aspx>. No es necesario que los usuarios de esta base de datos se registren en el sistema.

La NASA apoya los sitios web que proporcionan datos de teledetección en tiempo casi real sobre la calidad del aire, los penachos de ceniza, la sequía, las tormentas de polvo, los incendios, las inundaciones, las tormentas de gran magnitud, el transporte marítimo (principalmente en relación con el hielo polar), los penachos de humo y la vegetación en:

<https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/hazards-and-disasters>

Se dispone de datos adicionales sobre la gestión de inundaciones en el sitio web <http://floodobservatory.colorado.edu/> y en el del sistema mundial de vigilancia de inundaciones en <http://flood.umd.edu>.

13 Resumen

Los ejemplos anteriores demuestran la utilidad de los datos de teledetección para la gestión de los efectos de las catástrofes naturales. A fin de obtener el máximo beneficio de los datos de teledetección, es preciso que un organismo local de gestión de emergencias dirija la información adecuada a las personas que la necesitan sobre el terreno. La Plataforma de las Naciones Unidas de Información Obtenida desde el Espacio para la Gestión de Desastres y la Respuesta de Emergencia (ONU-SPIDER) es una organización centrada en ayudar a los países a desarrollar capacidades en materia de gestión de catástrofes. ONU-SPIDER contribuye a la estructuración de organizaciones de socorro y a la capacitación de su personal, y otros organismos se centran en los datos. No obstante, el sitio web de ONU-SPIDER incluye listas de programas informáticos del sistema de información geográfica (SIG) (tanto gratuitos como comerciales) y fuentes de datos. El sitio web de ONU-SPIDER es el siguiente: <http://www.un-spider.org/>.

Para utilizar los datos recopilados por los sistemas de teledetección y otras fuentes se ha establecido, con arreglo a la Conferencia UNISPACE III celebrada en Viena (Austria) en julio de 1999, un solo punto de contacto encargado de coordinar la ayuda internacional en caso de catástrofe utilizando los recursos espaciales. Un usuario autorizado puede realizar ahora una llamada a un solo número, las 24 horas del día, con objeto de solicitar la movilización de recursos espaciales y en tierra correspondientes (satélites *RADARSAT*, *COSMO-SkyMed*, *Sentinel*, *SPOT*, *IRS*, *SAC-C*, *serie NOAA*, *LANDSAT*, *ALOS-2*, *DMC* y otros) de organismos miembros a efectos de obtener datos e información sobre la catástrofe. Entre los organismos miembros figuran las agencias espaciales de Europa, Francia, Canadá, India, Argentina, Japón, Reino Unido, DMC International Imaging (Argelia, Nigeria y Turquía), China, Alemania, Corea, Brasil, Rusia y Venezuela, así como la Administración Nacional de los Océanos y la Atmósfera (EE.UU.) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (EE.UU.) y EUMETSAT (Europa). Véanse ejemplos de los datos proporcionados en: <http://www.disasterscharter.org>.

Toda pregunta o comentario para los miembros signatarios o sobre la dirección web debe dirigirse a: webmaster@disasterscharter.org.

Otra fuente de datos de teledetección analizados es UNOSAT, un programa de las Naciones Unidas creado para proporcionar a la comunidad internacional y a las naciones en desarrollo un acceso mejorado a los servicios de los sistemas de imágenes por satélite e información geográfica. Estas herramientas se utilizan fundamentalmente para el socorro humanitario, la prevención de catástrofes y la reconstrucción posterior a la crisis. Los servicios proporcionados incluyen la selección de imágenes de satélites y la ayuda en su adquisición, el procesamiento de imágenes, el trazado de mapas, las orientaciones metodológicas, la asistencia técnica y la formación. La dirección Internet es: <http://www.unitar.org/unosat/>.

Una tercera fuente de soporte de teledetección es SERVIR, un sistema regional de visualización y monitoreo, que figura en <https://www.serviglobal.net/> (en español en: <http://www.servir.net>).

SERVIR es una iniciativa de desarrollo conjunta de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Con SERVIR colaboran organizaciones regionales líderes en todo el mundo a fin de ayudar a los países en desarrollo a utilizar la información proporcionada por los satélites de observación de la Tierra y las tecnologías geoespaciales a efectos de la gestión de los riesgos climáticos y el uso de la tierra. SERVIR proporciona a los responsables de la toma de decisiones herramientas, productos y servicios para tomar medidas a escala local en relación con temas sensibles al clima, como las catástrofes, la agricultura, el agua, los ecosistemas y la explotación de la tierra.

SERVIR ha creado centros en África (Nairobi, Kenia), Hindu Kush-Himalaya (Katmandú, Nepal), Bajo Mekong (Bangkok, Tailandia) y Mesoamérica (Ciudad de Panamá, Panamá) para abordar los desafíos existentes en los ámbitos de la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, los cambios en el uso de la tierra y las catástrofes naturales.

NOTA 1 – Sería conveniente que las partes que pudieran necesitar la ayuda de alguno o de todos los organismos citados se pusieran en contacto con ellos antes de que se produjera una catástrofe y establecieran un procedimiento (por ejemplo, asignación del personal de coordinación indicando los nombres, direcciones de correo-e, números de teléfono, etc.) para obtener asistencia inmediata en caso de catástrofe. Esta planificación anticipada acortaría significativamente el tiempo necesario para la prestación de ayuda cuando se precise.

Anexo 2

Estado de las observaciones útiles en caso de catástrofe natural y otras emergencias

En los Cuadros siguientes se resume el estado de las observaciones espaciales útiles para la gestión de los efectos de las catástrofes naturales y otras emergencias. En el Cuadro A2-1 se comparan los diversos tipos de catástrofes con la tecnología utilizada, que se detalla en el Cuadro A2-2. En el Cuadro A2-2 se indica la situación de las tecnologías utilizadas, las observaciones y las misiones disponibles para proporcionar esas observaciones, tanto en torno a 2015 (fecha en que se elaboró el presente Anexo) como en el futuro.

CUADRO A2-1

Tecnologías útiles para la gestión de catástrofes naturales

Objetivo	Tecnología												
	Imágenes SAR	Imágenes InSAR	Imágenes MW activas	Altimetría por radar	Dispersimetría por radar	Radares de precipitación	Ocultación radioeléctrica GPS	Imágenes MW pasivas	Sondas MW pasivas	Imágenes en bandas visibles e infrarrojas geostacionarias	Imágenes ópticas	Imágenes ópticas multiespectrales	Imágenes en banda infrarroja
Amenazas costeras	X										X		
Sequías	X		X	X	X			X		X	X	X	
Terremotos	X	X					X				X		
Fenómenos extremos					X	X	X	X	X	X	X		
Inundaciones	X		X		X	X	X	X	X		X		
Corrimientos de tierra	X	X									X	X	
Contaminación oceánica	X											X	
Contaminación											X	X	
Hielo marino/lacustre	X							X			X		
Volcanes	X	X						X			X	X	X
Incendios forestales								X			X	X	X

CUADRO A2-2

Situación del apoyo en caso de catástrofe

Tecnología	Tipo(s) de catástrofe	Medición	Situación (en 2018)	Perspectivas futuras (2018-2025)
Imágenes SAR	Amenazas costeras, inundaciones, corrimientos de tierra, volcanes	Modelos de elevación digital (DEM)	SAR en RADARSAT (1995, +), TSX (2007), TDX (2010), COSMO-SkyMeds (2007, +), Sentinel-1 (2014); HJ-1C (2012); COSI en KOMPSAT-5 (2013); PALSAR-2 en ALOS-2 (2014); RISAT-SAR en RISAT-1 (2012); X-SAR en RISAT-2 (2009); S-M OBRC en METEOR-M2 (2014); SAR-10 en Kondor-E1 (2013); X-SAR en TECSAR (2008)	BRLK en METEOR-MP (2021); CSG-SAR en CSG (2019); PAZ-SAR en PAZ (2018); RISAT-SAR en RISAT-1A (2019); SAR en la constelación RADARSAT (2018, +); S-SAR en NovaSAR-S (2018); SAR en TSX-NG (2018); SAR-L en SAOCOM-1,2 (2018); SAR-P en BIOMASS (2020); SAR-X en METEOR-MP (2021); SAR en HJ-C
	Amenazas costeras, terremotos, inundaciones, corrimientos de tierra, contaminación, hielo, volcanes	Zonas afectadas		
	Contaminación oceánica	Detección de vertidos de crudo		
	Amenazas relacionadas con el hielo marino y lacustre	Extensión del hielo marino y lacustre	SAR en RADARSAT (1995, +), TSX (2007), TDX (2010), COSMO-SkyMeds (2007, +), Sentinel-1a (2014); SIRAL en CRYOSAT-2 (2010)	SAR en la constelación RADARSAT (2018, +); InSAR en NISAR (2021)
	Inundaciones, sequías	Profundidad de la nieve		SAR-X/Ku en SCLP (2030)
Imágenes InSAR	Terremotos, volcanes, corrimientos de tierra	Movimientos de tierra	RADARSAT (1995, +), TSX (2007), TDX (2010), COSMO-SkyMeds (2007, +); Sentinel-1a (2014)	InSAR en NISAR (2021) y otras misiones SAR
Altimetría por radar	Sequías	Altura del océano	SSALT en las series JASON (2001, +); Altika-AMU en SARAL (2013); RA en HY-2A/ (2011); SRAL en Sentinel-3 (2016)	KaRIN en SWOT (2020); JASON-3 (2015); SRAL en JASON-CS/ SENTINEL-6 (2020, +); SHIOSAI en COMPIRA (2019)

CUADRO A2-2 (continuación)

Tecnología	Tipo(s) de catástrofe	Medición	Situación (en 2018)	Perspectivas futuras (2018-2025)
Radares de precipitación	Fenómenos extremos, inundaciones	Lluvia	DPR en GPM (2014)	
Dispersimetría por radar	Sequías, fenómenos extremos	Vector de viento de la superficie del mar, estado del mar	ASCAT en MetOps (2006, +); SCAT en HY-2A (2011); OSCAT en OceanSat-2 (2009); ALScat en SAC-D; DDMI en CYGNSS (2017); OSCAT en ScatSAT-1 (2015)	OSCAT en OceanSat-3 (2018); SCA en MetOp-SG-B (2022); SCAT en CFOSAT (2018); SCAT en METEOR-MP (2021); SWIM en CFOSAT (2018); WindRAD en FY-3 (2018)
	Sequías, inundaciones	Propiedades de la nieve (cubierta, equivalente de agua)		SCA en METOP-SG-B (2022)
	Sequías, inundaciones, corrimientos de tierra	Humedad del suelo		
	Amenazas relacionadas con el hielo marino y lacustre	Extensión del hielo marino y lacustre		
	Sequías, volcanes (recuperación), incendios forestales (recuperación)	Salud de la vegetación (índice de superficie foliar)	ASCAT en MetOps (2006, +)	
Ocultación radioeléctrica GPS	Fenómenos extremos, inundaciones	Perfil de temperatura atmosférica	COSMIC/FORMOSAT-2; DDMI en CYGNSS (2017); (2006); KOMPSAT-5 (2013); FY-3-C (2013); MetOp (2006, 2012); TDX (2010); TSX (2007); Megha-Tropiques (2011); OceanSat-2 (2009)	COSMIC-2/FORMOSAT-7 (2018); FY-3D.-3F(2016-2020); JASON-CS/SENTINEL-6 (2020+); GRACE-FO (2018); METEOR-M-N3, METEOR-MP-N1,-N3 (2018); METOP-SG-A,-B (2022)
		Perfil de humedad atmosférica		

CUADRO A2-2 (continuación)

Tecnología	Tipo(s) de catástrofe	Medición	Situación (en 2018)	Perspectivas futuras (2018-2025)
Imágenes de microondas pasivas	Sequías, inundaciones	Humedad del suelo	MIRAS en SMOS (2009); radiómetro en SMAP (2015); SSM/I en las series DMSP (1987, +), SSMIS en las series DMSP (2003, +); MWRI en las series FY-3 (2008, +); VIIRS en SNPP (2011)	SSM/IS en DMSP (2020); MWI en METOP-SG-A (2022) MWI en MetOp-SG-A (2022)
	Fenómenos extremos, inundaciones	Zona e índice de pluviosidad	GMI en GPM (2014); SSM/I en las series DMSP (1987, +), SSMIS en las series DMSP (2003, +); MADRAS en Megha-Tropiques (2011); MWRI en las series FY-3 (2008, +)	
	Amenazas relacionadas con el hielo marino y lacustre	Extensión del hielo marino y lacustre	SSM/I en DMSP series DMSP (1987, +), SSMIS en DMSP series DMSP (2003, +); AMSR-2 en GCOM-W1 (2012);	
	Volcanes, incendios forestales	Temperatura del suelo	AMSU en AQUA (2002), las series MetOp (2006+), las series NOAA (1998, +); ATMS en SNPP (2011) y NOAA-20 (2018); SSM/T en DMSP en las series DMSP (1999, +)	
	Inundaciones, sequías	Equivalente de agua de nieve	SSM/I en DMSP (1995, +); AMSR-2 en GCOM-W1 (2012)	
	Sequías, fenómenos extremos	Vientos oceánicos	SSM/I en DMSP en las series DMSP (1987, +), SSMIS en DMSP en las series DMSP (2003, +); Windsat en Coriolus (2003), AMSR-2 en GCOM-W1 (2012); MTVZA-GY en DMSP en las series Meteor-M (2009, +) MWR en SAC-D (2011); MWRI en HY-2A (2011)	

CUADRO A2-2 (continuación)

Tecnología	Tipo(s) de catástrofe	Medición	Situación (en 2018)	Perspectivas futuras (2018-2025)
Sondas de microondas pasivas	Sequías	Temperatura del océano	AMSR-2 en GCOM-W1 (2012); MWRI en HY-2A (2011); MIRAS en SMOS (2009); WindSat en Coriolus (2003); CrIS, ATMS en SNPP (2011) y NOAA-20 (2017)	
	Fenómenos extremos, inundaciones	Perfil de temperatura atmosférica	MSU desde 1979 actualmente en las series NOAA (2002, +); SSM/I en DMSP (1995, +); AMSU en Aqua (2002), MetOp (2006, +); DFMRM en FAST-T; MTVZA-GY en las series Meteor-M (2009, +); MWTS en las series FY-3 (2003, +) CrIS, ATMS en SNPP (2011) y NOAA-20 (2018);	MWS y MWI en MetOp-SGs (2018, +); MTVZA-GY-MP en METEOR-MP (2021)
		Perfil de humedad atmosférica y contenido total de la columna de agua	AMSU en AQUA (2002) y POES (1998, +); ATMS en SNPP (2011) y NOAA-20 (2018); MHS en POES (1998, +) y MetOps (2006, +); SSM/T en las series DMSP (1999, +); MTVZA-GY en las series Meteor-M (2009, +); MWHS en las series FY-3 (2003, +); SAPHIR en Megha-Tropiques (2011); AMR-2 en JASON-3 (2016); MWR en Sentinel-3 (2016)	AMR en SWOT (2020); AMR-C en JASON-CS/SENTINEL-6 (2020); MTVZA-GP-MP en METEOR-MP (2021); MWI y MWS en METOP-SG-A (2022)
Observaciones en bandas visibles e infrarrojas geoestacionarias	Fenómenos extremos	Movimientos de masas nubosas	Serie GOES desde 1975; series METEOSAT desde 1977	Serie GOES (2016, +), series METEOSAT (2018)

CUADRO A2-2 (*fin*)

Tecnología	Tipo(s) de catástrofe	Medición	Situación (en 2018)	Perspectivas futuras (2018-2025)
Imágenes ópticas	Amenazas costeras, inundaciones, corrimientos de tierra, volcanes	Modelos de elevación digital (DEM)	ASTER en TERRA (1999)	
	Amenazas costeras, sequías, terremotos, fenómenos, inundaciones, corrimientos de tierra, contaminación, hielo, volcanes, incendios	Zonas afectadas	Resolución moderada: AVHRR desde 1981, en las series NOAA (2002, +); AwiFS en Resourcesats (2011); Landsat desde 1973, -7, -8 (1999, 2013); series SPOT (1994, +); MODIS en TERRA (1999), AQUA (2002); AVHRR en Metops (2006, +); cámaras e IRMSS en HJ-1 (2008); MSI en Sentinel-2 (2015); OLCI en Sentinel-3 (2015); VIIRS en SNPP (2011) y NOAA-20 (2018)	MSI en Sentinel-2 (2015); PRISM-2 en ALOS-3 (2019); SGLI en GCOM-C1 (2018); NOAA-20
			Alta resolución: (comercial) IKONOS-2 (1999); QuickBird (2001); WorldView-1 (2007), WV-2 (2009), WV-3 (2014); GeoEye-1 (2008)	
Imágenes ópticas multiespectrales	Sequías, volcanes (recuperación), incendios forestales (recuperación)	Salud de la vegetación (índice de superficie foliar)	AVHRR desde 1981, en las series NOAA (2002, +); MODIS en Terra (2000), Aqua (2002); MISR en Terra (2000); Landsat desde 1973, -7, -8 (1999, 2013); series SPOT (1994, +); SeaWiFS en SeaStar (1997); VIIRS en SNPP (2011) y NOAA-20 (2018)	
	Corrimientos de tierra, volcanes (recuperación)	Cobertura/uso del suelo		
	Contaminación oceánica	Contaminación oceánica natural (marea roja)		
Imágenes en banda de infrarrojos	Volcanes, incendios forestales	Temperatura del suelo	Landsat desde 1973, -7, -8 (1999, 2013); series SPOT (1994, +); MODIS en TERRA (1999), AQUA (2002)	