

Seminario de la UIT para la Región de las Américas

DETECCIÓN PASIVA

Jean PLA, Gestión de Frecuencias
CNES, Toulouse, FRANCIA
jean.pla@cnes.fr

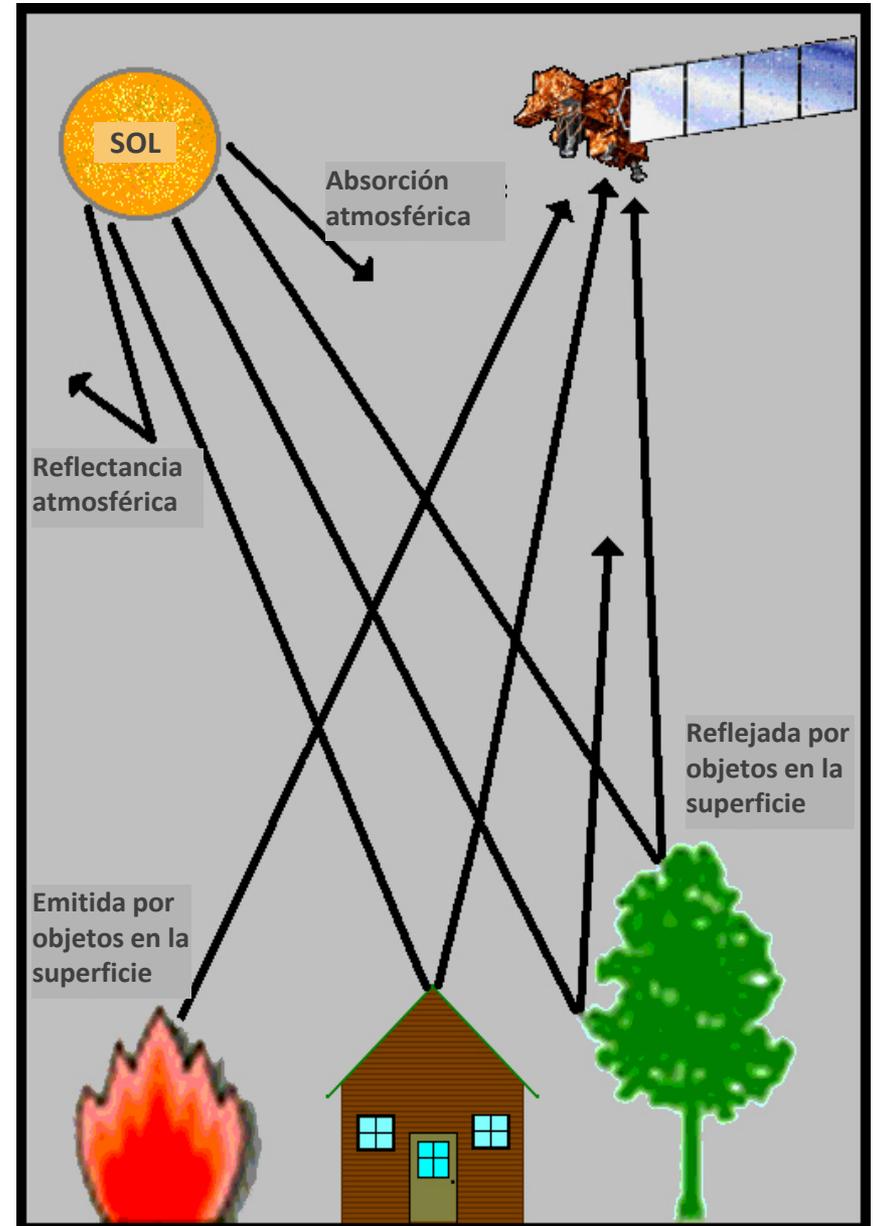
- ✓ **Teledetección**
- ✓ **Qué es la radiometría?**
- ✓ **Absorción y bandas transparentes**
- ✓ **Parámetros geofísicos**
- ✓ **Principales bandas pasivas**
- ✓ **Tipos de sensores**
- ✓ **Ejemplo de misión de detección pasiva**
- ✓ **El problema de la interferencia de radiofrecuencia**

Teledetección: arte y ciencia del registro y medición a distancia de la información sobre un fenómeno determinado.

Los instrumentos capaces de estudiar amplias zonas de la superficie de la Tierra y de la atmósfera se conocen con el nombre de teledetectores.

Un **sensor activo** transmite una señal que se refleja en una superficie y es recibida por un sensor. Estos **sensores se emplean para altimetría, detección de nubes o imaginería.**

Un **sensor pasivo** necesita una fuente de energía externa: el Sol, la Tierra o la atmósfera. Estos **sensores generalmente detectan longitudes de onda de energía reflejada y emitida por un fenómeno natural.**



¿QUÉ ES LA RADIOMETRÍA (1/2)?

Radiómetro = instrumento que mide una temperatura de brillo.

Un **cuerpo negro** absorbe toda la radiación electromagnética incidente y radia la máxima energía posible. Un cuerpo negro constituye un radiador perfecto.

La temperatura de brillo se define con la temperatura a la que debería estar un cuerpo negro para producir la radiancia percibida por el sensor.

Dependiendo de la naturaleza de la fuente de radiación y de toda absorción subsiguiente, la temperatura de brillo depende de la longitud de onda de la radiación.

En **bandas de microondas seleccionadas**, los sensores pasivos a bordo de satélite capturan la radiación emitida por la Tierra, para su atmósfera o para los objetos situados en la superficie de la Tierra, tales como la vegetación, el suelo o el agua.

Ventajas de las microondas = *capacidad relativa para penetrar en las nubes, la neblina, las precipitaciones y los materiales de la superficie tales como la nieve y el hielo.*

QUÉ ES LA RADIOMETRÍA (2/2)?

Los objetos reales no son radiadores perfectos y puede denominárseles **cuerpos grises**:

Los objetos reales radian menos energía que un cuerpo negro

La **emisividad ε** (entre 0 y 1) es la relación entre la energía radiada por un objeto y la energía de un cuerpo negro a la misma temperatura.

La Emisividad depende de la constante dieléctrica del objeto, de la rugosidad de la superficie, de la temperatura, de la longitud de onda, del ángulo de observación, etc.

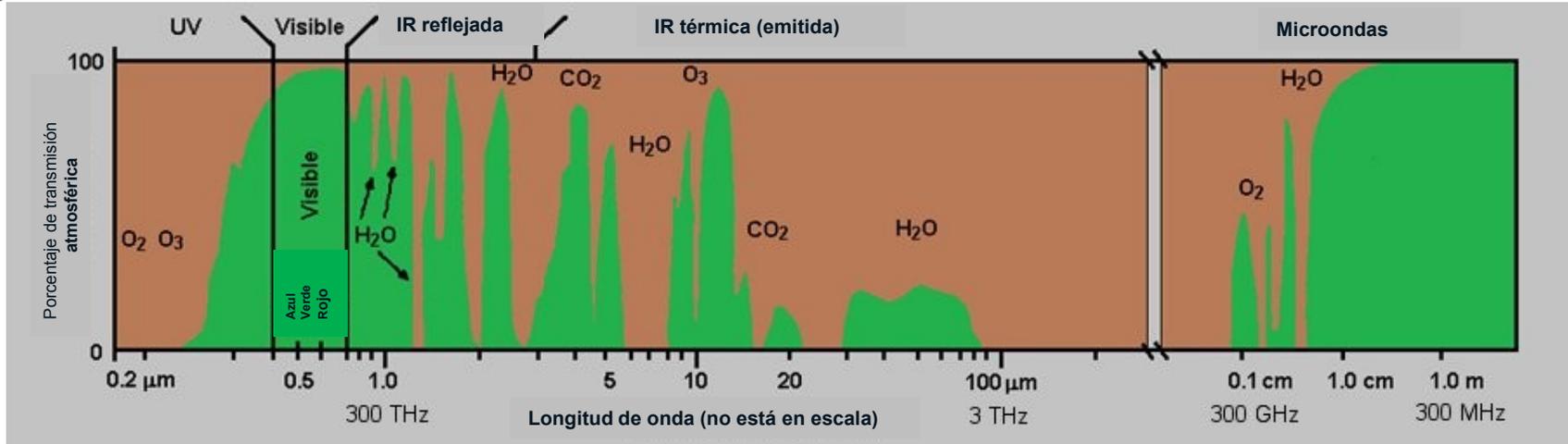
La relación entre la temperatura de un cuerpo negro observada por el sensor (T_B) y la temperatura física del objeto observado (T) es por tanto: **$T_B = \varepsilon T$** .

Los Océanos y los lagos presentan un bajo valor de radiancia. **Las zonas de tierra** tienen una radiancia más elevada pero también más variable debido a la textura y composición de los objetos.

Los componentes de la atmósfera pueden modificar la temperatura de brillo:

- la energía procedente de la Tierra y captada por el sensor puede disminuir a causa de la absorción y dispersión atmosféricas.
- la energía recibida puede ser superior debido a la emisión térmica procedente de los componentes atmosféricos.

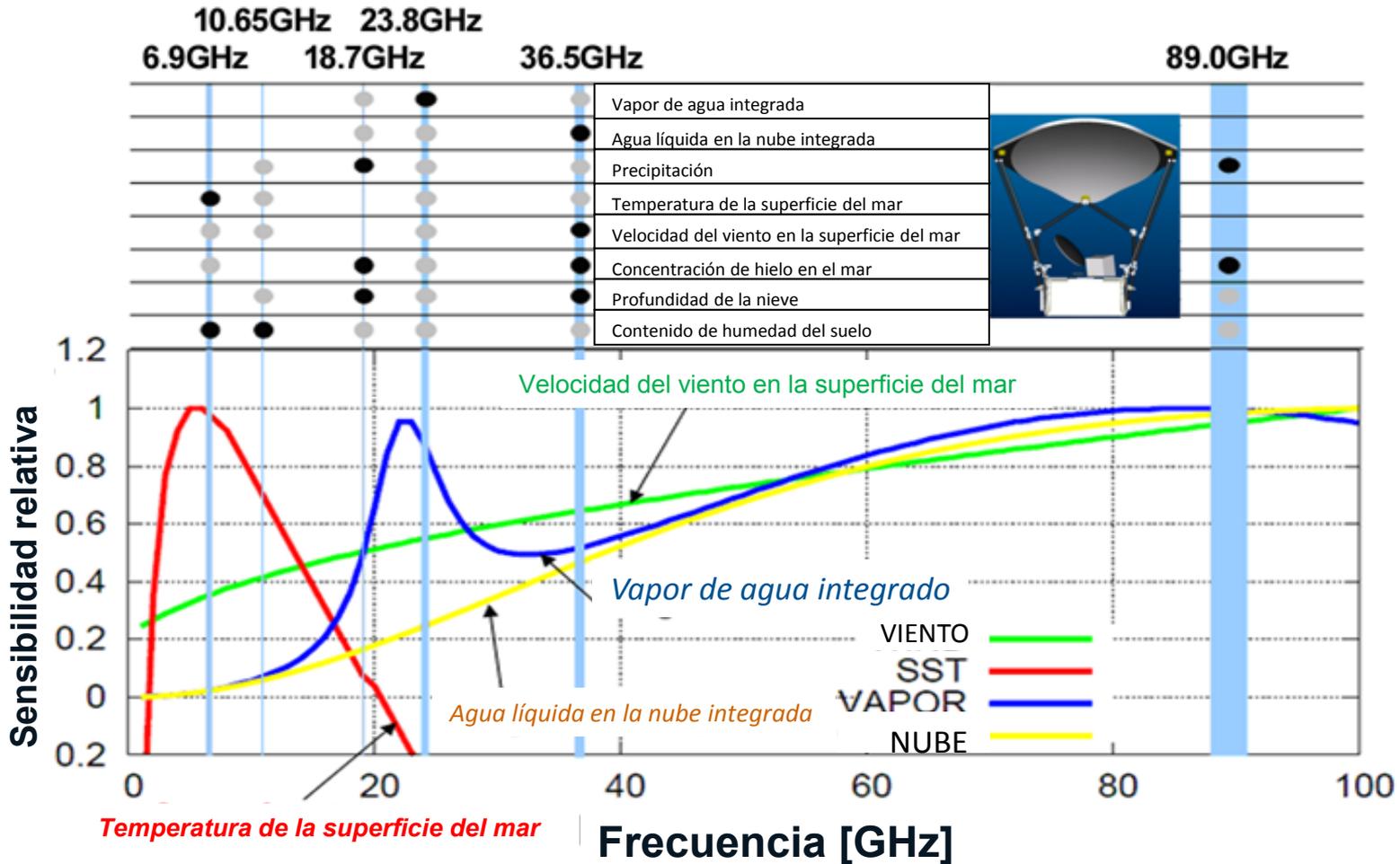
Absorción y bandas transparentes (canales ventana)



Las bandas de absorción (en marrón) son zonas del espectro electromagnético en las que las radiaciones son absorbidas por los gases atmosféricos tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el ozono. Estas bandas de absorción son **útiles para el conocimiento de la atmósfera**.

Las bandas transparentes (en verde) son zonas del espectro electromagnético en las que la **atmósfera es transparente** (poca o ninguna absorción de energía) en longitudes de onda específicas. Estas bandas de longitudes de onda se conocen con el nombre de **"ventanas atmosféricas"**. En estas ventanas **se utilizan los sensores para recopilar información sobre los fenómenos producidos en la Tierra**.

Sensibilidad de la temperatura de brillo a los parámetros geofísicos sobre la superficie del océano



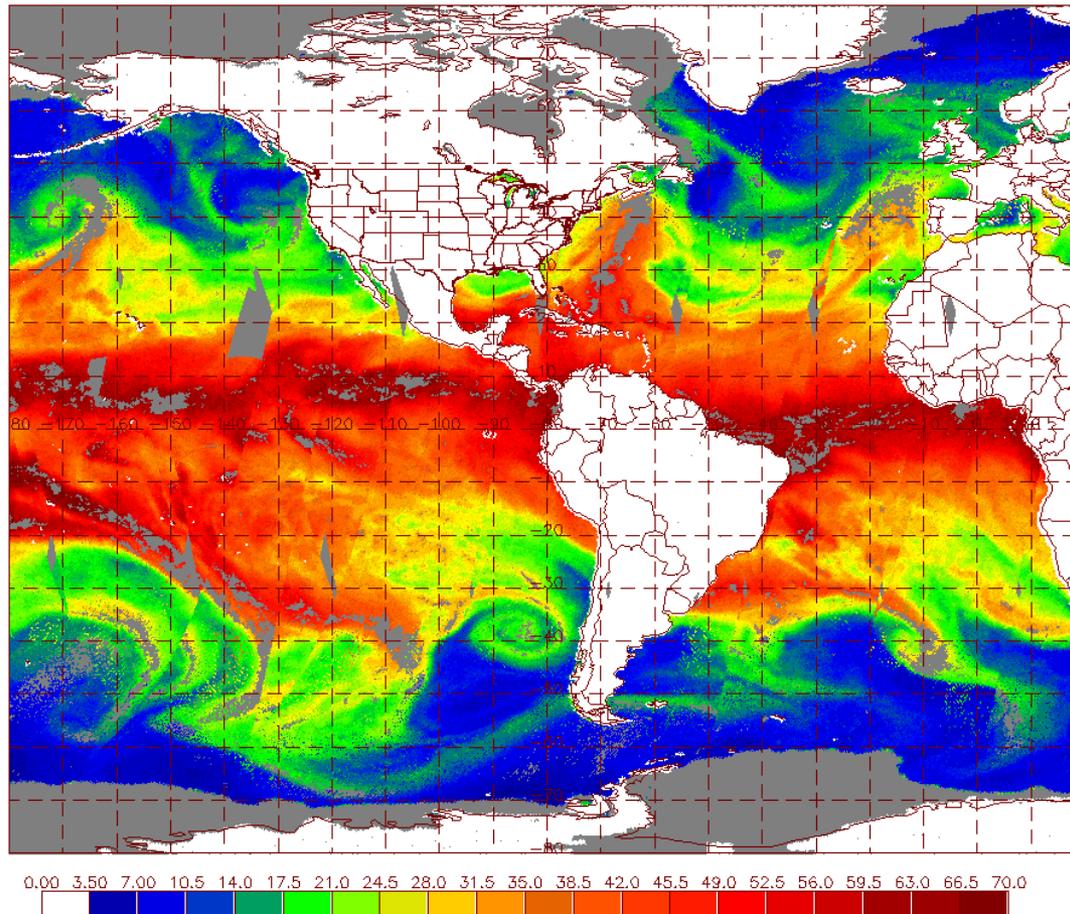
PRINCIPALES BANDAS DE FRECUENCIA PASIVA por debajo de 100 GHz

1400-1427 MHz	salinidad (océano), <i>humedad del suelo</i> (tierra)
10,6-10,7 GHz	lluvia, nieve, hielo, estado del mar, viento oceánico
23,6-24 GHz	contenido total de vapor de agua
31,3-31,5 GHz	efectos acumulados más bajos debidos la oxígeno y al vapor de agua en las proximidades de la banda 50 GHz. Canal de ventana óptimo para observar la superficie de la Tierra: <u>referencia para otros canales.</u>
36-37 GHz	agua líquida de la nube , estructura de la vegetación, rugosidad de la superficie
50,2-50,4 GHz	perfil de la temperatura
52,6-59,3 GHz	banda de absorción del oxígeno
86-92 GHz	vapor de agua

Ejemplo de imágenes del SETS (pasivo): mapa atmosférico

SSM/I Water Vapor, kg/m**2 4/27/2003 12 EST

vapor de agua global:
86-92 GHz



Resolución radiométrica

Definición general: Resolución Espacial de los Sensores: se refiere al **tamaño del fenómeno más pequeño posible que puede detectarse**

Para los sensores pasivos de microondas esta definición es la siguiente: **cambio más pequeño en la *temperatura de brillo o radiancia* de entrada que puede detectarse a la salida del sistema.**

$$\Delta T_b = \frac{\alpha T_s}{\sqrt{B\tau}}$$

donde:

B: anchura de banda del receptor (Hz)

t: tiempo de integración (s), que depende principalmente de la órbita del satélite

a: constante del sistema receptor (depende de la configuración y del tipo de radiómetro)

Ts: temperatura de ruido del sistema receptor (K)

Los instrumentos espaciales tienen sensibilidades típicas comprendidas entre 0,05 y 3 grados K.

DOS TIPOS DE SENSORES PASIVOS

① Sensores pasivos cónicos

Los sensores pasivos de exploración cónica giran en torno a la dirección del nadir **para mantener un ángulo de incidencia en el suelo constante a lo largo de todas las líneas de exploración.**

Las huellas permanecen de tamaño constante.

Las características geométricas típicas son las siguientes (para una altitud de 850 km):

Ángulo de incidencia en el suelo en torno a 52° (por motivos de polarización).

Semiángulo en el vértice del cono 44° con respecto a la dirección del nadir

Zona útil de exploración: 1600 km

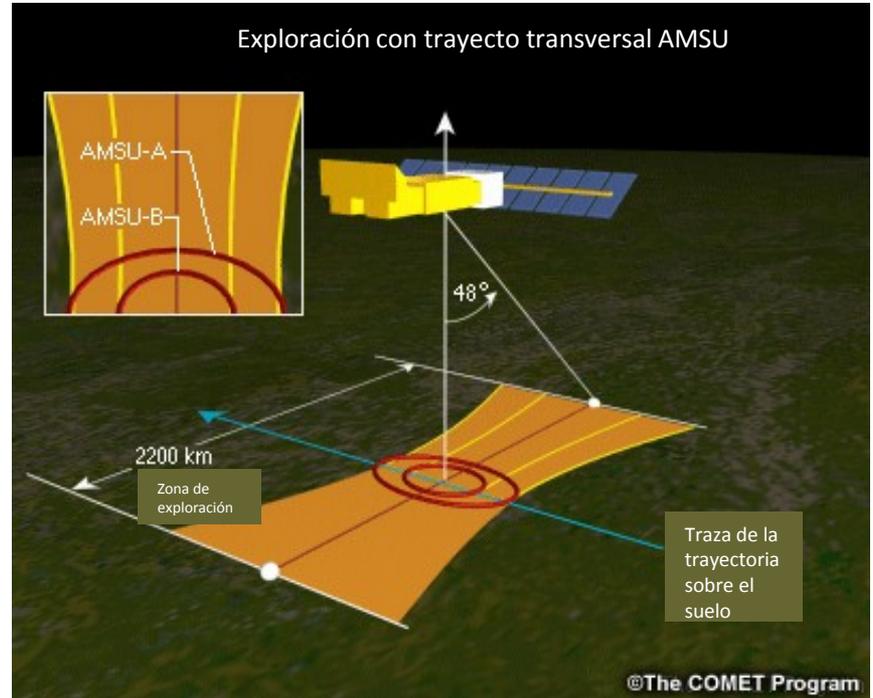
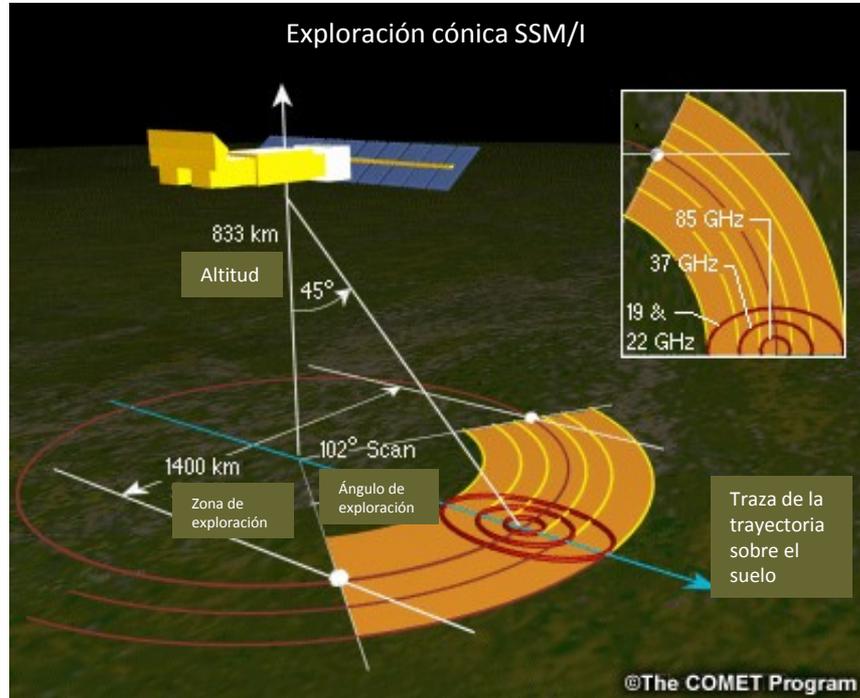
Tamaño del pixel variable con la frecuencia y con el tamaño de la parábola, normalmente desde 60 km a 6.8 GHz hasta 5 km a 89 GHz para una parábola 1,5 m de diámetro.

② Sensores pasivos del nadir

Realizan una exploración de la Tierra en una serie de **líneas que son perpendiculares a la dirección del movimiento de la plataforma del sensor** a través de la zona de exploración .

Cada línea se explora desde un lado del sensor al otro, utilizando una antena giratoria. **A medida que la plataforma se desplaza sobre la Tierra, los barridos de exploración sucesivos crean una imagen bidimensional de la superficie de la Tierra o de las capas de la atmósfera.**

GEOMETRÍA DE UN SENSOR PASIVO



Humedad del suelo y salinidad del océano (SMOS): ejemplo de una misión de detección pasiva

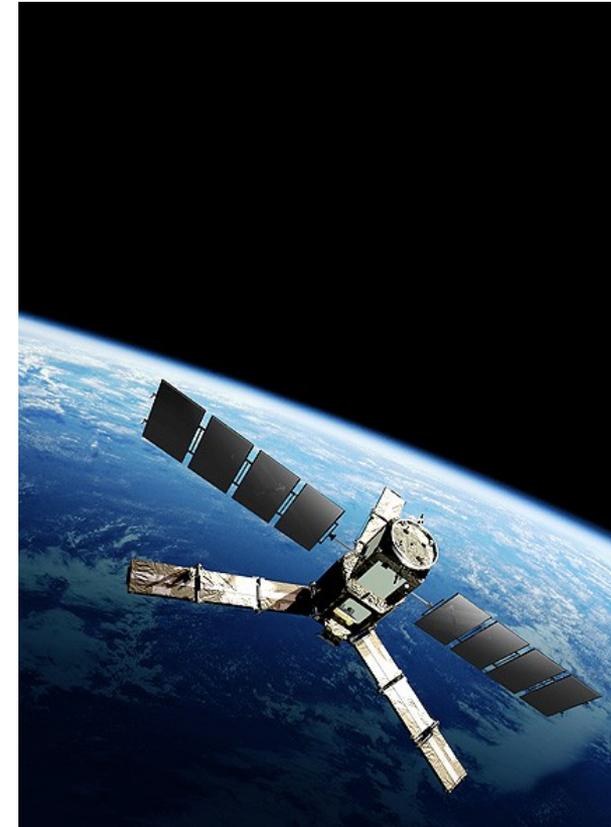
Primera observación global de la **humedad del suelo** y de la **salinidad de los océanos** (la **salinidad es fundamental para determinar la densidad y circulación de los océanos**).

El instrumento es un radiómetro de microondas que funciona entre **1400 y 1427 MHz** (banda-L).

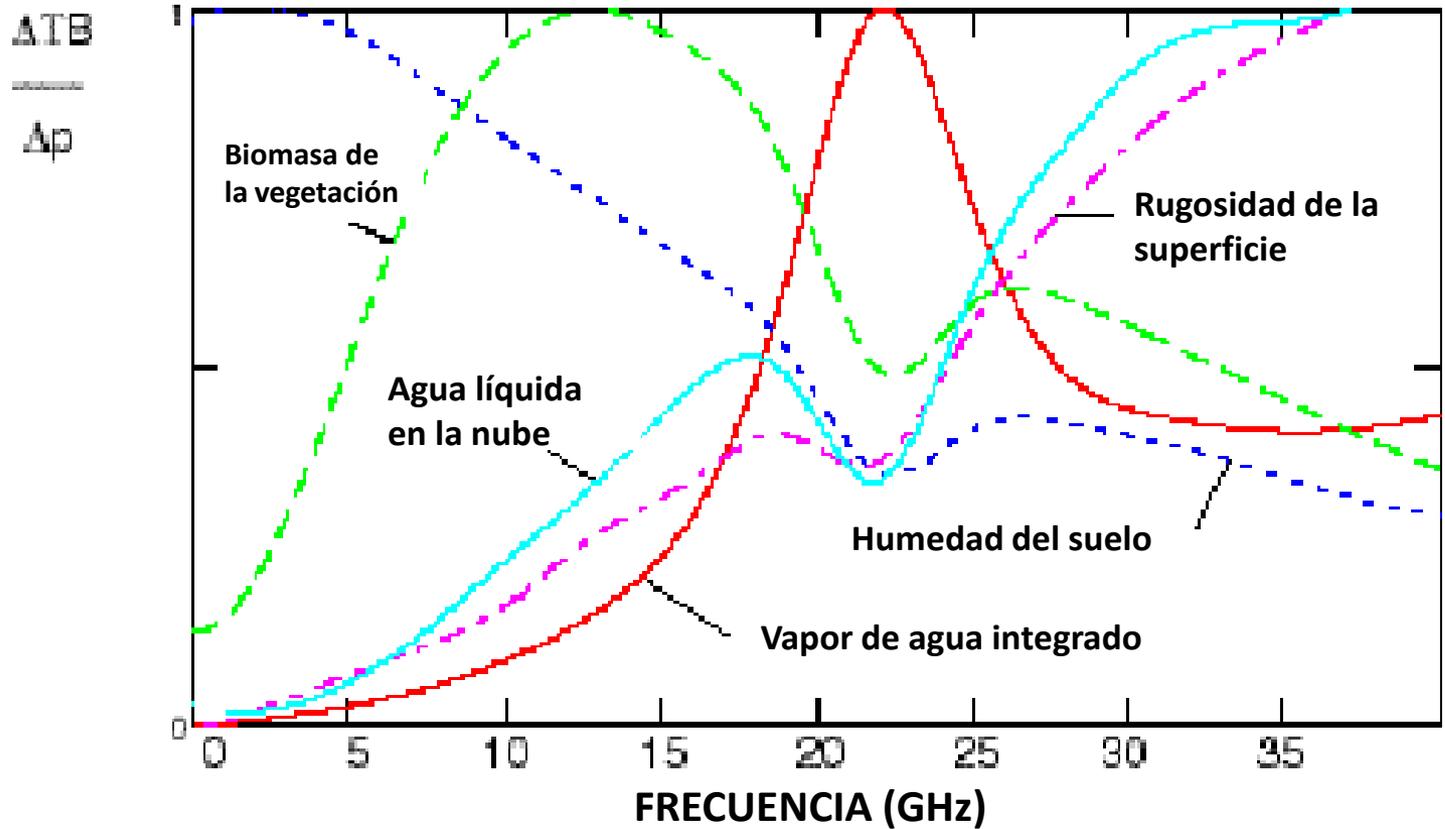
La órbita del satélite, los instrumentos y el procesamiento de los datos están diseñados para proporcionar datos cada tres días con una resolución de 35–50 km.

La precisión requerida en las observaciones de la salinidad de los océanos se ha fijado a **0,1 psu** cada 10 días para una resolución espacial de 200 km.

unidad de salinidad práctica, 1 psu= 1 g de sal en 1 kg de agua marina

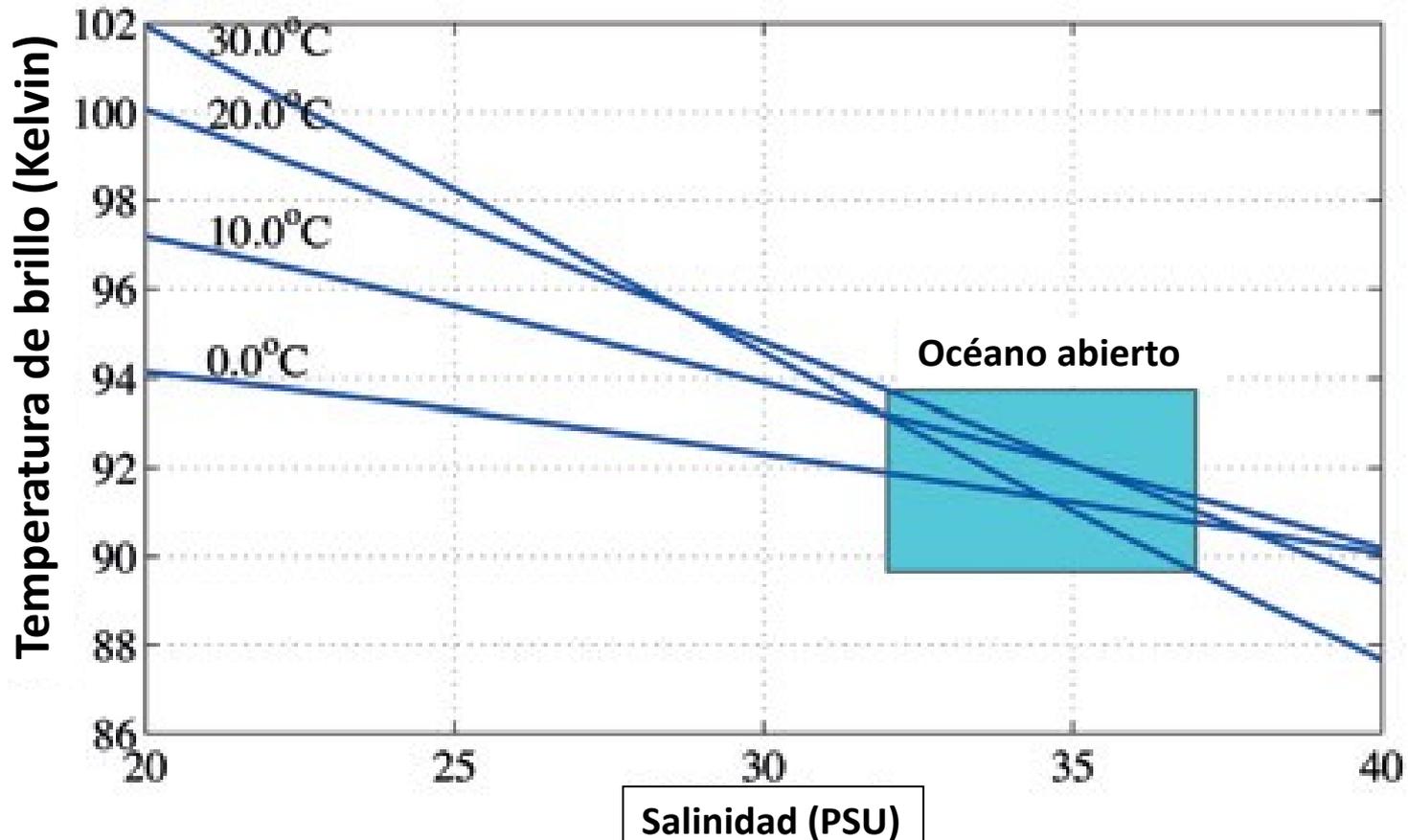


POR QUÉ LA BANDA 1400-1427 MHz para medir la humedad del suelo?



SALINIDAD DEL MAR: TEMPERATURA DE BRILLO en función de la Temperatura y la salinidad del mar

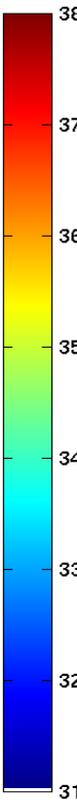
Temperatura de brillo en la banda de frecuencias 1400-1427 MHz
La salinidad típica es 35 psu



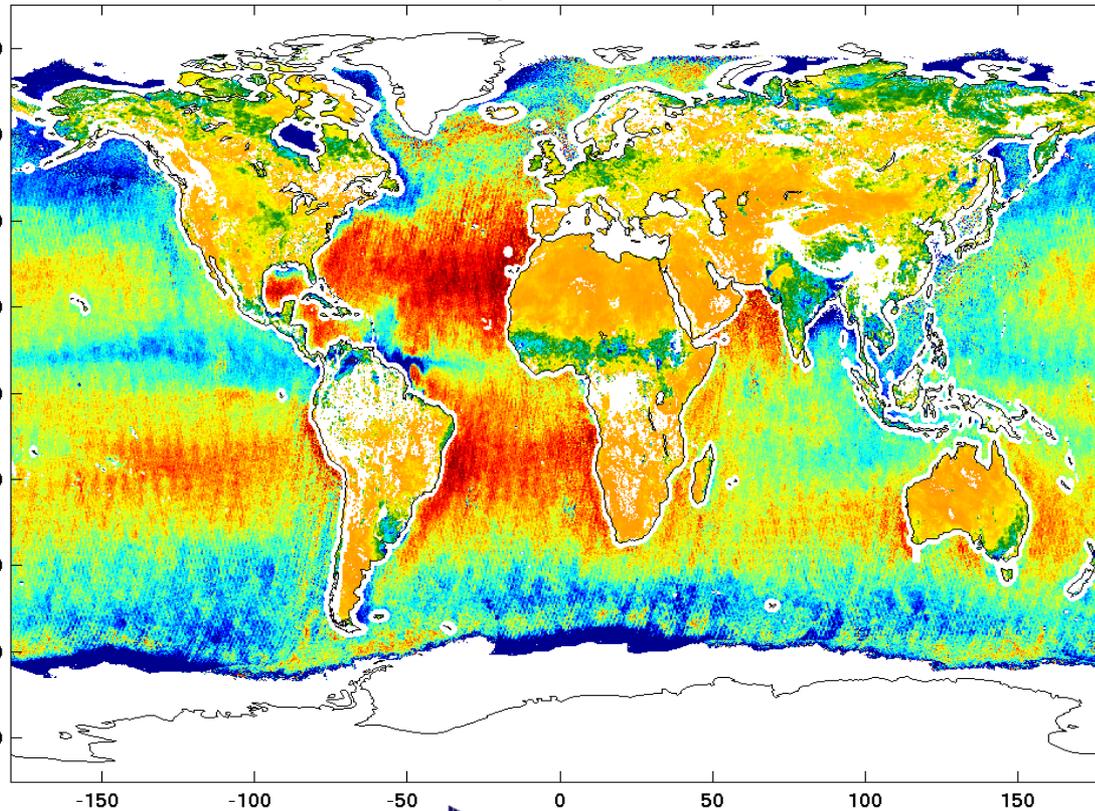
HUMEDAD DEL SUELO Y SALINIDAD DE LA SUPERFICIE DEL MAR



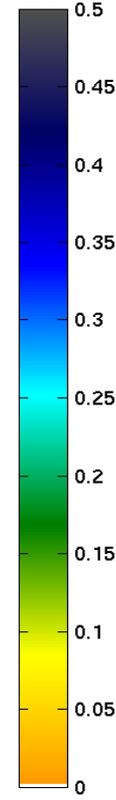
SSS



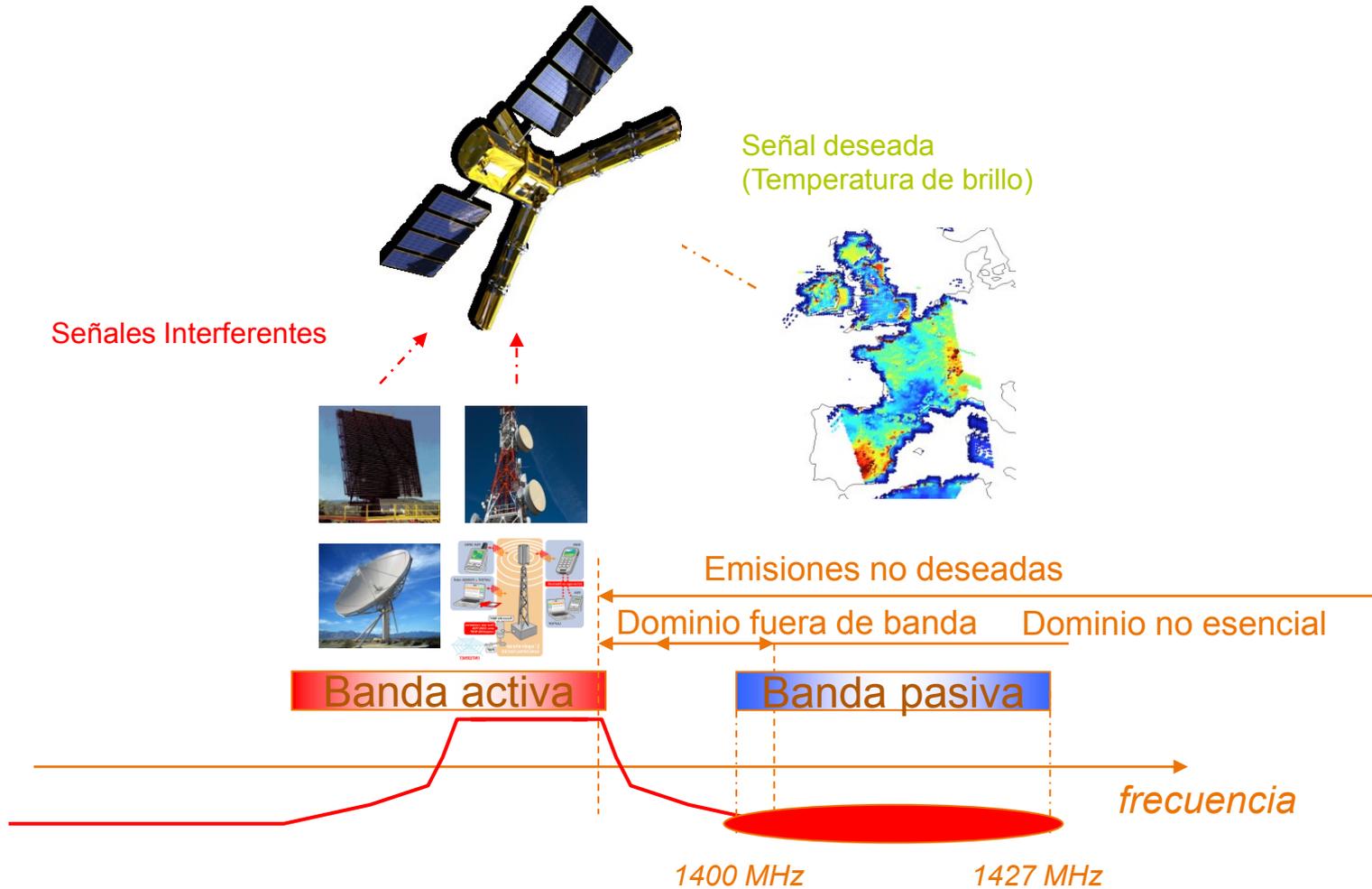
Agosto 2010



SM



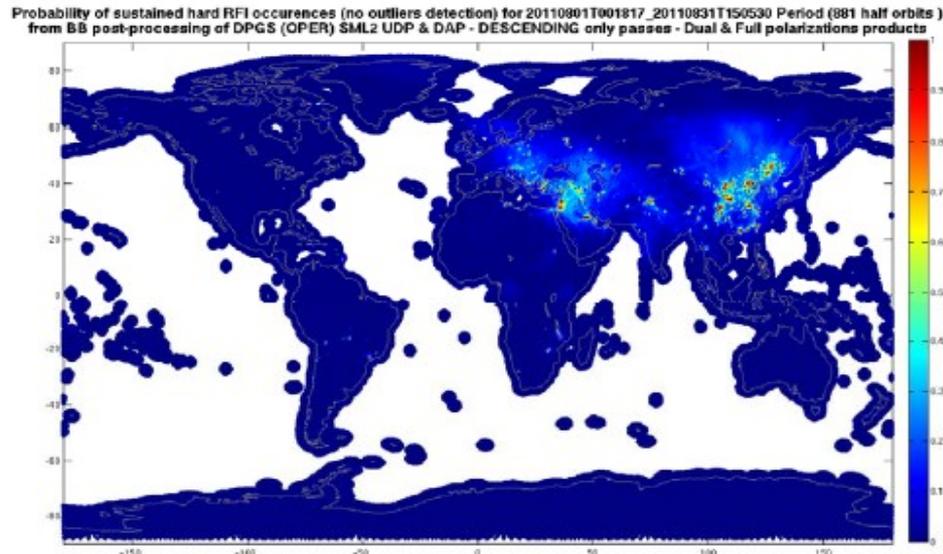
SMOS RFI: banda 1400-1427MHz



SMOS RFI Mapa de probabilidad de contaminación

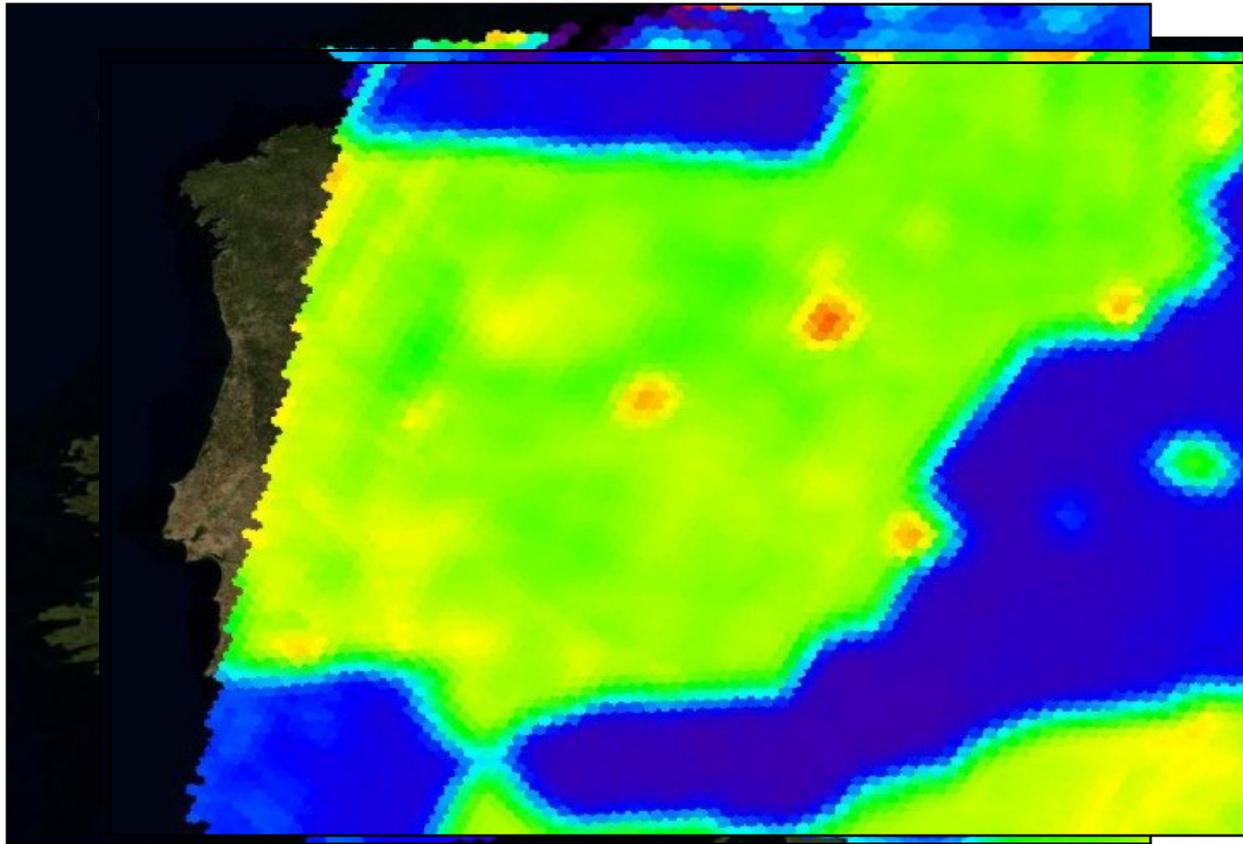
- Identificación, geolocalización y caracterización de las fuentes de interferencia de radiofrecuencia (RFI) (actualmente pueden detectarse y localizarse los emisores de RFI con una precisión de hasta 5km)
- Como resultado de una acción conjunta a escala mundial, y gracias al compromiso y cooperación de las Administraciones nacionales implicadas, la hipótesis SMOS RFI ha mejorado considerablemente en los últimos dos años
- Sin embargo, aún se han observado más de 300 RFI en la banda pasiva 1400-1427 MHz en todo el mundo

Probability of RFI occurrences at the beginning of the mission
(mid February 2010 until mid March 2010) for DESCENDING passes



After Launch (early 2010)

Algunos ejemplos de supresión de la RFI SMOS



¿Qué es la RFI ?

Las fuentes de RFI observadas por el satélite SMOS pueden agruparse en dos categorías principales:

emisiones dentro de banda ilegales en el interior de la banda protegida
emisiones no deseadas excesivas procedentes de sistemas que funcionan en bandas adyacentes

Existen tres categorías de RFI recibidas por un sensor pasivo :

Elevados niveles de RFI que son **evidentemente incoherentes con la radiación natural**. Por consiguiente, pueden detectarse pero se pierden las correspondientes mediciones.

Niveles muy bajos de RFI inferiores a los criterios de protección: no pueden detectarse mediante sensores pasivos a bordo y, por tanto, no repercuten en los productos de salida.

Bajos niveles de RFI que **no pueden discriminarse de las radiaciones naturales:** representan un problema muy serio ya que los datos degradados podrían considerarse válidos.

REGLAMENTO DEL UIT-R

RESOLUCIÓN 750 (CMR-2007) Compatibilidad entre el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) y los servicios activos pertinentes .../..

5.340 «**Se prohíben todas las emisiones en las siguientes bandas:** 1400-14,7 MHz, 10,68-10,7 GHz, 23,6-24 GHz, 31,3-31,5 GHz, 50,2-50,4 GHz, 86-92 GHz»

Artículo 29bis y RESOLUCIÓN 673 (Rev. CMR-12): **Importancia de las aplicaciones de radiocomunicaciones para la observación de la Tierra**

CONCLUSIONES

1. Actividades de observación de la Tierra: basadas en la importancia esencial y cada vez mayor de la detección pasiva por microondas. **El funcionamiento de los satélites en bandas pasivas sin degradación debida a la interferencia de radiofrecuencia (RFI) es esencial. Las bandas de frecuencia pasivas, elegidas al efecto, están bien definidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).**

2. Aplicaciones de la utilización operacional de los sensores pasivos: meteorología, climatología y cambio climático. **El cambio climático se ha convertido en una realidad** y los datos acumulados durante años muestran que el clima se está calentando a escala mundial. La climatología se basa cada vez más en la tecnología espacial. **La observación de la Tierra proporciona una serie de mediciones precisas en todo el mundo que determina la escala de los fenómenos climáticos planetarios.**

3. Supresión de la interferencia: **se trata de una de las prioridades del UIT-R (constitución).**