



## Detección activa por RF



SAR-  
Radarsat



Altimetro-  
JASON



Dispersímetro-  
Seawinds



Radar de precipitación-  
TRMM



Radar de perfil del  
viento-Cloudsat

***Bryan HUNEYCUTT (Jet Propulsion Laboratory/NASA)***

***Seminario de la UIT para la Región de las Américas***

***Manta, Ecuador***

***20-21 de septiembre de 2012***

# *Tipos de sensores activos*

- **RADARES DE APERTURA SINTÉTICA** – Sensores orientados hacia un lado de la trayectoria del nadir que recopilan la historia de fase y tiempo del eco del radar coherente a partir de la cual puede producirse normalmente una imagen de radar o un mapa topográfico de la superficie de la Tierra.
- **ALTÍMETROS** – Sensores orientados hacia el nadir que miden el tiempo preciso transcurrido entre un evento de transmisión y un evento de recepción para determinar la altitud precisa de la superficie del océano.
- **DISPERSÍMETROS** – Sensores orientados a varios aspectos de los lados de la trayectoria nadir que utilizan las mediciones de variación de la potencia del retorno del eco con ángulo de presentación para determinar la dirección y la velocidad del viento sobre la superficie de los océanos de la Tierra o el eco de retorno sobre la superficie de suelo de la Tierra.
- **RADARES DE PRECIPITACIÓN** – Sensores que realizan una exploración perpendicular a la trayectoria del nadir midiendo el eco del radar producido por la intensidad de lluvia para determinar el índice de pluviosidad en la superficie de la Tierra, normalmente concentrándose en los trópicos.
- **RADARES DE PERFIL DE NUBE** – Sensores orientados hacia el nadir que miden el retorno de eco del radar procedente de las nubes a fin de determinar el perfil de reflectividad de las nubes sobre la superficie de la Tierra.

# *Sensores activos y definiciones de servicio*

**Sensor activo:** instrumento de medición en el servicio de exploración de la Tierra por satélite o en el servicio de investigación espacial por el que se obtiene información mediante la transmisión y recepción de ondas radioeléctricas (RR).

**Servicio de exploración de la Tierra por satélite:** servicio de radiocomunicaciones entre estaciones terrenas y una o más estaciones espaciales, que puede incluir enlaces entre estaciones espaciales, en el cual:

- la información relativa a las características de la Tierra y sus fenómenos naturales, incluidos los datos referentes al estado del medio ambiente, se obtiene mediante sensores activos o sensores pasivos situados en un satélite terrestre;
- desde plataformas situadas en aeronaves o ubicadas en tierra se puede recopilar información similar;
- dicha información puede distribuirse a las estaciones terrenas del sistema correspondiente.

**Servicio de investigación espacial:** servicio de radiocomunicaciones en el que un vehículo espacial u otros objetos en el espacio se utilizan para fines de investigación científica o tecnológica.

# Aplicaciones de los sensores activos por tipo de sensor

Tipo de sensor activo	Sensor activo/aplicaciones
SAR	Los SAR pueden proporcionar conocimientos sobre la humedad del suelo en las profundidades o bajo el manto vegetal, que es un parámetro crítico para varias disciplinas científicas relacionadas con la Tierra, el bienestar público y los procedimientos de toma de decisiones políticas: estas aplicaciones incluyen, entre otras, las previsiones meteorológicas a largo plazo, el estudio de las variaciones climáticas a corto y largo plazo mediante la cuantificación de elementos de la energía y el ciclo del agua, los estudios científicos sobre el ciclo del carbono y el estudio y gestión de las reservas acuíferas y los recursos de aguas subterráneas.
Altímetros	Los datos obtenidos por los altímetros de radar se utilizarán para estudiar la dinámica de los océanos y sus efectos sobre la climatología y la meteorología. Los altímetros de doble frecuencia también funcionan en 5,3 GHz a fin de proporcionar datos para compensar las incertidumbres en las mediciones de altura causadas por los efectos de la ionosfera en 13,5 GHz. El altímetro de radar proporcionará mediciones precisas de la distancia desde el satélite hasta la superficie de la Tierra y también de la potencia y la forma de los ecos de retorno procedentes de los océanos, el hielo y las superficies terrestres, permitiendo además mejorar los conocimientos sobre climatología y sobre detección del cambio climático.
Dispersímetros	Los dispersímetros del océano medirán las velocidades y direcciones del viento en la superficie en al menos el 90% de los océanos cada dos días, cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas regionales y el clima en el mundo. Los dispersímetros de tierra medirán los retornos de eco en la superficie a fin de mejorar las mediciones pasivas de la humedad del suelo y la salinidad del mar. Los dispersímetros desempeñarán un cometido fundamental en los esfuerzos científicos para comprender y predecir los complejos patrones meteorológicos del planeta y los sistemas climáticos.
Radares de precipitación	Un radar de precipitación es la primera misión espacial destinada a medir la intensidad de lluvia tropical y subtropical utilizando varios sensores de microondas y del espectro visible/infrarrojo. Los principales objetivos de estos radares son: 1) proporcionar una estructura tridimensional de la intensidad de lluvia, 2) efectuar una medición cuantitativa de la intensidad de lluvia sobre tierra así como sobre el océano, y 3) mejorar la precisión de una medición por imágenes de microondas proporcionando información sobre la estructura de la lluvia.
Radares de perfil de nube	El radar de perfil de nube ha sido ampliamente reconocido como un sensor clave para medir la distribución global de las nubes, que es un parámetro crítico para comprender el papel que desempeña las nubes en el balance de radiaciones de la Tierra y, por tanto, predecir el calentamiento global. El objetivo del radar de nube a bordo de un vehículo espacial es medir la distribución tridimensional de las nubes en el mundo. Las nubes que cubren siempre aproximadamente la mitad de toda la superficie del planeta juegan un papel muy significativo y complicado en el balance de radiación de la Tierra. Especialmente, la estructura vertical de las nubes es un parámetro crítico para determinar si las nubes contribuyen al calentamiento o al enfriamiento de la atmósfera.

# *Características de los sensores activos*

Características	Tipos de sensores				
	SAR	Altimetro	Dispersímetro	Radar de precipitación	Radar de nubes
Geometría de observación	Orientación lateral con una separación de 10°-55° del nadir	Orientado al nadir	(1) Tres/seis haces acimutales en abanico (2) Uno/dos haces de exploración cónica	Orientado al nadir	Orientado al nadir
Huella/dinámica	(1) Fijo a un lado (2) Exploración SAR	Fijo en el nadir	(1) Fijo en acimut (2) Exploración	Exploración a través de la trayectoria del nadir	Fijo en el nadir
Haz de antena	Haz en abanico	Haz en pincel	(1) Haces en abanico (2) Haces en pincel	Haz en pincel	Haz en pincel
Potencia de cresta radiada	1500-8000 W	20 W	100-5000 W	600 W	1000-1500 W
Forma de onda	Impulsos de FM lineales	Impulsos de FM lineales	Onda continua interrumpida, impulsos cortos (océano) o impulsos de FM lineales (tierra)	Impulsos cortos	Impulsos cortos
Anchura del espectro	20-600 MHz	320 MHz	5-80 kHz (océano), 1-4 MHz (tierra)	0,6-14 MHz	300 kHz
Factor de actividad	1-5%	46%	31% (océano) ó 10% (tierra)	0,9-2%	1-14%
Zona de servicio	Tierra/zona costera/Océano	Océano/hielo	Océano/hielo/tierra	Tierra/océano	Tierra/océano

# Ejemplos de sensores activos

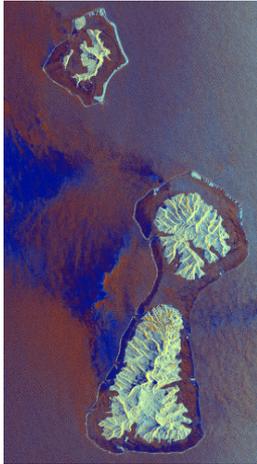
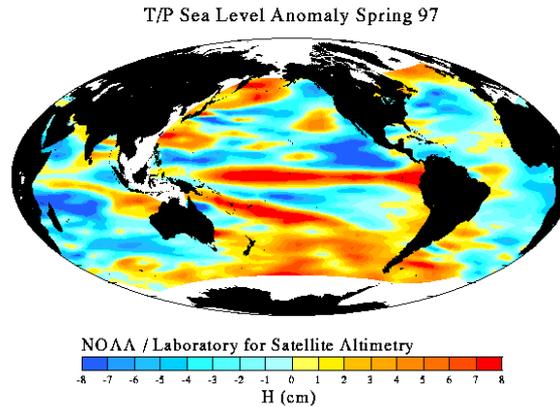
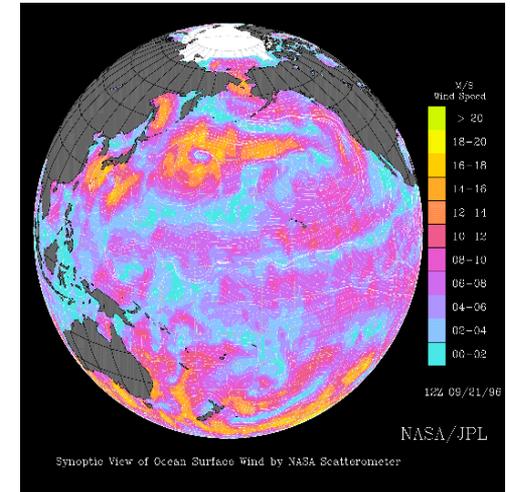


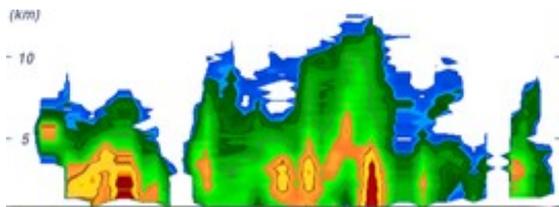
Imagen del SAR  
Bora Bora,  
Polinesia francesa



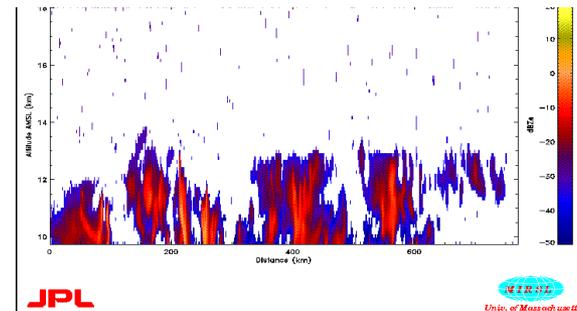
Altímetro – Nivel del mar



Dispensímetro – Velocidades  
del viento



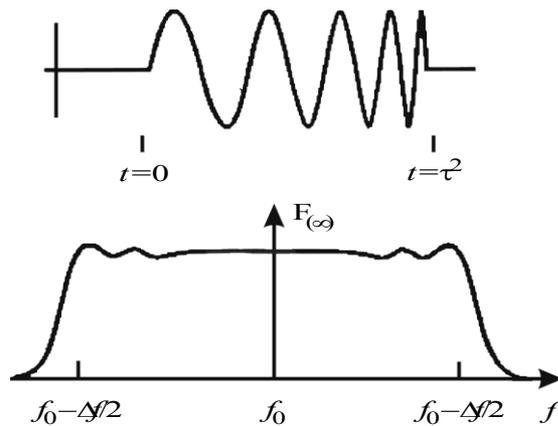
Radares de  
precipitación – Índices  
de pluviosidad



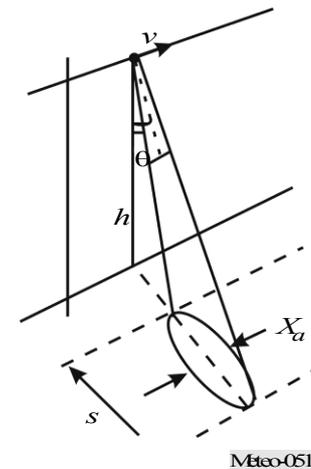
Radar de nubes – Perfil de  
reflectividad de las nubes

# *Radars de apertura sintética (SAR)*

- Proporcionan imágenes de radar y mapas topográficos de la superficie de la Tierra
- La frecuencia central de RF depende de la interacción de la superficie de la Tierra con el campo electromagnético
- La anchura de banda de RF influye sobre la resolución de los píxeles de las imágenes
- La degradación admisible de la calidad de los píxeles de imagen determina el nivel de interferencia admisible



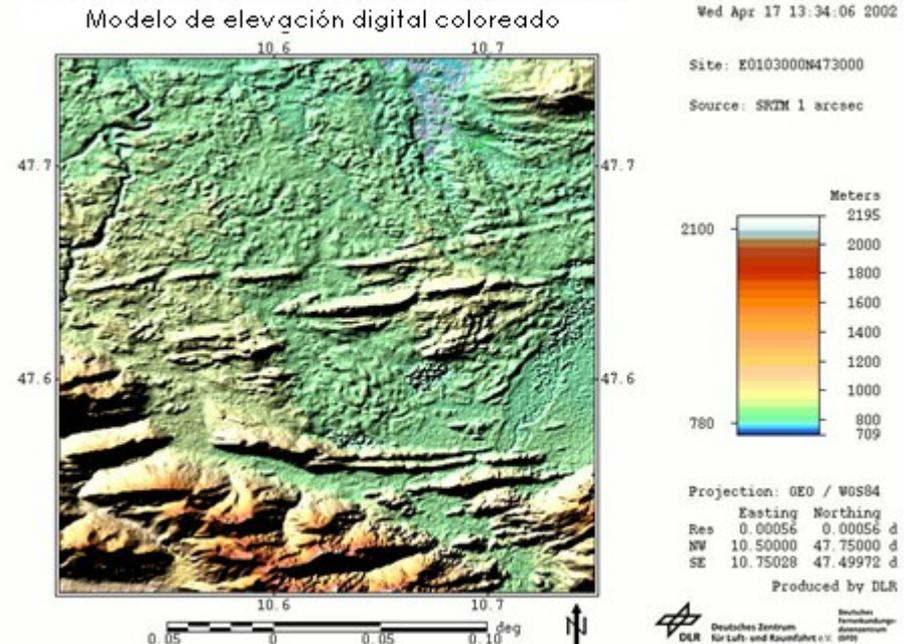
Espectro del impulso modulado  
linealmente en frecuencia



Zona de iluminación del SAR

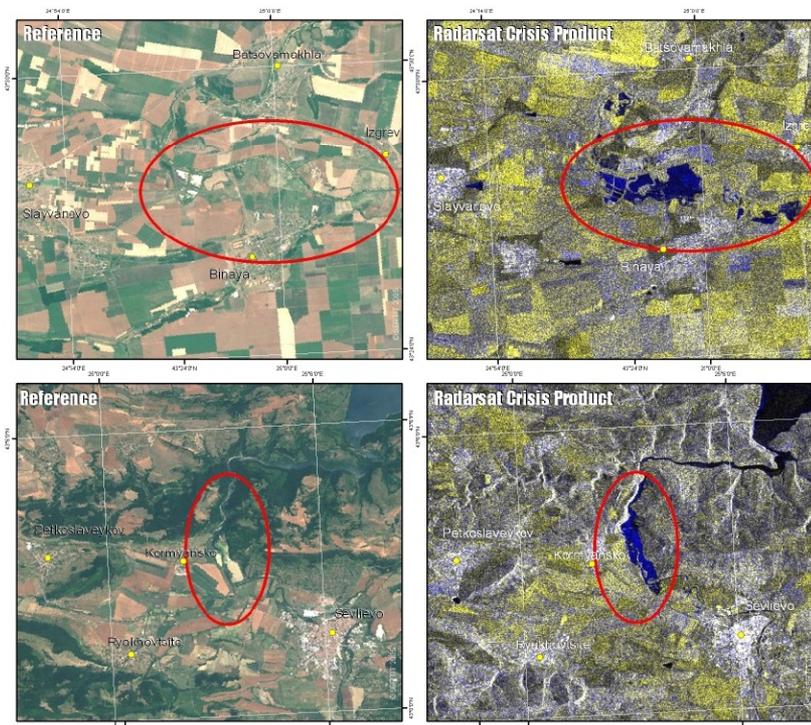
# *Radars de apertura sintética (SAR) (continuación)*

El SRTM es un radar de 5,3 GHz incorporado a bordo de la lanzadera espacial y que obtuvo datos de elevación a escla casi mundial, generando la base de datos topográfica digital de alta resolución de la Tierra más completa. La imagen del SRTM de la izquierda muestra la topografía de América del Sur. La imagen DEM del SRTM de la derecha muestra el modelo de elevación digital del Allgeru Oriental en torno a los castillos reales de Neuschwanstein y Hohenschwangau.



# *Radars de apertura sintética (SAR) (continuación)*

El RADARSAT-1 es un radar de 5 GHz que se ha empleado con éxito en todo el mundo para apoyar las tareas de ayuda en caso de catástrofe tales como inundaciones, derrames de crudo, erupciones volcánicas y tormentas de gran intensidad. La imagen del Radarsat de la derecha muestra dos zonas inundadas en la parte central septentrional de Bulgaria a principios de junio de 2005 que pueden compararse con la imagen de referencia del Landsat (izquierda).



# Altimetros

- Proporcionan la altitud de la superficie de los océanos de la Tierra
- La frecuencia central de RF depende de la interacción de la superficie del océano con el campo electromagnético
- El funcionamiento con doble frecuencia permite compensar el retardo introducido por la ionosfera
- JASON-1 utiliza frecuencias en torno a 13,6 GHz y 5,3 GHz
- La degradación admisible en la precisión de la altura determina el nivel de interferencia admisible

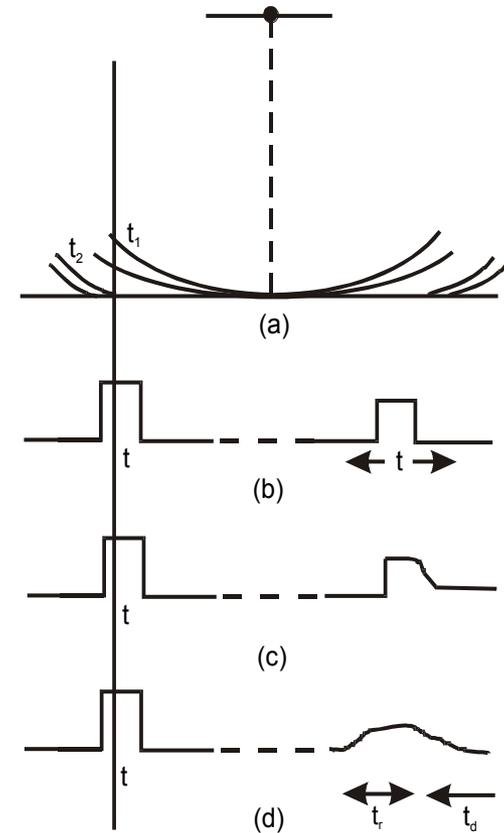
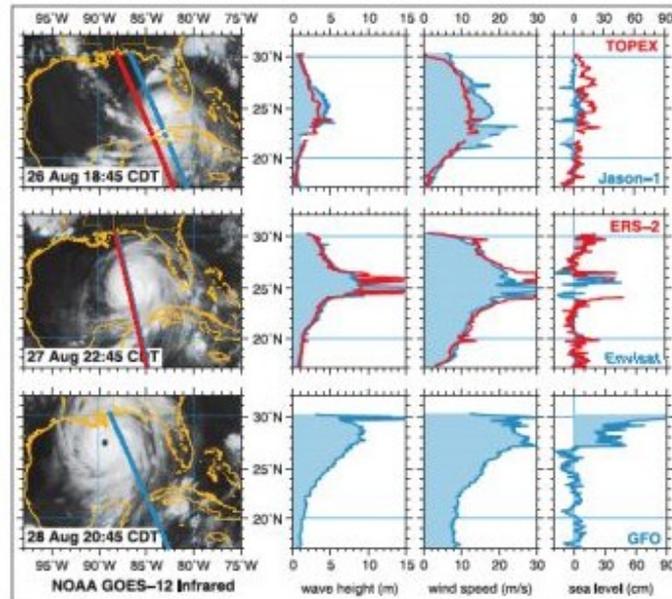


Ilustración de la señal de retorno del altímetro

# Altimetros (continuación)

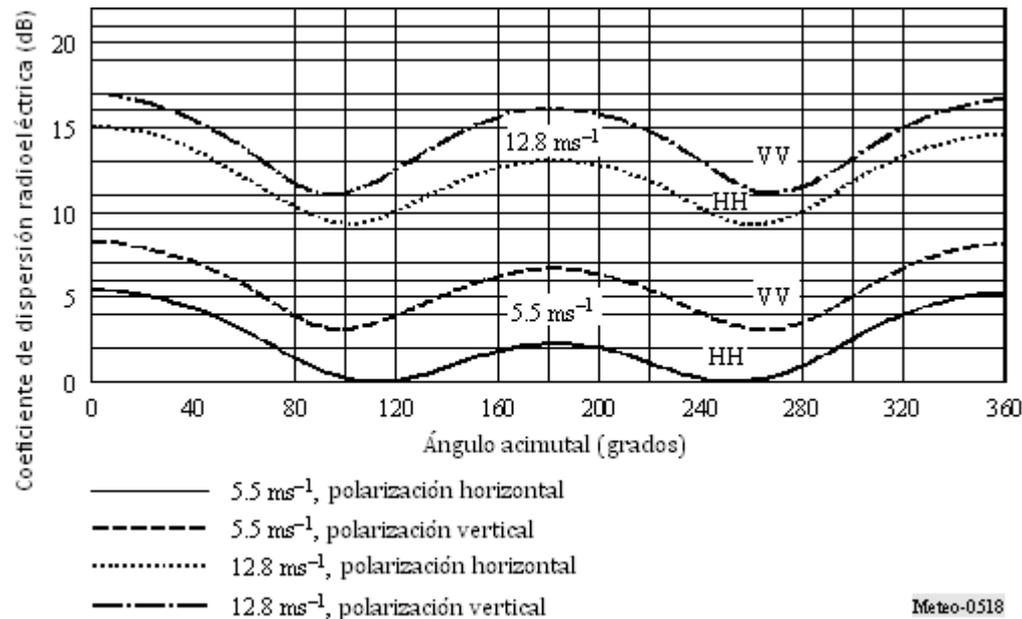
Jason es un radar de frecuencia doble de 5 GHz y 13 GHz que utiliza la altimetría de radar para recopilar datos sobre la altura de la superficie del mar de todos los océanos del mundo. La comprensión de los patrones y efectos de los ciclos climáticos, tales como El Niño, ayuda a predecir y reducir las consecuencias desastrosas de las inundaciones y sequías. Los datos del altímetro y el dispersímetro se incorporan a los modelos atmosféricos para predecir la temporada de huracanes y la intensidad de las tormentas individuales. Los mapas de las corrientes, los remolinos y los vientos se emplean en la navegación comercial y de recreo para optimizar las rutas marítimas. Los buques de tendido de cables y las operaciones de extracción de crudo en el mar requieren un conocimiento preciso del comportamiento de las corrientes oceánicas a fin de minimizar las repercusiones de las corrientes intensas. A la derecha aparecen diversas mediciones de altímetro tomadas durante el huracán Katrina a finales de agosto de 2005 comparando los altímetros Topex y Jason-1 (fila superior), ERS-2 y Envisat (fila central) y Geosat (fila inferior); compárense con las imágenes infrarrojas del GOES 12 y los altímetros, a la izquierda. Las tres columnas de la derecha son mediciones de altímetros de la altura de las olas, la velocidad del viento y la anomalía del nivel del mar en función de la latitud a lo largo de las trayectorias del altímetro.



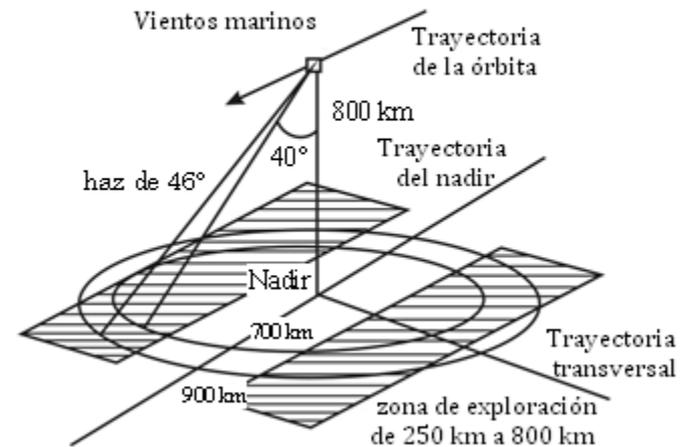
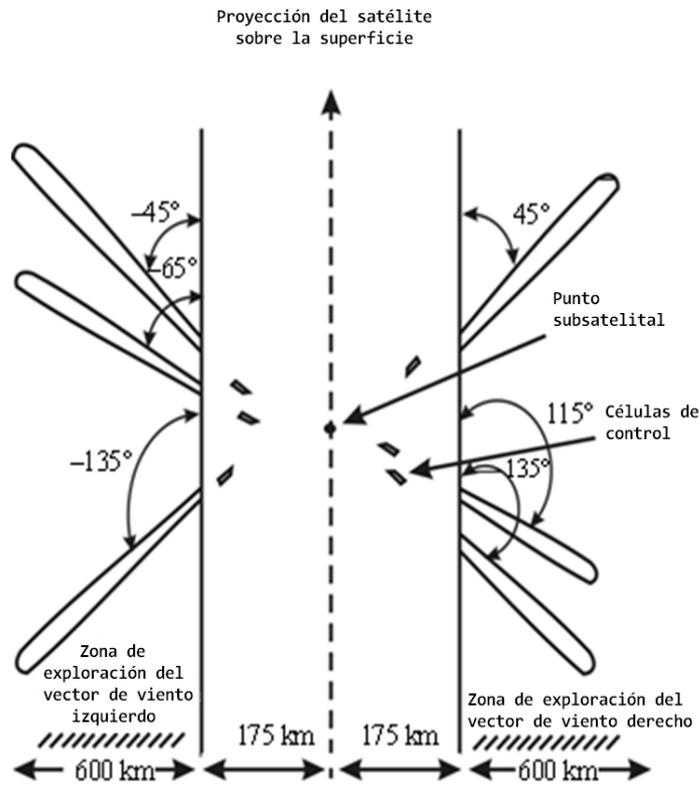
# Dispersímetros

- Proporcionan la dirección y la velocidad del viento sobre la superficie de los océanos de la Tierra
- La frecuencia central de RF depende de la interacción de la superficie del océano con el campo electromagnético y sus variaciones con el ángulo de presentación
- La anchura de banda estrecha de la señal de RF indica la necesidad de medir la resolución de la célula
- La degradación admisible en la precisión de la velocidad del viento determina el nivel de interferencia admisible

Variación de la retrodispersión con el ángulo de presentación



# Dispersímetros de océano/tierra



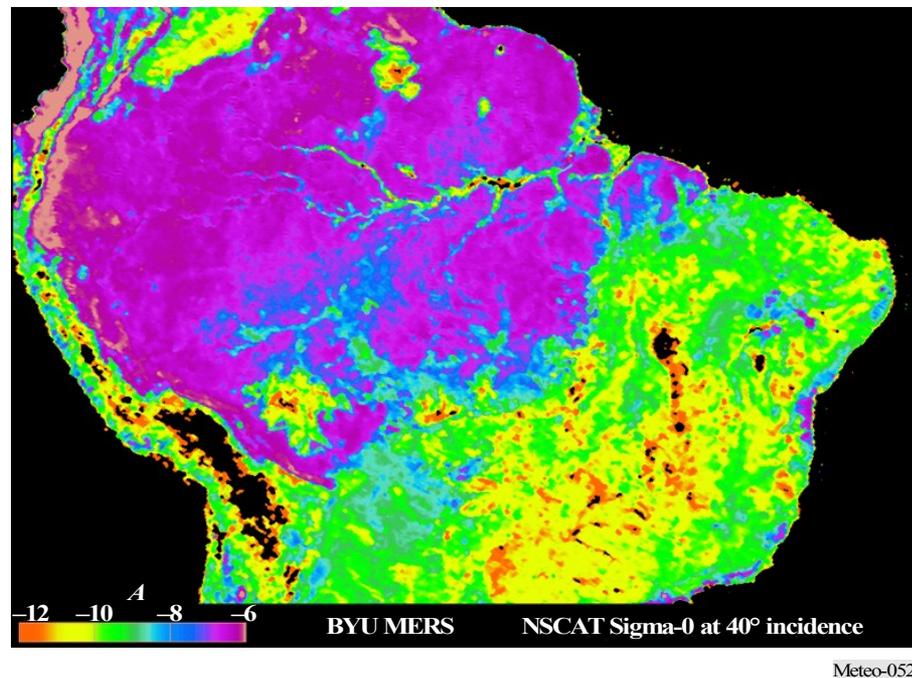
NSCAT ilumina la superficie de la Tierra con diferentes ángulos de presentación fijos

El haz en pincel de exploración del SEAWINDS efectúa un barrido en dos ángulos diferentes respecto al nadir y explora 360° en acimut alrededor del nadir

# *Dispersímetros de océano/tierra*

## *(continuación)*

El instrumento NSCAT en el satélite NSCAT es un dispersímetro de microondas de 13 GHz que mide la retrodispersión en la superficie de la Tierra así como la velocidad y dirección del viento cerca de la superficie, cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas y de la capa de nubes sobre los océanos de la Tierra. Los siguientes datos muestran un ejemplo de imagen de radar de la selva amazónica en América del Sur realizada por el dispersímetro NSCAT. Los colores representan las variaciones en la potencia de retrodispersión del Amazonas.



**Imagen de radar de la selva amazónica en América del Sur  
realizada por el dispersímetro NSCAT**

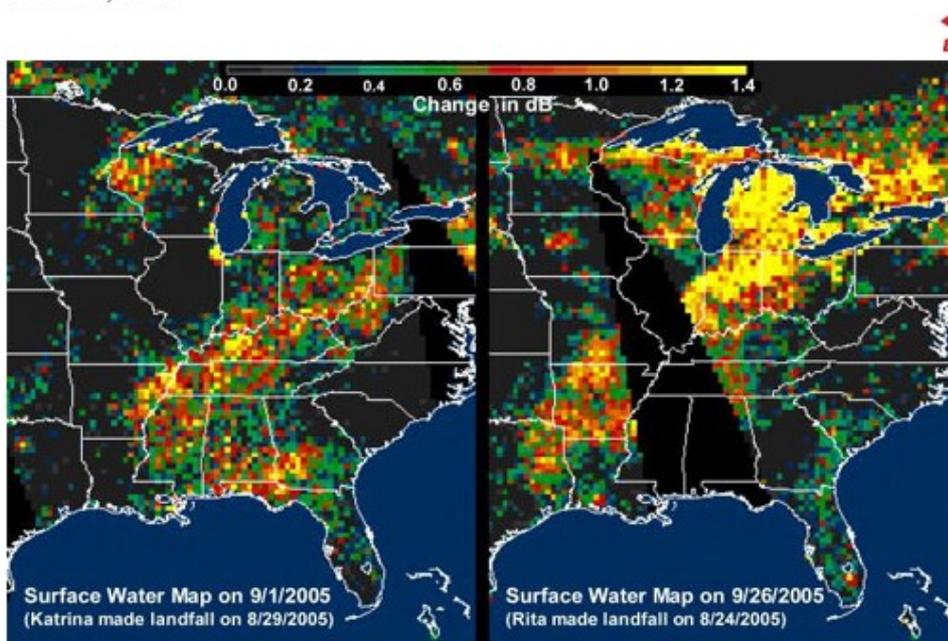
# *Dispersímetros de océano/tierra*

## *(continuación)*

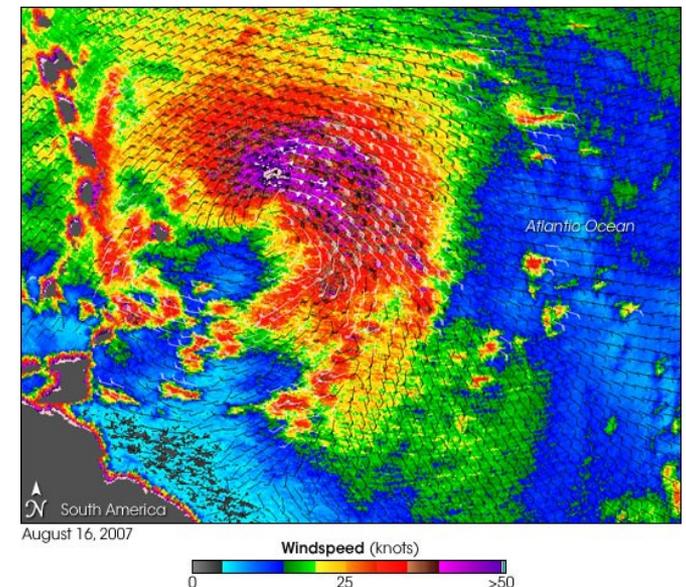
El instrumento SeaWinds en el satélite QuikSCAT es un radar de microondas de 13 GHz especializado que mide la velocidad y dirección del viento cerca de la superficie en cualquier condición meteorológica y de capa de nubes sobre los océanos de la Tierra. La imagen de la izquierda muestra datos utilizados para supervisar cambios en la superficie del agua resultantes de los huracanes Katrina y Rita en la cuenca del río Mississippi, en octubre de 2005. Los colores representan un incremento en la humedad de la superficie del suelo a causa de la intensidad de lluvia. A la derecha aparece la observación realizada por el QuikSCAT del huracán Dean, mostrando la velocidad y dirección del viento en la superficie del mar.

### **Publications - NASA Satellite Monitors Post-Hurricane Gulf Coast Flood Potential**

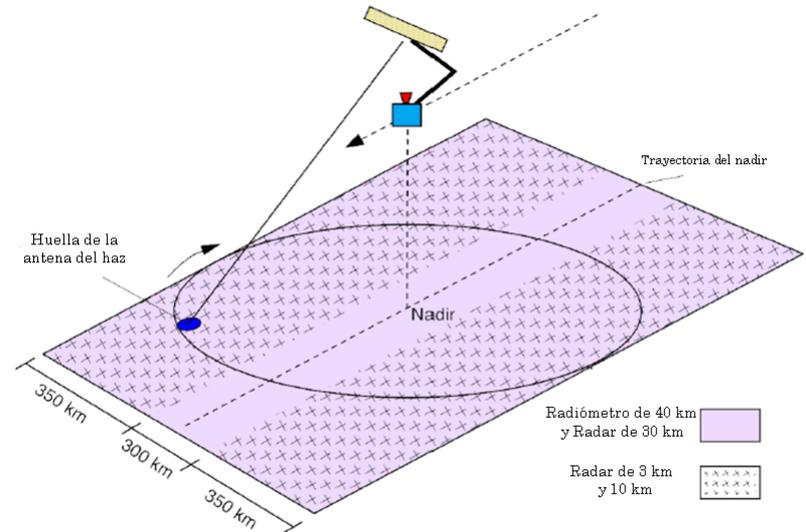
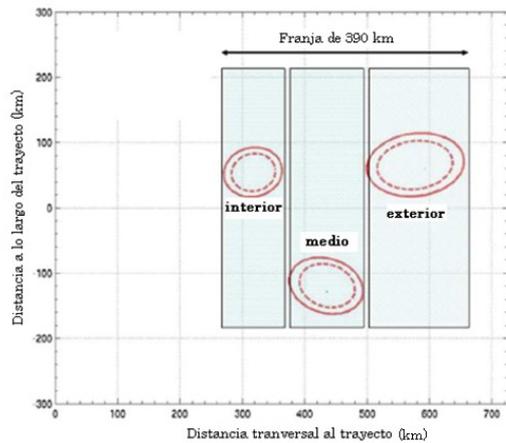
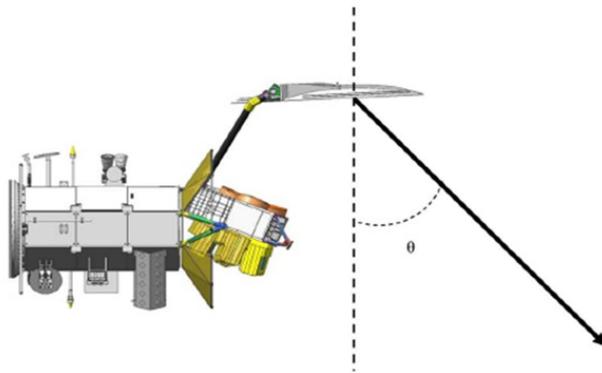
October 14, 2005



NASA Satellite Monitors Post-Hurricane Gulf Coast Flood Potential  
[Images and Animation](#)



# Dispersímetros de océano/tierra



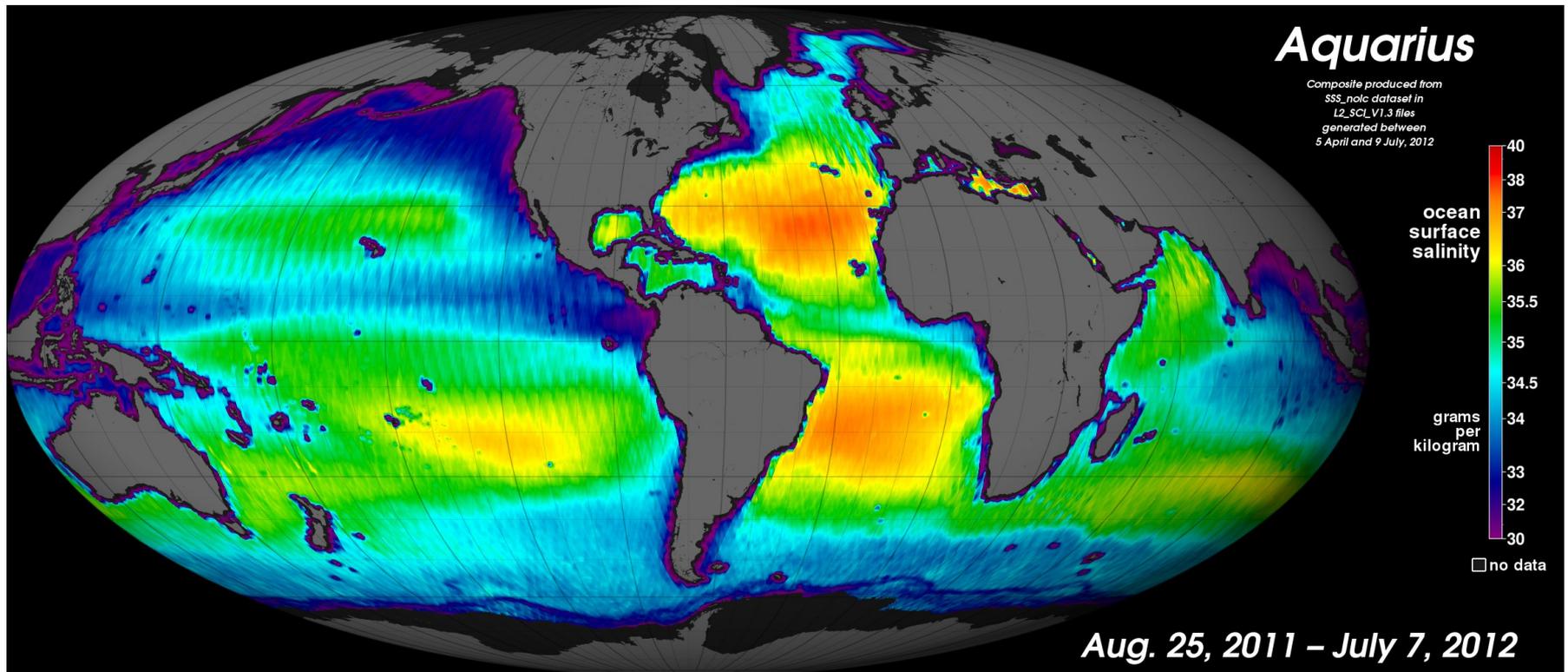
El dispersímetro Aquarius ilumina la superficie de la Tierra con distintas combinaciones de ángulo de presentación/nadir fijo

El haz en pincel del dispersímetro SMAP efectúa un barrido en un ángulo fijo respecto al nadir y explora 360° en acimut alrededor del nadir

# *Dispersímetros de océano/tierra*

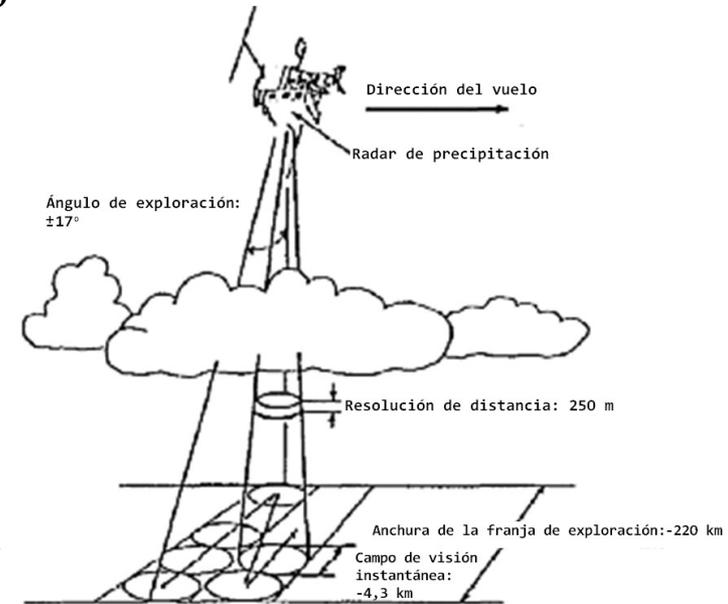
## *(continuación)*

El instrumento Aquarius en el satélite SAC-D es un dispersímetro/radiómetro combinado en un instrumento de microondas de 1,2/1,4 GHz que mide la salinidad de los océanos de la Tierra. El mapa mundial mostrado se ha obtenido combinando los datos obtenidos por el Aquarius desde que comenzó a funcionar el 25 de agosto de 2011 hasta el 7 de julio de 2012. Los valores numéricos representan la concentración de sal en partes por mil (gramos de sal por cada kilo de agua marina). Los colores amarillo y rojo representan áreas de elevada salinidad y el azul y el púrpura indican áreas de baja salinidad. No se conocen datos de las áreas que aparecen de color negro. La salinidad media representada en el mapa es de 35 aproximadamente.



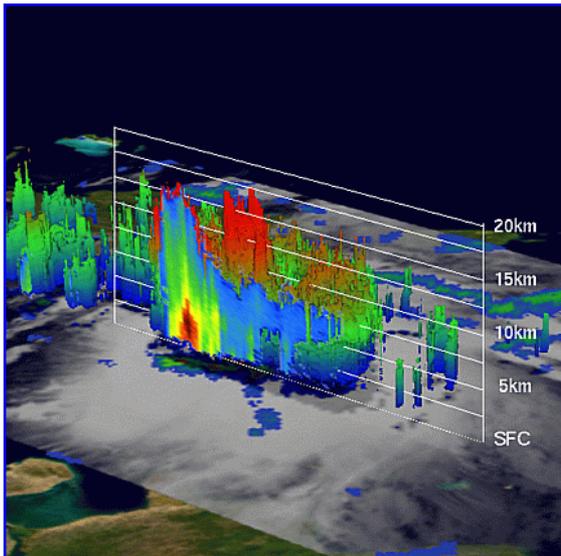
# *Radares de precipitación*

- Proporcionan el índice de precipitación sobre la superficie de la Tierra, normalmente concentrado en la intensidad de lluvia de los trópicos
- La frecuencia central de RF depende de la interacción de la precipitación con el campo electromagnético
- La anchura de banda estrecha de la señal de RF indica las mediciones necesarias de la resolución de la célula
- La Misión de medición de la intensidad de lluvia tropical (TRMM) hace uso de una anchura de banda de RF de sólo 0,6 MHz
- La degradación admisible de la mínima reflectividad de la precipitación determina el nivel de interferencia admisible

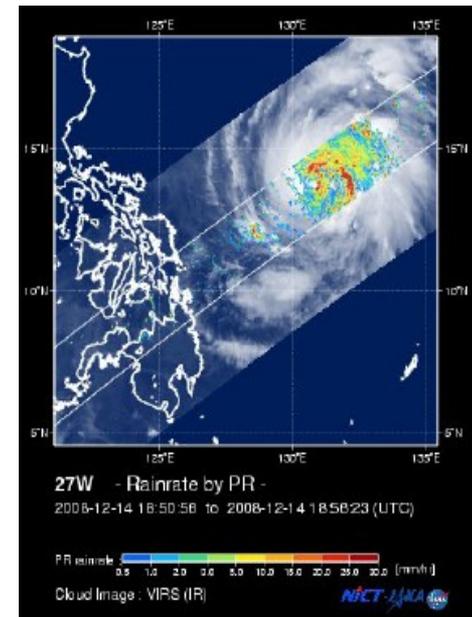


# *Radares de precipitación (continuación)*

TRMM es el primer radar de lluvia a bordo de un vehículo espacial de 13 GHz que mide la distribución vertical de la precipitación de la precipitación sobre los trópicos. Se trata de un satélite de investigación diseñado para mejorar nuestra comprensión del ciclo del agua en el actual sistema climático. Al cubrir las regiones tropical y semitropical de la Tierra, el TRMM proporciona los imprescindibles datos sobre intensidad de lluvia y la liberación de calor asociada a la intensidad de lluvia. Contribuye igualmente a entender mejor la forma en que las nubes afectan al clima y la cantidad de energía transportada en el ciclo global del agua. En coordinación con otros satélites de la Misión al Planeta Tierra de la NASA, el TRMM ha iniciado el proceso de comprensión de las interacciones entre el vapor de agua, las nubes y las precipitaciones, que es fundamental para regular el sistema climático. La imagen del TRMM de la izquierda muestra el perfil de precipitación del huracán Ernesto el 26 de agosto de 2006. El TRMM pone en evidencia varias torres convectivas de gran profundidad (en rojo) que culminan a 15 km. La imagen del TRMM de la derecha muestra la distribución de la tasa de precipitación de un tifón cerca de las Islas Filipinas el 14 de diciembre de 2008.



ERNESTO ES EL PRIMER HURACÁN ATLÁNTICO DE LA ESTACIÓN



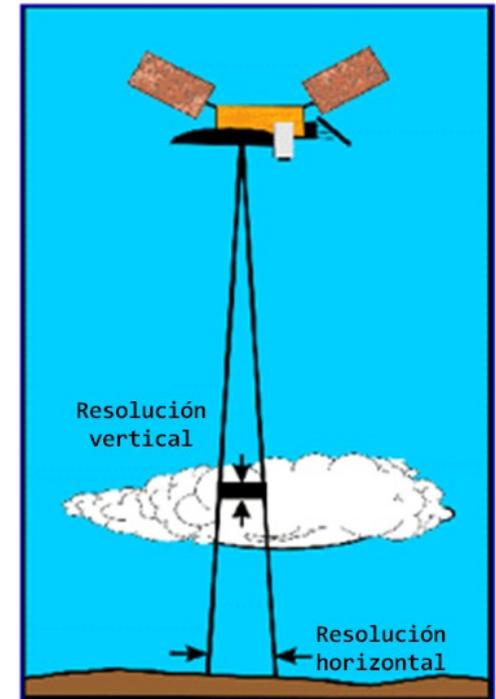
# *Radars de precipitación (continuación)*

Las siguientes mediciones tomadas durante el huracán Katrina a finales de agosto de 2005 muestran una visualización en 3D de los datos del TRRM.



# *Radares de perfil del viento*

- Proporcionan un perfil tridimensional de la reflectividad de las nubes sobre la superficie de la Tierra
- La frecuencia central de RF depende de la interacción de la superficie del océano con el campo electromagnético y su variación con el ángulo de presentación
- Antenas con lóbulos laterales muy pequeños a fin de aislar el retorno de la nube del retorno de la superficie, de mayor valor, iluminado por los lóbulos laterales
- La anchura de banda estrecha de la señal de RF proporciona las mediciones necesarias de la resolución de la célula
- La degradación admisible de la precisión de la reflectividad determina el nivel de interferencia admisible

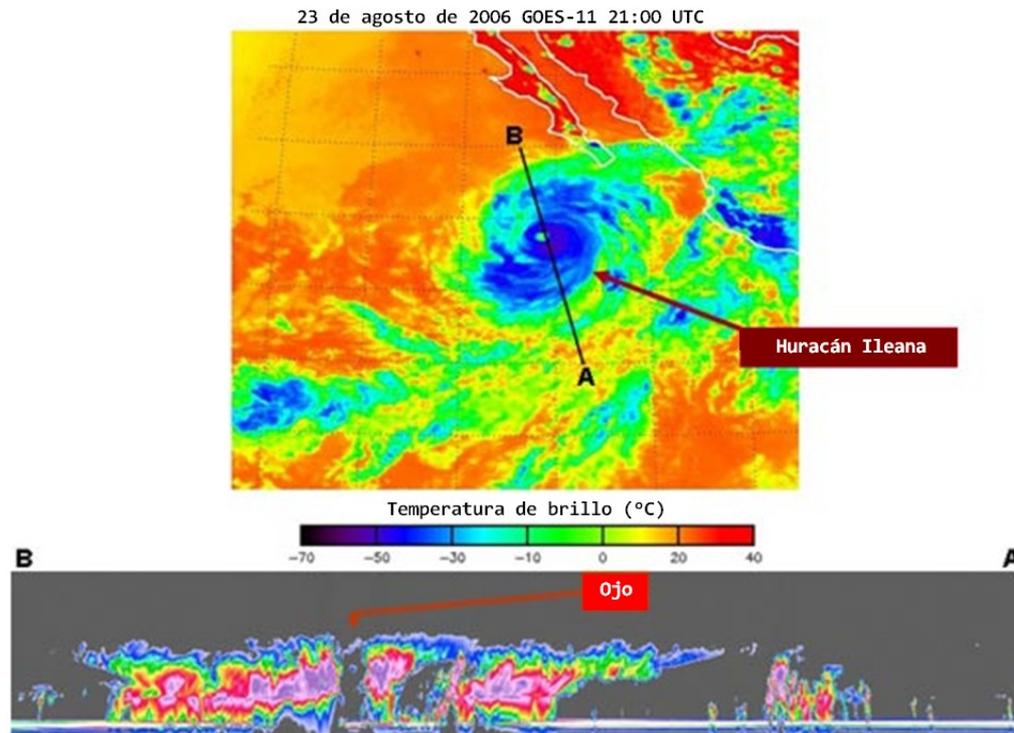


# *Radares de perfil del viento (continuación)*

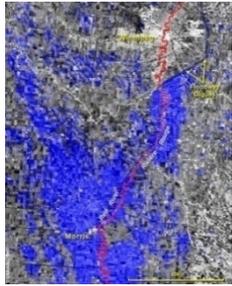
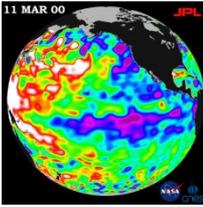
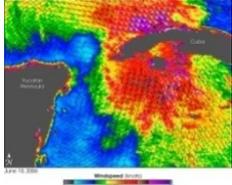
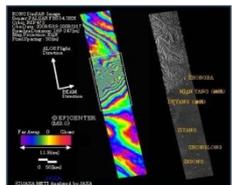
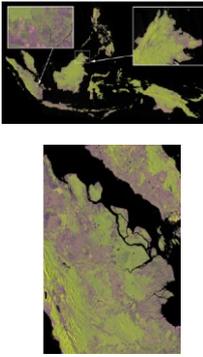
CloudSat es un radar de perfil del viento de 94 GHz orientado hacia el nadir que mide la potencia de retrodispersión de las nubes en función de la distancia al radar. La siguiente imagen del CloudSat es la de los perfiles de nubes del radar en torno al huracán Ileana el 23 de agosto de 2006. La imagen superior procede del GOES de la NOAA y muestra la tormenta desde arriba. La imagen inferior procede del CloudSat y presenta un perfil de la reflectividad de la nube en función de la distancia al radar.

Ojo del huracán Ileana

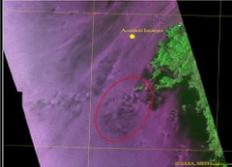
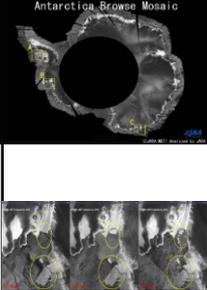
08.25.06



# Aplicaciones del SETS (activo)

Aplicación	Ejemplo	Descripción	Aplicación	Ejemplo	Descripción
Inundación		La imagen del RADARSAT muestra la zona inmediatamente al sur de Morris el 27 de abril de 1997. Las zonas de aguas estancadas aparecen en azul.	Sequía		Imagen del satélite TOPEX/Poseidon tomada el 23 de marzo de 2000 en medio del fenómeno La Niña. Las alturas de la superficie del mar normal e inferior a la normal indican temperaturas más frías.
Tormentas de gran intensidad		Datos del SeaWinds sobre la tormenta tropical Alberto el 10 de junio de 2006 en el canal de Yucatán; la imagen representa la velocidad del viento en color y la dirección del viento con pequeñas líneas.	Huracán		Datos de intensidad de lluvia obtenidos por el TRMM combinados con datos sobre el viento procedentes del SeaWinds en QuikSCAT mostrando la imagen del huracán Floyd en septiembre de 1999.
Terremoto		El PALSAR muestra el diatropismo procesando los datos de imagen del SAR extraídos de una imagen tomada el 20 de mayo de 2008 y otra imagen tomada por el PALSAR el 17 de febrero de 2008 utilizando el método de interferometría diferencial. La variación de la distancia entre el vehículo espacial ALOS y la Tierra en unos tres meses comprendidos entre el 17 de febrero y el 20 de mayo se indica mediante los colores bidimensionales en la imagen.	Masa forestal		La primera imagen del PALSAR es una combinación de colores de Rojo = polarización HH, Verde = polarización HV y Azul = polarización HH-VV. El color verdoso muestra zonas boscosas y el color púrpura representa zonas desforestadas o una zona que no es boscosa. La imagen inferior es una ampliación de un fragmento de la primera imagen.

# Aplicaciones del SETS (activo)

Aplicación	Ejemplo	Descripción	Aplicación	Ejemplo	Descripción
Derrame de crudo		La imagen del PALSAR muestra que la zona oscura en el interior del círculo rojo es un derrame de crudo. Se trata de una imagen ampliada de los alrededores del lugar del accidente, tomada utilizando una imagen polarimétrica de la observación realizada el 22 de diciembre de 2007.	Hielo		La imagen del PALSAR superior muestra un mosaico de imágenes creadas mediante los datos del PALSAR durante el periodo comprendido entre el 8 de diciembre de 2007 y el 22 de enero de 2008 (Zona B: cerca de la península de King). El área blanca es muy accidentada y el área negra es lisa. La segunda imagen muestra los cambios producidos en la región costera (Zona B) del glaciar de la isla Pine situado en el centro de la península Antártica. Imagen ampliada de la Zona B de la primera figura (a la izquierda, agosto de 2007; en el centro, enero de 2008; y a la derecha, junio de 2008). Durante un año el hielo se resquebrajó y se desplazó alejándose de la costa en la Región 1 (círculo amarillo superior). La Región 2 (círculo amarillo inferior) también muestra la capa de hielo flotante.