

Introducción: Uso de imágenes Satelitales para aplicaciones en la aviación

José Manuel Gálvez¹

con la colaboración de Cintia Espinola² y Alejandro Coronel³

1 AXIOM for WPC/NWS/NOAA, College Park, Maryland

2 DMH/DINAC, Asunción Paraguay

Lima, 22 de noviembre de 2022

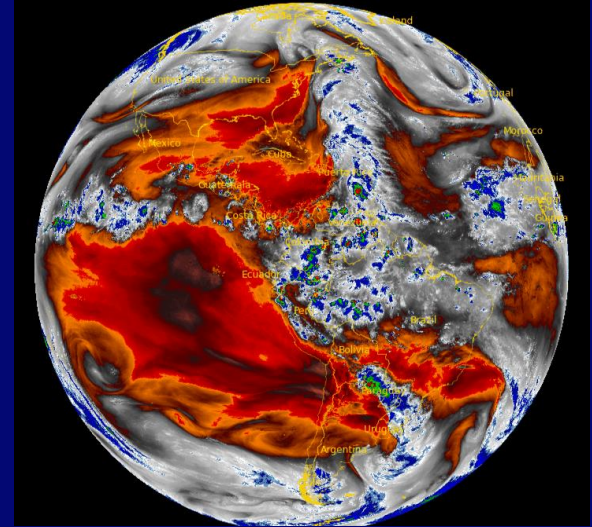
Introducción

- El objetivo del taller es compartir y discutir ideas sobre la optimización del uso de imágenes Satelitales para la optimización de la generación de mensajes SIGMET, AIRMET y GAMET.
- Con la generación actual de satélites, la generación GOES-R (GOES 16, 17, 18 y 19), podemos detectar un mayor número de fenómenos presentes con mayor resolución espacial y temporal con respecto a la generación anterior.
- El foco del taller va a ser en aplicaciones para la detección de tormenta severa, turbulencia por onda de montaña y de aire claro; y litometeoros (humo por incendios y ceniza principalmente).

Introducción

De las imágenes disponibles, las de satélite geoestacionario (GOES-16) son las que nos interesan por su capacidad de medir el estado actual de la atmósfera y transmitirlo de modo continuo, con alta frecuencia y con poca latencia:

- 1) Miden la evolución actual con resolución temporal de 10 minutos para el Full Disk o globo completo).
- 2) Tienen una latencia de minutos (están disponibles para el usuario pocos minutos luego del tiempo de medición)



Latencia: Tiempo que toma en llegar el dato medido al usuario.

Depende de la fuente de transmisión, que depende del servicio meteorológico o institución que genera las imágenes disponibles para los pronosticadores.

Revisión de Conceptos

Detección de estructuras en la tropósfera con satélites

- Los satélites miden radiación que proviene del sistema tierra-atmósfera en forma de ondas de diferentes longitudes.
- La mayor parte de la información proviene de la tropósfera y superficie, ya que la baja densidad de las capas superiores limita la interferencia.
- Para aplicación

Espectro Solar vs Terrestre

Diagrama idealizado de:

- Radiación Solar: pico alrededor de los 0,5 μm
- Radiación terrestre: pico alrededor de los 10 μm

Ley de Wien

$$\lambda_{\text{peak}} = \frac{b}{T}$$

La longitud de onda λ de emission es función de la temperatura del cuerpo T. b =constante.

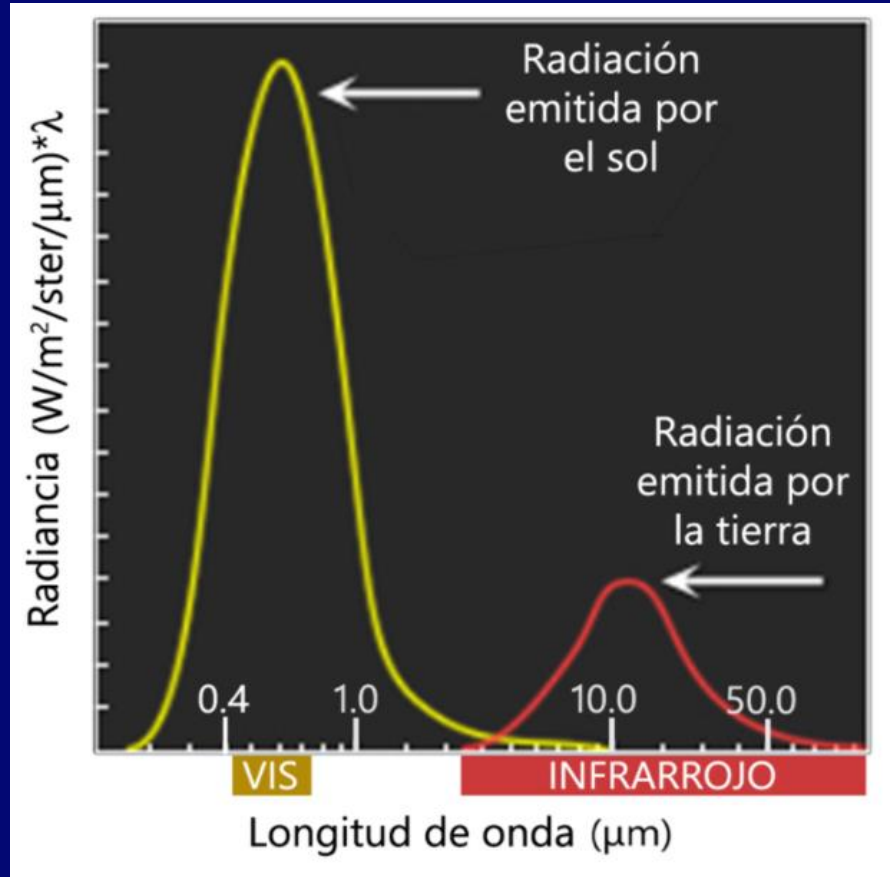
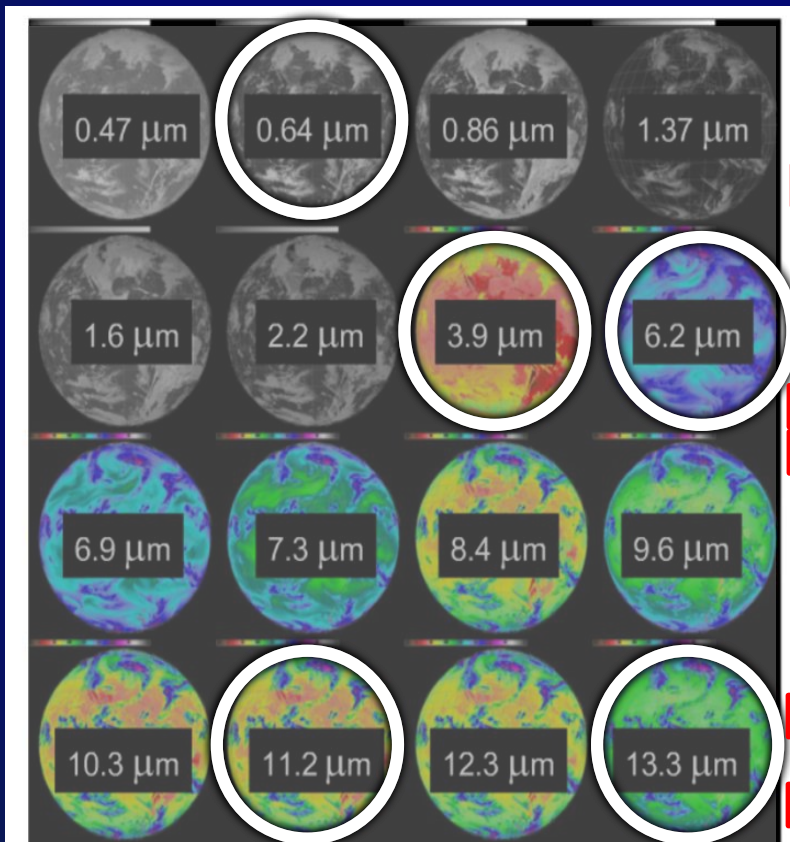


Diagrama de COMET
Forecaster's Multimedia
Library: Satellite
Meteorology: Remote
sensing Using the New
Goes Image

M.E.Pestaina-Jeffers
CIMH, Barbados

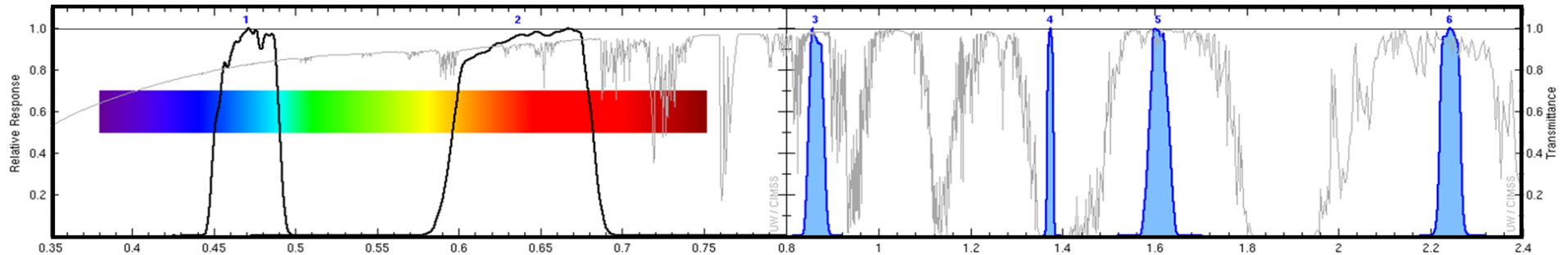
Bandas del GOES-16 y Aplicaciones



Banda	Longitud de onda central (μm)	Resolución (km)	Principales Aplicaciones
1	0.47	1	Visible Azul: Sensible a dispersión por aerosoles.
2	0.64	0.5	Visible Rojo: Canal que conocemos.
3	0.86	1	IR Cercano: Vegetación reflectiva, inundaciones extensivas.
4	1.37	2	IR Cercano: Absorción por vapor de agua. Detecta nubes altas.
5	1.61	1	IR Cercano: Nieve y hielo más oscuros que agua líquida. Detección de engelamiento.
6	2.24	2	IR Cercano: Detección de incendios. Tamaño de partículas nubosas.
7	3.9	2	IR de Onda Corta: Incendios, nubes bajas, temperatura superficial.
8	6.2	2	IR: Vapor de agua de nivel alto.
9	6.9	2	IR: Vapor de agua de nivel medio.
10	7.3	2	IR: Vapor de agua de nivel medio-bajo. SO ₂ .
11	8.4	2	IR: SO ₂ y fase del tope de nubes.
12	9.6	2	IR: Ozono.
13	10.3	2	IR Lejano: Ventana de onda larga "limpia". Temperatura de topes.
14	11.2	2	IR Lejano: Ventana de onda larga.
15	12.3	2	IR Lejano: Ventana de onda larga "sucia".
16	13.3	2	CO ₂ .

Bandas del GOES-16 y Aplicaciones

Bandas reflectivas del ABI y transmitancia atmosférica



Longitud de onda (λ)



0.47μm
AZUL



0.64μm
ROJO (VISIBLE)



0.86μm
VEGETACION
REFLECTIVA



1.37μm
"CIRRUS"
(ABSORCION
POR VAPOR
DE AGUA)

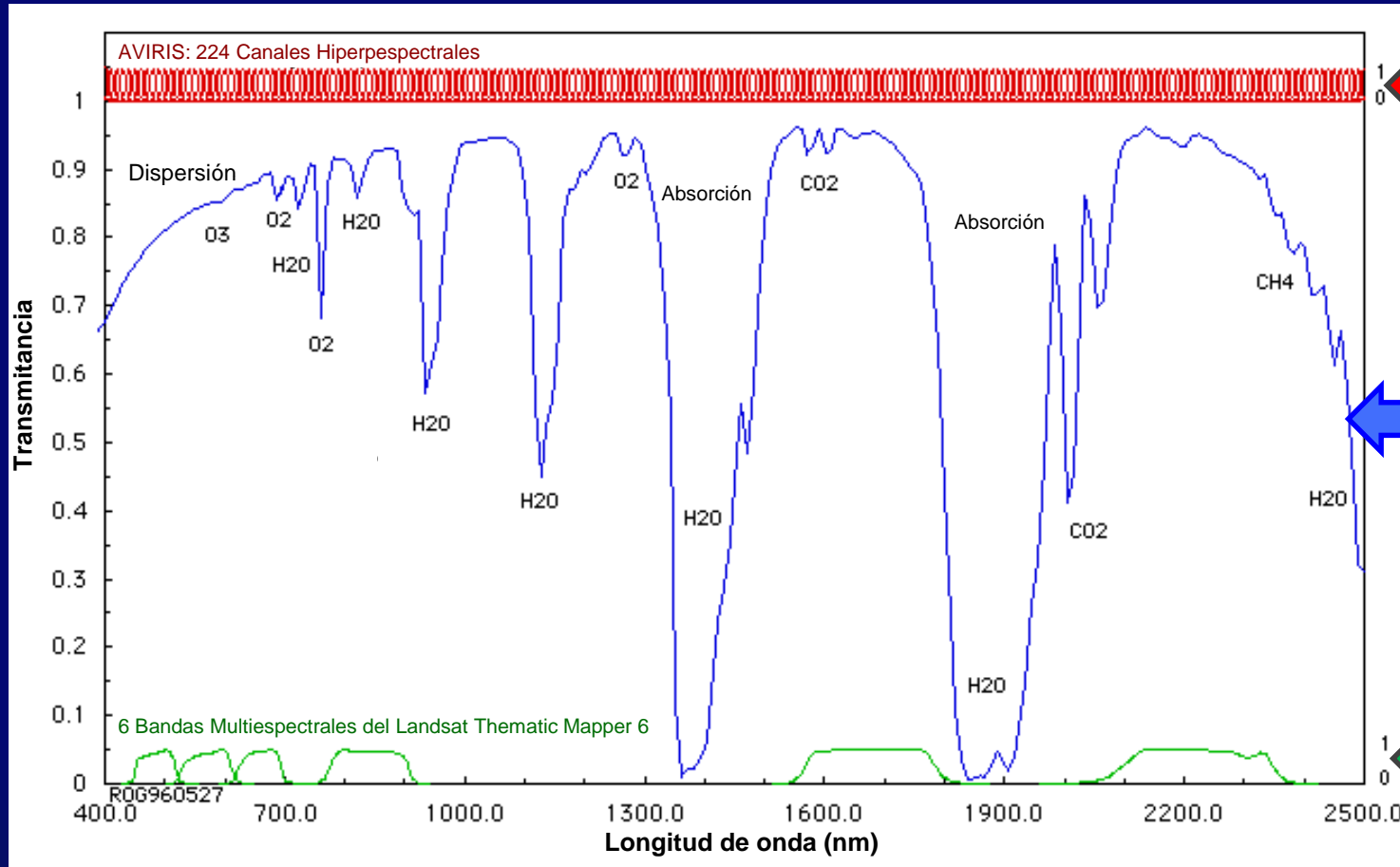


1.61μm
HIELO (NIEVE Y
HIELO MENOS
REFLECTIVOS),
FUEGOS



2.2μm
FUEGOS Y
MICROFISICA.
HIELO MENOS
REFLECTIVO.

Alta Resolución Espectral: Espectro visible e infrarrojo cercano



AVIRIS: Alta Resolución espectral

Curva de transmitancia atmosférica

Landsat: Bandas multiespectrales

Cómo convertir Radiancias a Temperaturas de Brillo

"Crudo" ► Radiancia ► Temperatura
(no-lineal) nivel 1b ► nivel 2

Función inversa de Planck: Temperatura = $B^{-1}(R)$

$$T_{\text{eff}} = (c_2 \nu) / \ln [1 + (c_1 \nu^3) / R]$$

donde:

T_{eff} = temperatura efectiva del cuerpo negro

$c_1 = 1.191066 \text{ E-5 m W / (m}^2 \text{ sr cm}^{-1})$

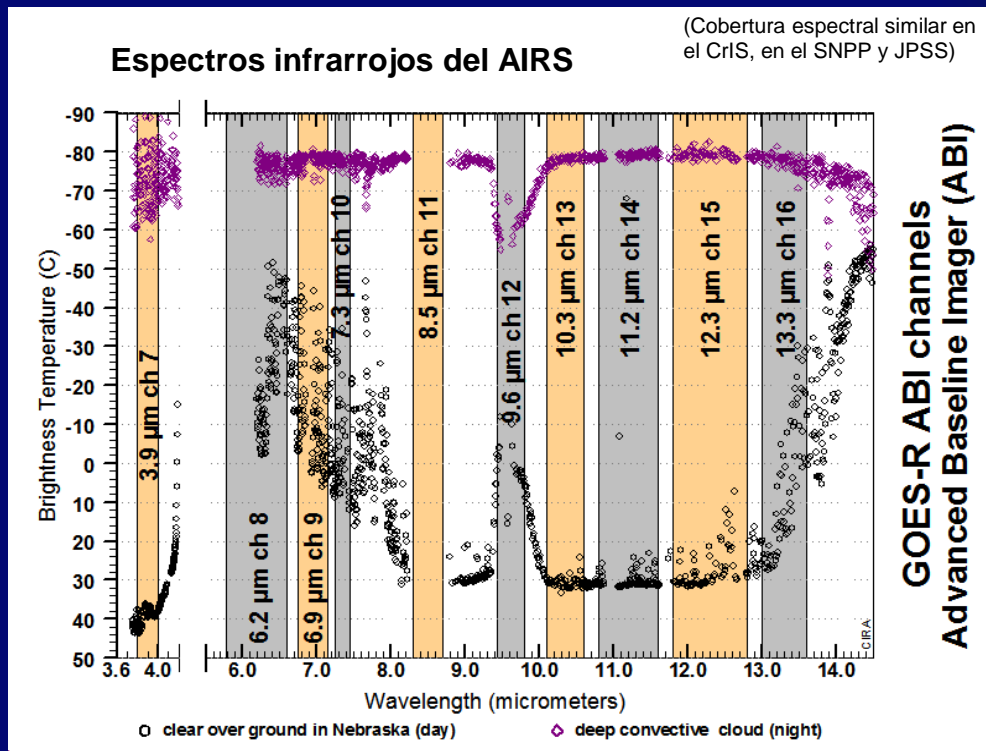
$c_2 = 1.438833 \text{ K / cm}^{-1}$

ν = número de onda central del canal

R = radiancia ($\text{mW}/(\text{m}^2 \text{ sr cm}^{-1})$)

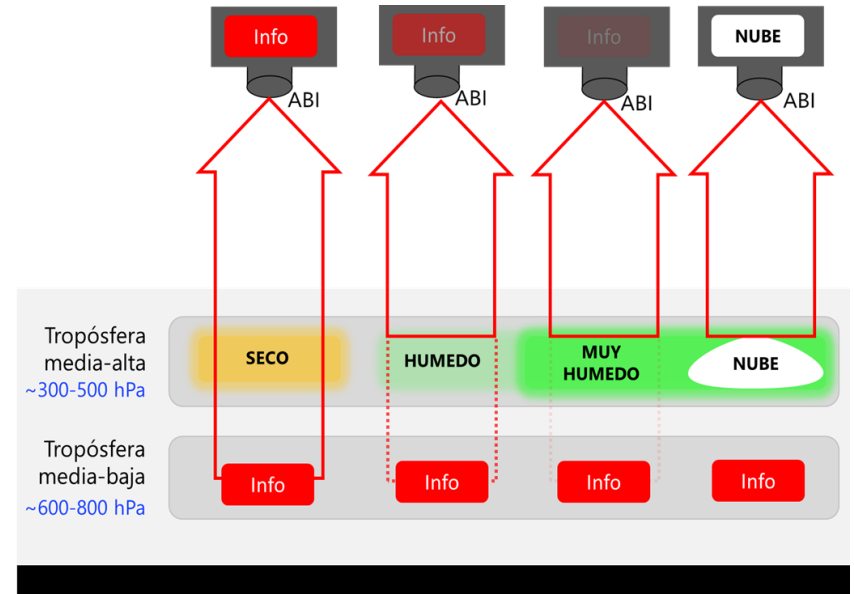
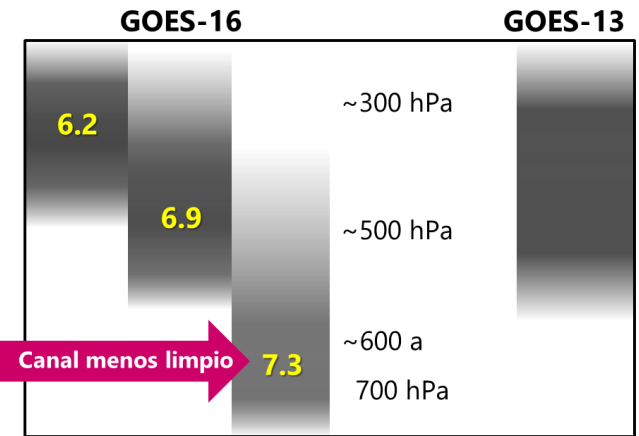
Bandas del GOES-16 y Aplicaciones

Banda	Longitud de onda central (μm)	Resolución (km)	Principales Aplicaciones
7	3.9	2	IR de Onda Corta: Incendios, nubes bajas, temperatura superficial.
8	6.2	2	IR: Vapor de agua de nivel alto.
9	6.9	2	IR: Vapor de agua de nivel medio.
10	7.3	2	IR: Vapor de agua de nivel medio-bajo. SO ₂ .
11	8.4	2	IR: SO ₂ y fase del tope de nubes.
12	9.6	2	IR: Ozono.
13	10.3	2	IR Lejano: Ventana de onda larga "limpia". Temperatura de topes.
14	11.2	2	IR Lejano: Ventana de onda larga.
15	12.3	2	IR Lejano: Ventana de onda larga "sucia".
16	13.3	2	CO ₂ .

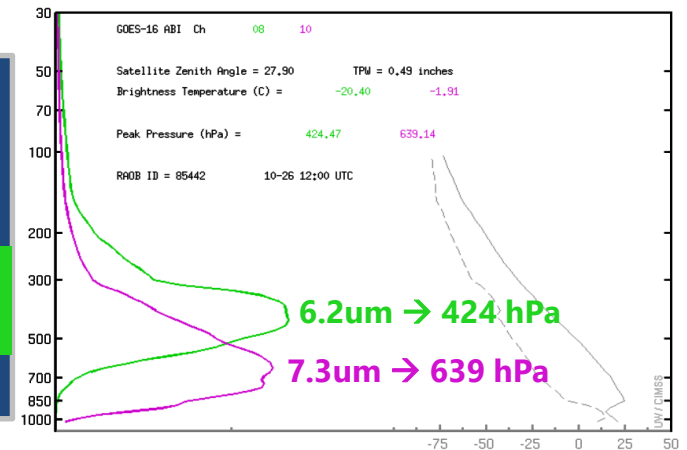
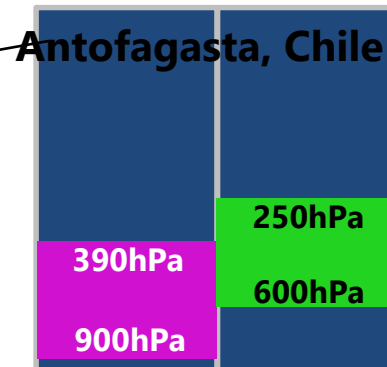
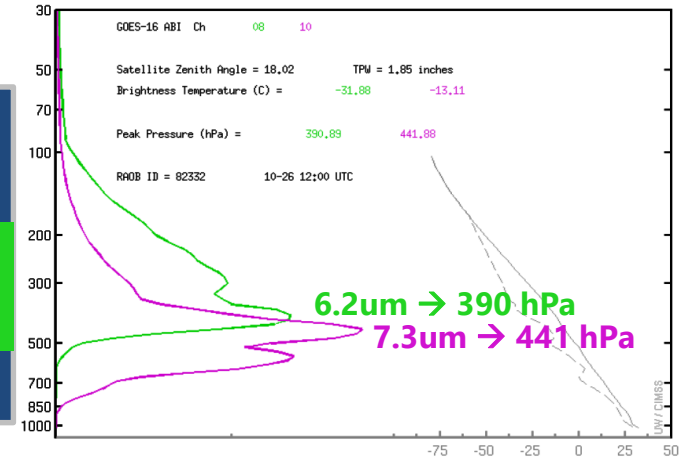
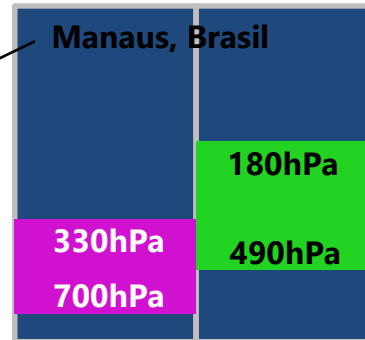
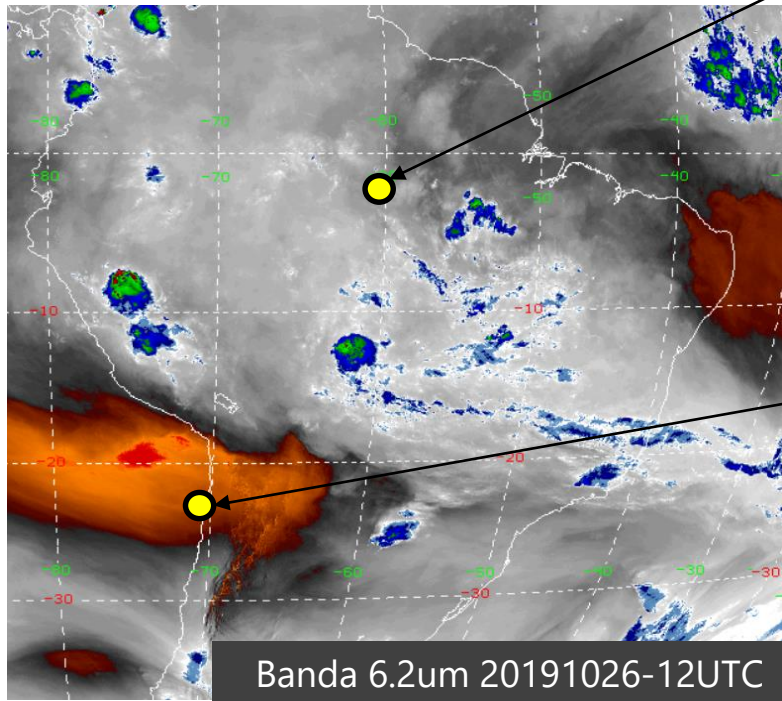


Bandas de Vapor de Agua

- Tres: $6.2 \mu\text{m}$, $6.9 \mu\text{m}$ y $7.3 \mu\text{m}$.
- Perciben el vapor de agua debido a su capacidad de absorber radiación en estas longitudes de onda.
- Su sensibilidad máxima se ubica a diferentes niveles.
- Mientras más lejos del satélite, o en niveles más bajos, la señal es más “contaminada”
- Que tan abajo midamos depende del contenido de vapor de los niveles superiores (más húmedo arriba = menor capacidad de medir niveles inferiores)

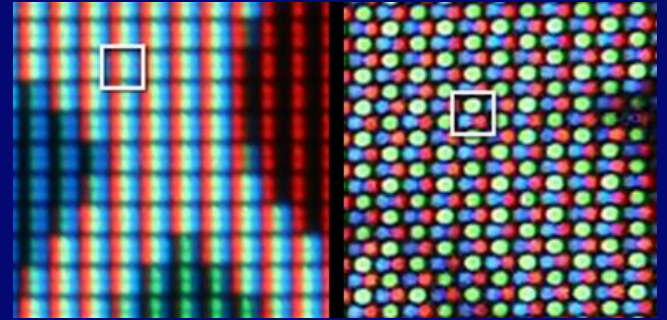


Bandas de Vapor de Agua



Productos RGB

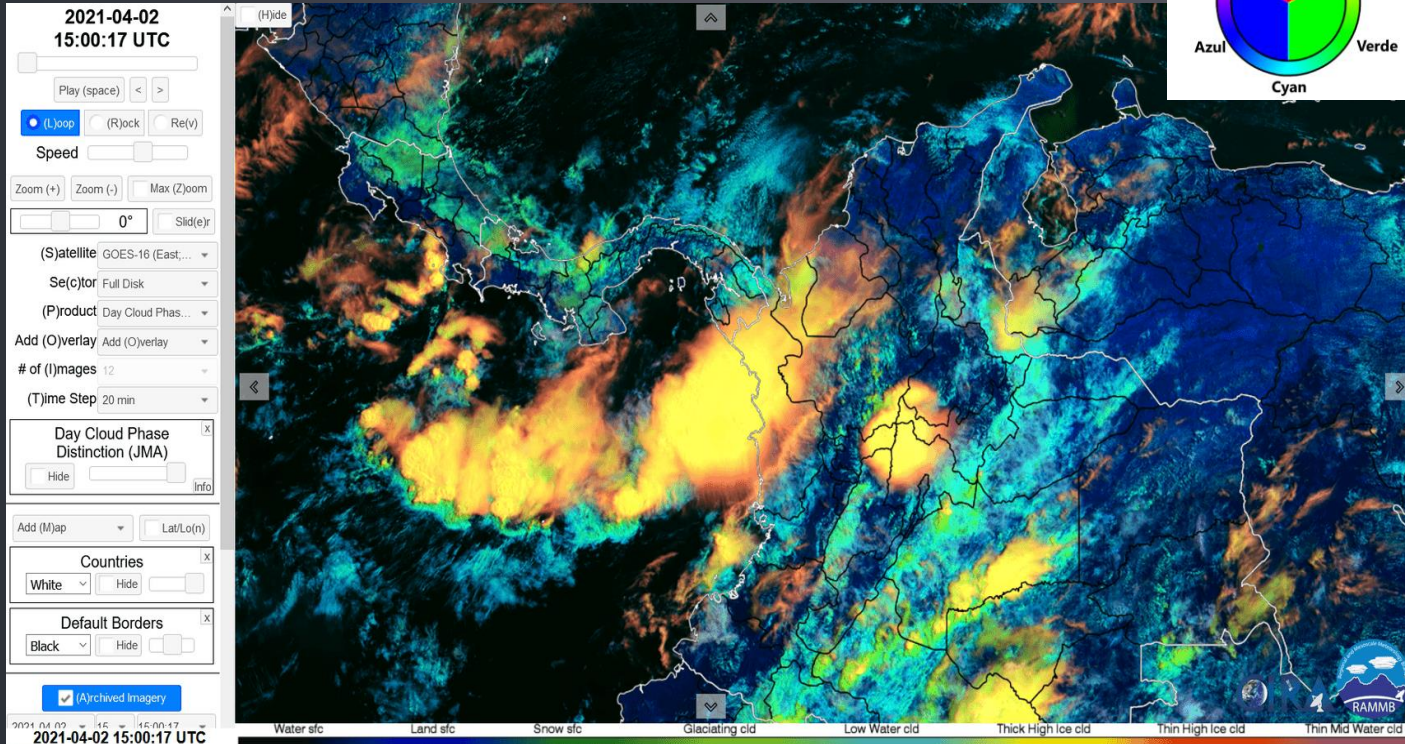
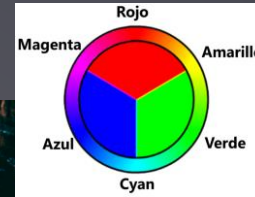
- RGB es el modo de colores usado para monitores electrónicos que contienen pixels con luz roja, verde y azul cuando se ven de cerca.
- Desde lejos, las diferentes combinaciones de brillo en R, G y B hacen que se perciban colores distintos.
- En satélite, al colocar información de diferentes bandas en R, G y B pueden resaltarse fenómenos específicos que no se ven en bandas simples.



Acercamiento a un monitor. Fuente:
<https://designmanagementlucerne.wordpress.com/>

¿Cómo se aplica a las imágenes RGB?

Ejemplo: Distinción de fase de nube
Colores significan cosas distintas



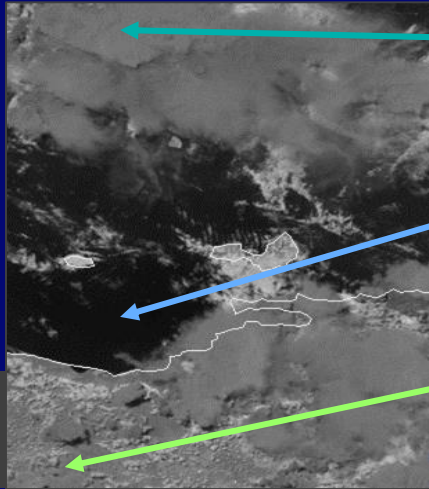
El RGB de distinción de fase de nube de día, permite identificar que nubes están desarrollando glaciación al pasar de color verde a Amarillo.

Esto permite identificar convección en proceso de crecimiento vertical con potencial de formar tormentas.

Ejemplo de Generación de Productos RGB

R

1,61 μm
IR cercano



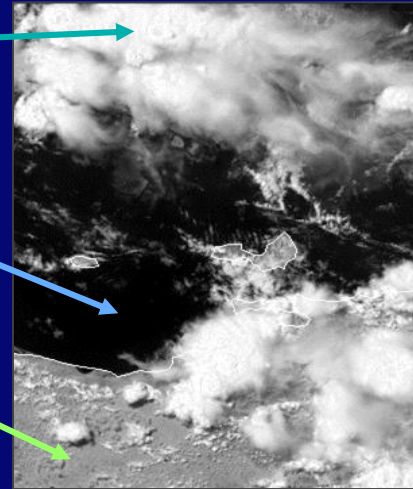
nube de hielo

mar

pasto

G

0,84 μm
IR cercano



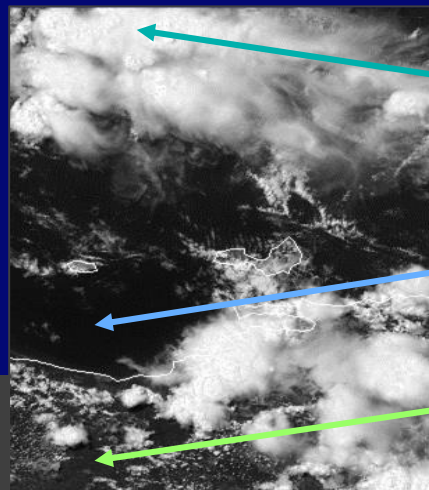
nube de hielo

mar

pasto

B

0,64 μm
Visible



nube de hielo

mar

pasto



RGB "Color Natural" (EUMETSAT)

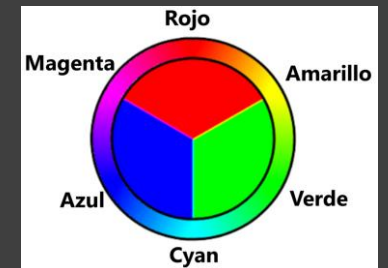
RGB "Tierra nube en el día"
(NOAA)

R: 1.6

G: 0.84

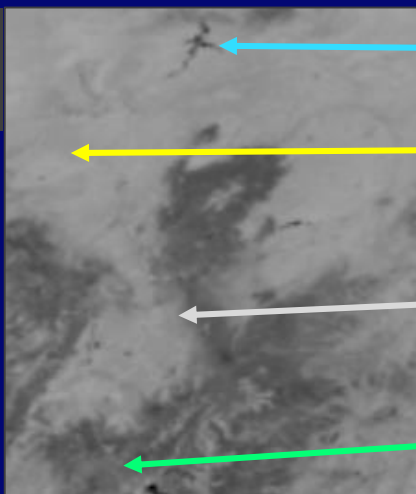
B: 0.64

B:



Ejemplo de Generación de Productos RGB

1,6 μm
IR cercano



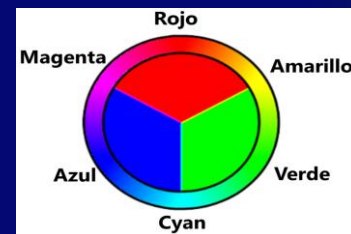
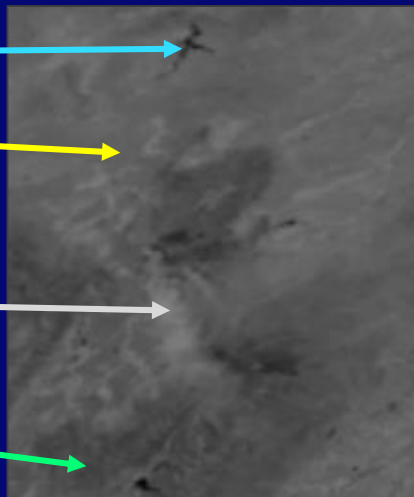
agua

pastizales
secos

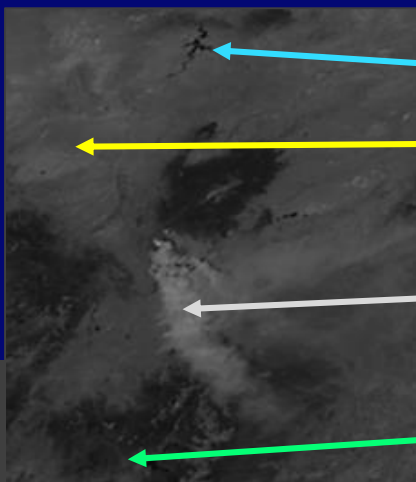
humo
(¿y nube
de hielo?)

bosque

0,84 μm
IR cercano



0,64 μm
VIS "Rojo"



agua

pastizales
secos

humo
(¿y nube
de hielo?)

bosque

RGB EUMETSAT
"Color Natural"

RGB NOAA
"Tierra nube
en el día"

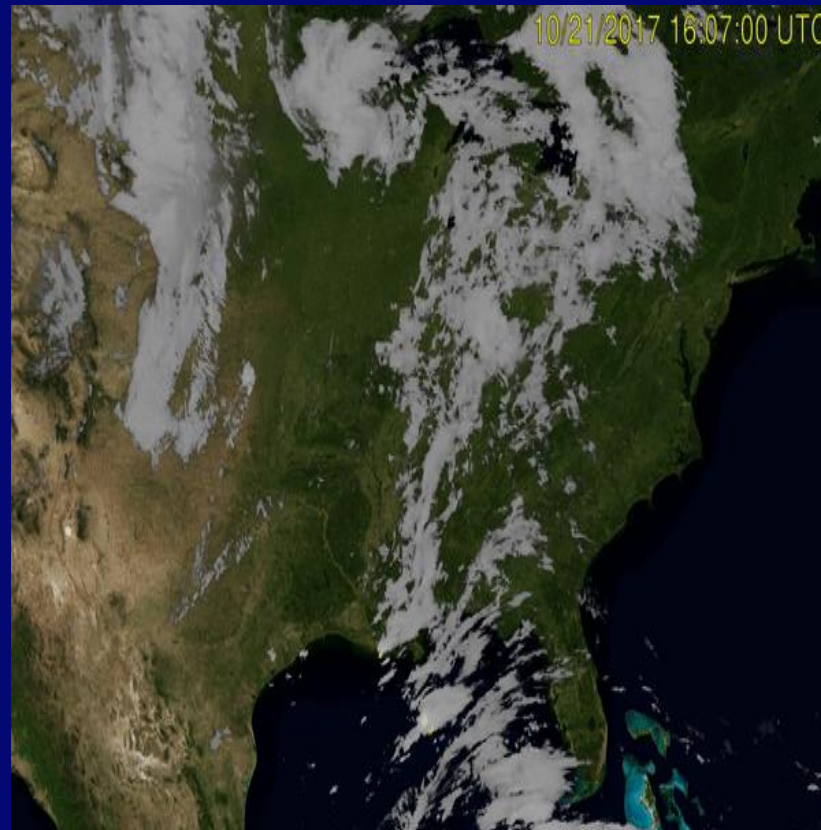
R: 1.6

G: 0.84

B: 0.64

GLM: Mapeador de rayos geoestacionario

- Medición óptica de rayos: Colecta imágenes cada 2 milisegundos y las compara con una imagen de fondo.
- Toma “fotos” a $\sim 0.777 \mu\text{m}$.
- Siendo un instrument óptico, detecta electrificación total (no distingue rayos nube-nube de nube-tierra) y no distingue polaridad (para ello son necesarias redes terrestres)
- Electrificación total se relaciona mejor al potencial de tiempo severo que electrificación nube-tierra.



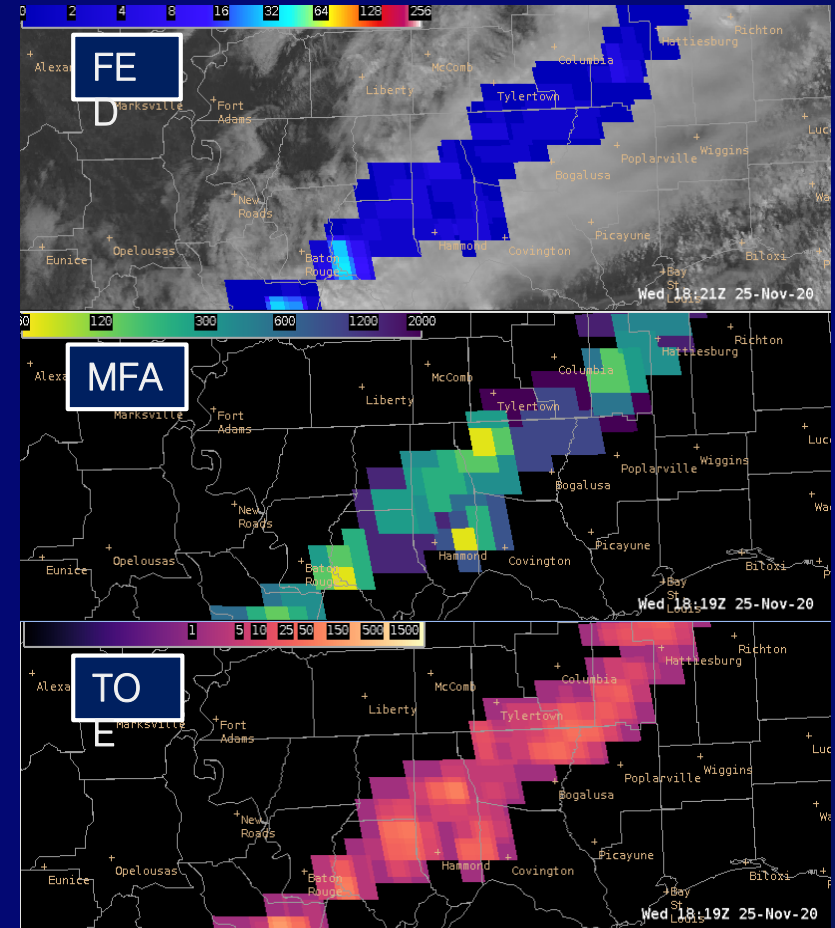
GLM: Mapeador de rayos geostacionario

Existen varios productos, pero suelen agruparse en tres categorías:

Flash Extent Density [FED] – Es la cuenta de cuántos destellos coinciden en cada pixel del GLM (8 km x 8 km)

Minimum Flash Area [MFA] – Area (en km²) del destello más pequeño dentro de un pixel en el que se ha detectado un destellos.

Total Optical Energy [TOE] – Cantidad total de energía óptica en femtojoules recibida por el instrumento.



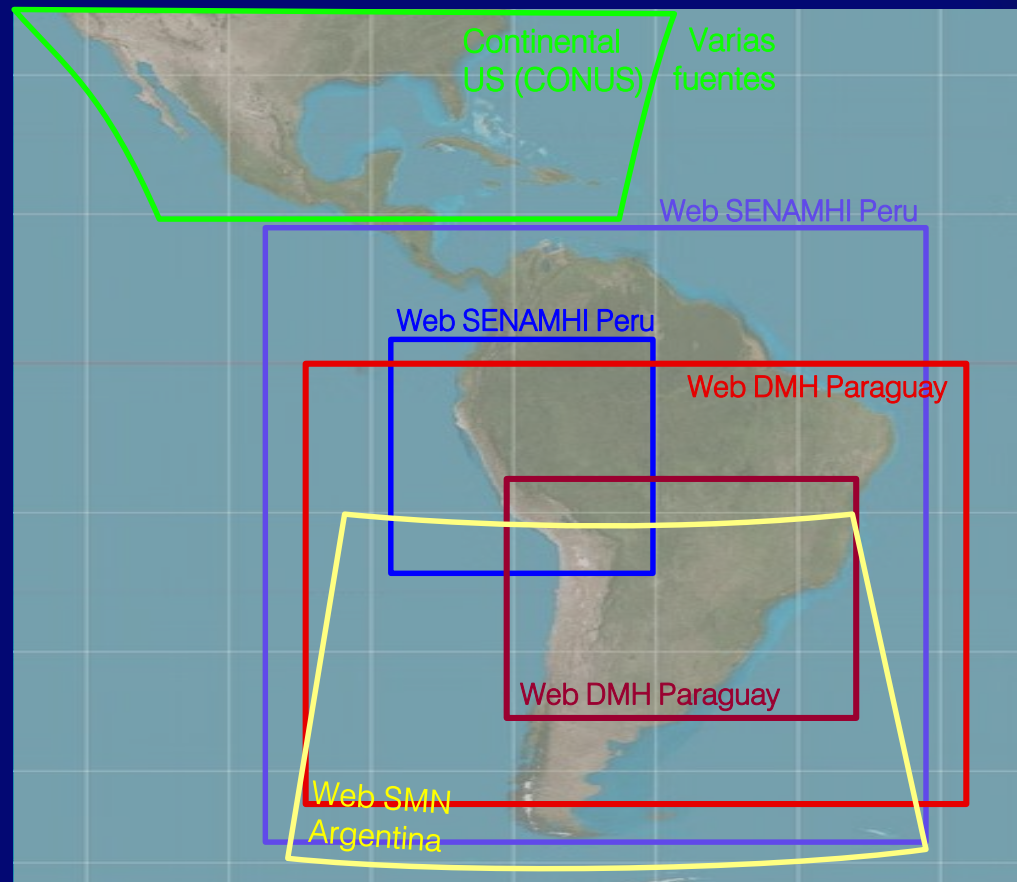
Algunos recursos en la web

	Plataforma	Acceso Web	Ventajas	Limitaciones
Dominios Globales con alta resolución	★ CIRA Slider	https://rammb-slider.cira.colostate.edu/	Muchos productos útiles y de alta Resolución. Archivo de 3 meses y descarga fácil.	Latencia de decenas de minutos e interrupciones ocasionales. Usar INPE DSAT o CIRA Sectors como respaldo.
	★ INPE DSAT	https://www.cptec.inpe.br/dsat/	Muchos productos útiles y de alta Resolución. Archivo de 1 mes.	
Dominios Regionales	CIRA Sectors	https://rammb.cira.colostate.edu/ramsdis/online/rmtc.asp	Baja latencia y pocas interrupciones.	Productos limitados a 4 bandas tradicionales. Archivo limitado.
	SMN Argentina	https://www.smn.gob.ar/satelite	Dominio cubre el cono sur.	Limitado al sur de 19S. Resolución moderada.
	DMH Paraguay	https://www.meteorologia.gov.py/satelite-goes-16/	Dominio de Sudamérica y Mercosur.	Resolución limitada para Sudamérica y Mercosur
	SENAMHI Peru	https://www.senamhi.gob.pe/?p=satelites-goes16	Dominio de Sudamérica y FullDisk.	Resolución limitada para Sudamérica y FullDisk

★ Recomendaciones para Aplicaciones en la aviación

Dominios Regionales de Resolución Moderada

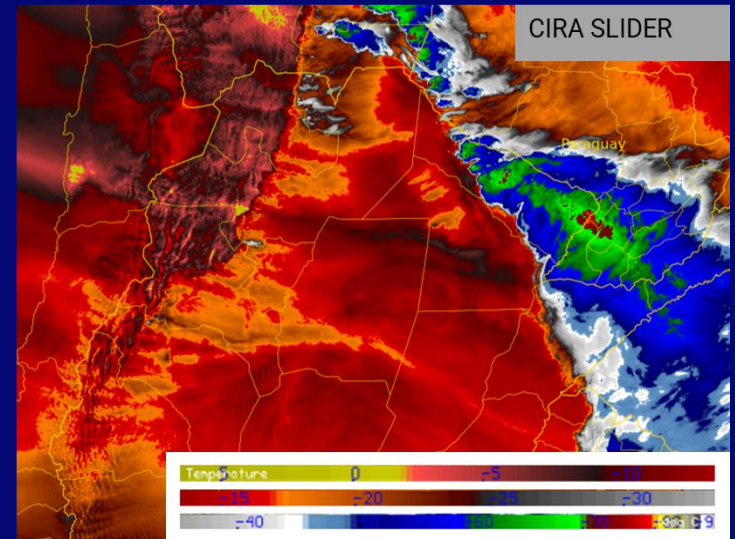
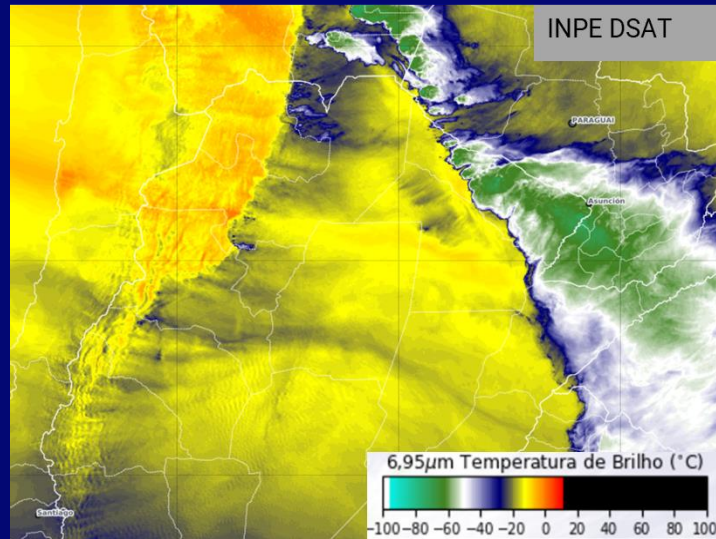
- Alta Resolución es necesaria para casos de ondas de gravedad (turbulencia), tormentas y litometeoros.
- Las mejores fuentes de alta Resolución son el CIRA-Slider y CPTEC DSAT, pues permiten acercarse dentro de la imagen FullDisk.
- Sus servicios Meteorológicos pueden contener también imágenes de alta Resolución, pero el dominio puede ser muy pequeño para rutas aéreas completas.
- El mapa muestra algunos sectores de resolución moderada que cubren la región que pueden ser de respaldo.



Importancia de la Paleta de Colores

- La paleta de colores puede ayudar con la interpretación.
- Particularmente importante para encontrar ondas y gradients de humedad en las imágenes de vapor de agua, con Aplicaciones en Turbulencia.

En cuál de estas imágenes puede distinguir mejor las ondas de gravedad y gradientes de humedad?



Gracias!