

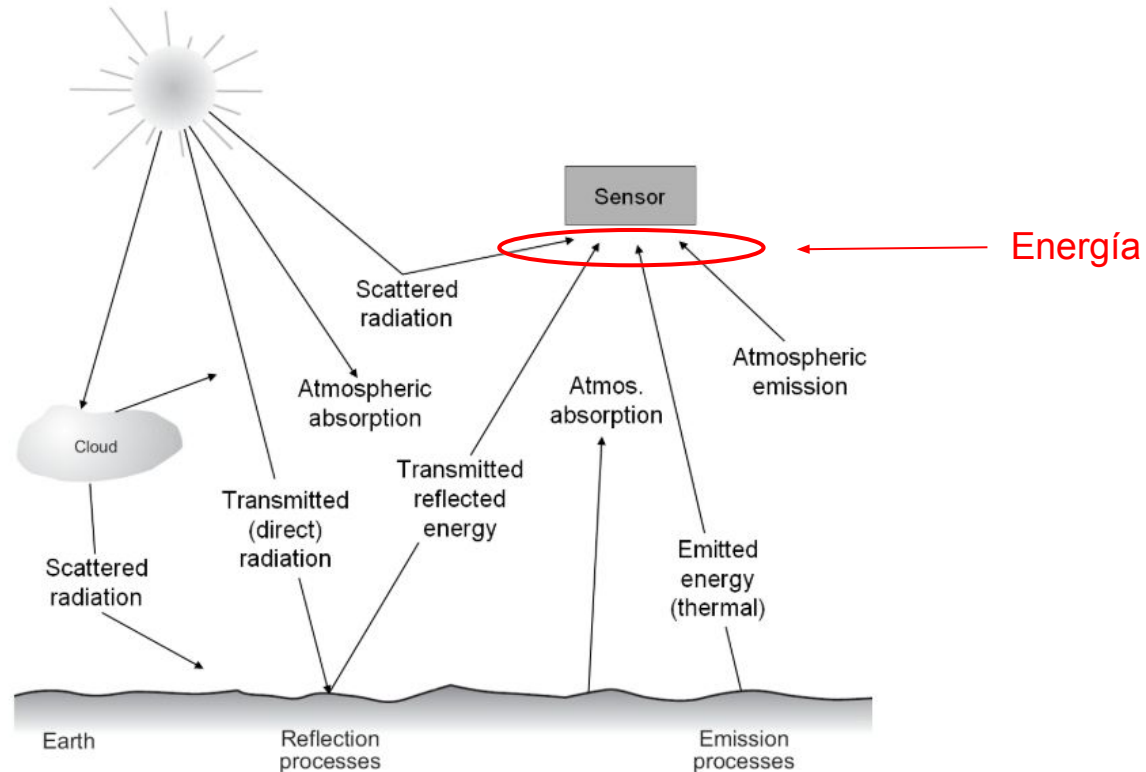
Módulo III: Satélites meteorológicos y sus productos

Lima, 29-30 de noviembre de 2021



Nociones básicas de sensoramiento remoto

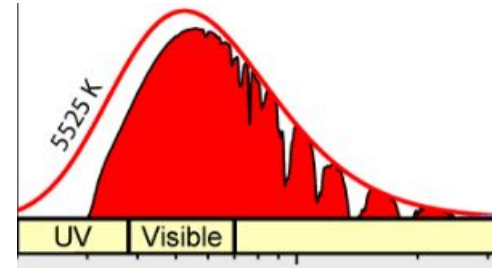
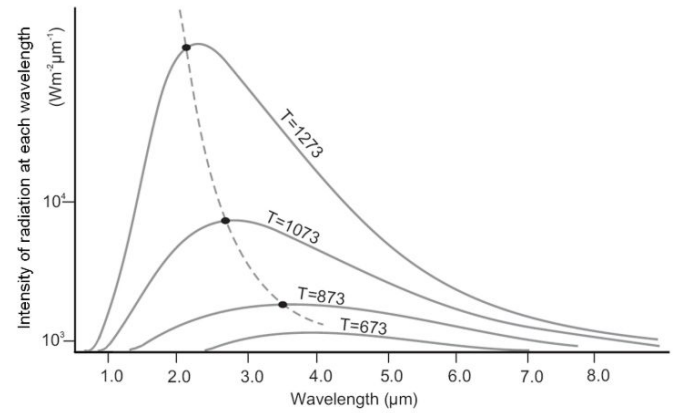
¿Qué es lo que mide el GOES-16/17?



Fuentes de energía

Si un cuerpo tiene $T > 0 \text{ K}$, entonces emite energía electromagnética.

La emisión de esta energía es realizada en todos el espectro electromagnético y la intensidad de la energía aumenta conforme mayor es la temperatura del cuerpo.



cuerpo negro: es un cuerpo ideal que cumple las siguientes condiciones

- equilibrio termodinámico
 - absorbe toda la energía que llega a él
 - emite toda la energía que absorbe
-
- Temperatura constante
 - Radiación isotrópica

Ley de Kirchhoff: Un cuerpo en equilibrio termodinámico tiene una emisividad igual a su absorptividad:

$$\varepsilon_{\lambda} = A_{\lambda}$$

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{emite_objeto}}}{E_{\text{emite_cuerpo_negro}}}$$

$$A = \frac{E_{\text{absorbe_objeto}}}{E_{\text{incidente}}}$$

Radiación electromagnética

La radiación: es la propagación de energía a través del espacio.

La energía tiene una naturaleza dual, comportándose como onda y partícula.

- **modelo de onda** (Huygens y Maxwell): la energía se transporta en forma de onda (Radiación Electromagnética).

$$c = \lambda \cdot f = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Donde:

c: velocidad de la luz

λ : longitud de onda

f: frecuencia de la onda

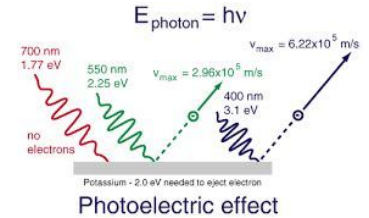
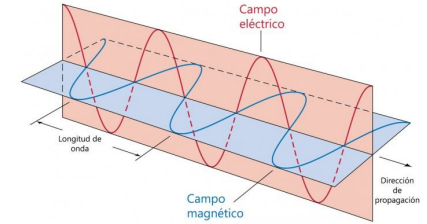
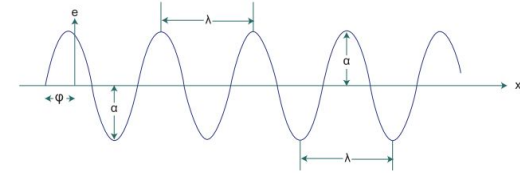
- **modelo de partícula** (Planck, Einstein): la energía es transportada por un tipo de partículas (fotones).

$$Q = h \cdot f$$

Donde:

Q : energía de un fotón

h : 6.626×10^{-34} J.s (cte de planck)



Juntando ambas naturalezas tenemos una expresión que nos indica que a menor longitud de onda, mayor energía transportada.

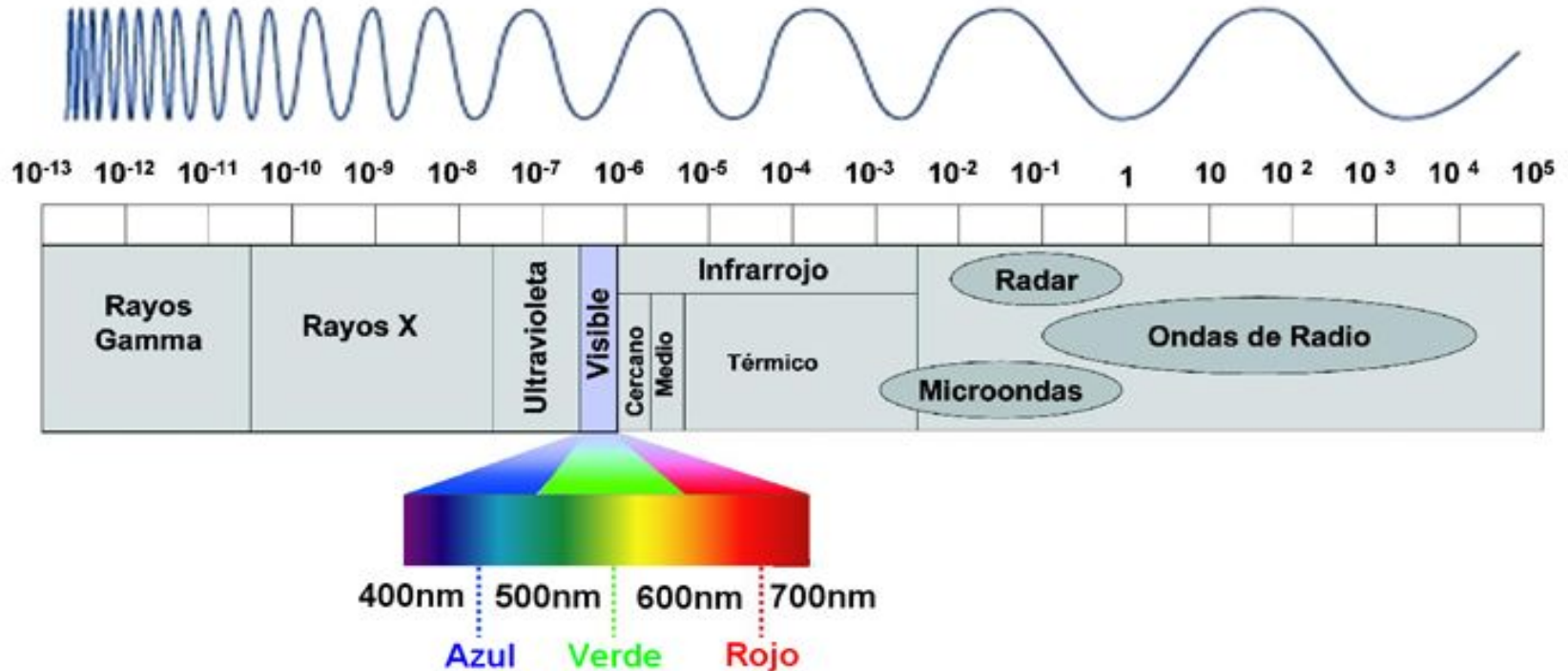
$$Q = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$



Radiación electromagnética

Espectro electromagnético.

Longitud de onda (λ) en metros.



Principios físicos del sensoramiento satelital

Radiación emitida varía en función de la longitud de onda y la temperatura del cuerpo.

Ley de planck:

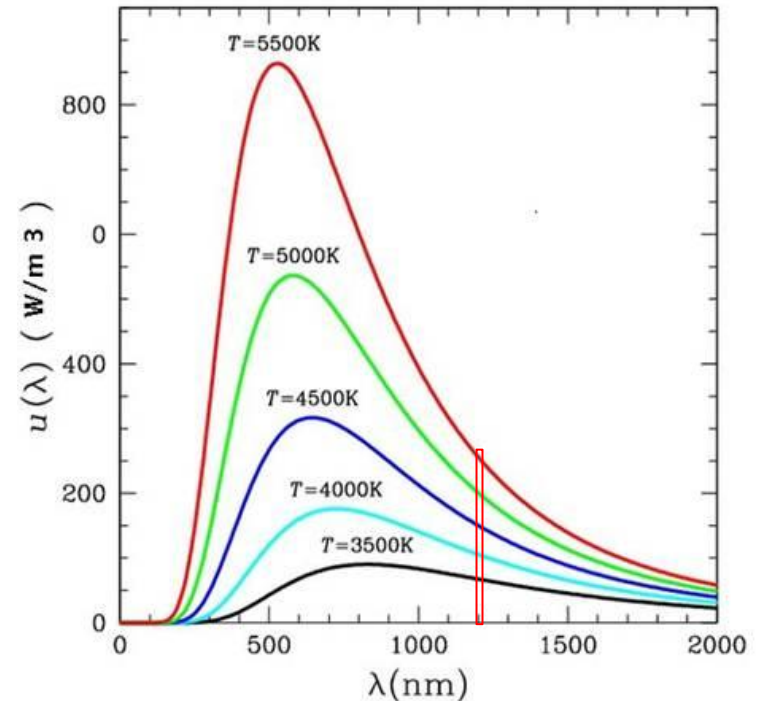
$$B_{\lambda}(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5(e^{hc/k_B\lambda T} - 1)}$$

c : 2.998×10^8 m/s (velocidad de la luz)

h : 6.626×10^{-34} J (Constante de Planck)

k_B : 1.381×10^{-23} J/K (Constante de Boltzmann)

$$B_{\lambda}(T) d\lambda = \left[\begin{array}{l} \text{Intensidad total de radiación emitida} \\ \text{en el intervalo de complemento de} \\ \text{onda } [\lambda, \lambda + d\lambda] \end{array} \right]$$



Principios físicos del sensoramiento satelital

Ley de Stefan-Boltzmann: es la integral de la función de Planck, la cual nos da la energía total emitida por un cuerpo con temperatura T , en todas las longitudes de onda.

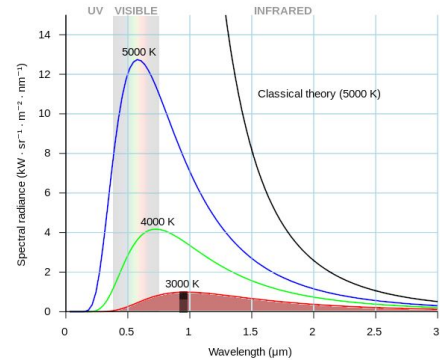
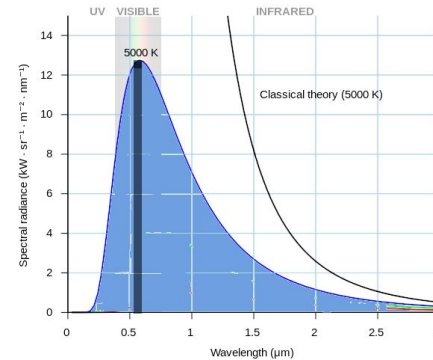
$$E = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Donde:

ϵ : emisividad

σ : $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ J/sm}^2\text{K}^{-4}$ (constante Stefan-Boltzmann)

T : temperatura (K)



Ley de Wien: es la derivada de la función de Planck, la cual permite calcular la longitud de onda donde ocurre el pico máximo de emisión.

$$\lambda = \frac{2897.6 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K}}{T}$$

T. Incendio: $T = 850^\circ\text{C} \rightarrow T = 1123 \text{ K}$
 $\lambda = 2.58 \text{ } \mu\text{m}$

Principios físicos del sensoramiento satelital

Energía

$Q = \text{Joules (J)}$

Flujo radiante

$$W = \frac{J}{s}$$

Emitancia
(energía emitida)

$$M = \frac{W}{m^2}$$

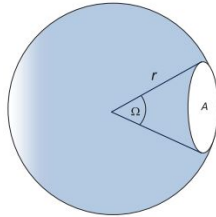
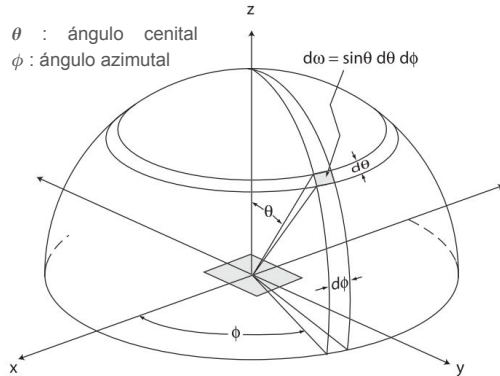
Emitancia
espectral

$$M_{\lambda} = \frac{W}{m^2 \cdot \mu m}$$

Ángulo sólido (Ω ó ω)
Es la relación entre el área de la superficie que observa y su radio al cuadrado. Su unidad es el estereorradián (sr).

$$\Omega = \omega = \frac{A}{r^2}$$

θ : ángulo cenital
 ϕ : ángulo azimutal

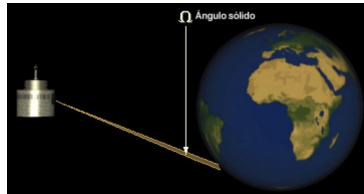


Irradiancia
(energía recibida)

$$E = \frac{W}{m^2}$$

Irradiancia
espectral

$$E_{\lambda} = \frac{W}{m^2 \cdot \mu m}$$



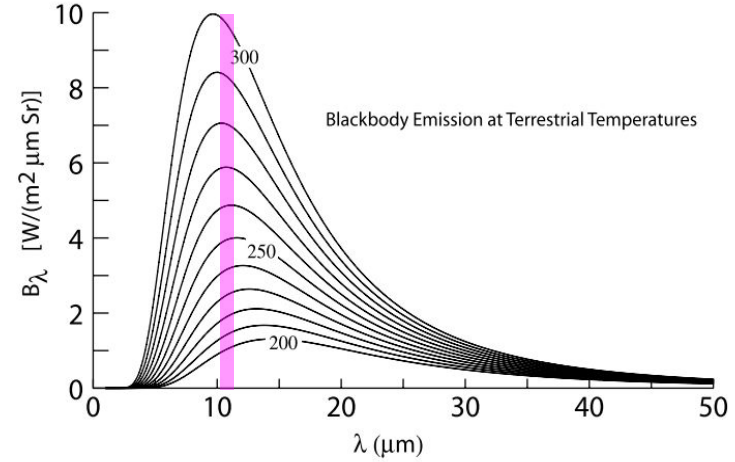
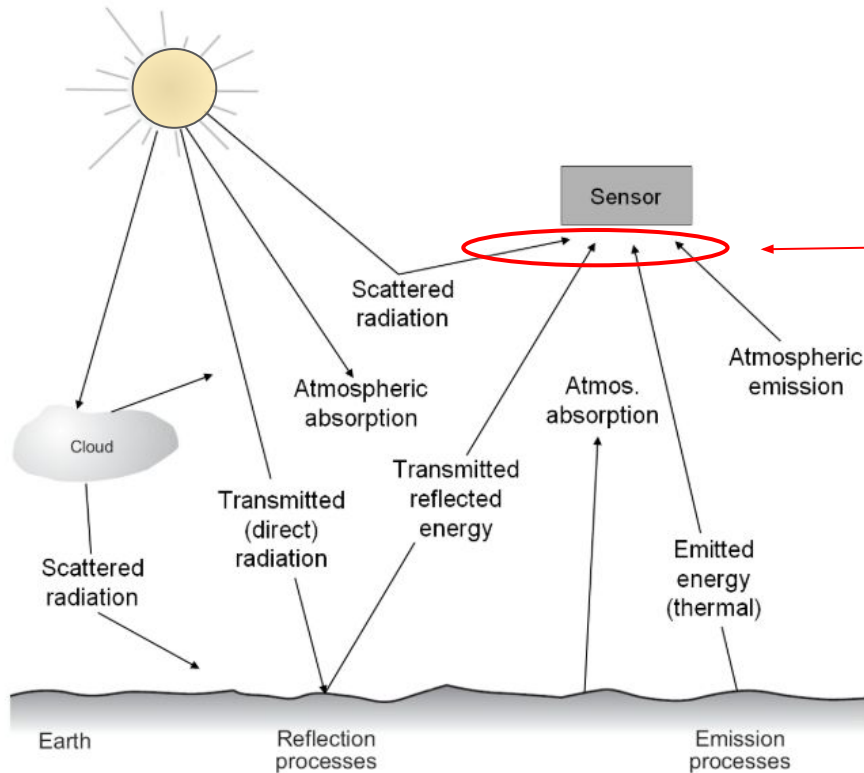
Radiancia

$$L = \frac{W}{m^2 \cdot sr}$$

Radiancia
espectral

$$L_{\lambda} = \frac{W}{m^2 \cdot sr \cdot \mu m}$$

Temperatura de brillo

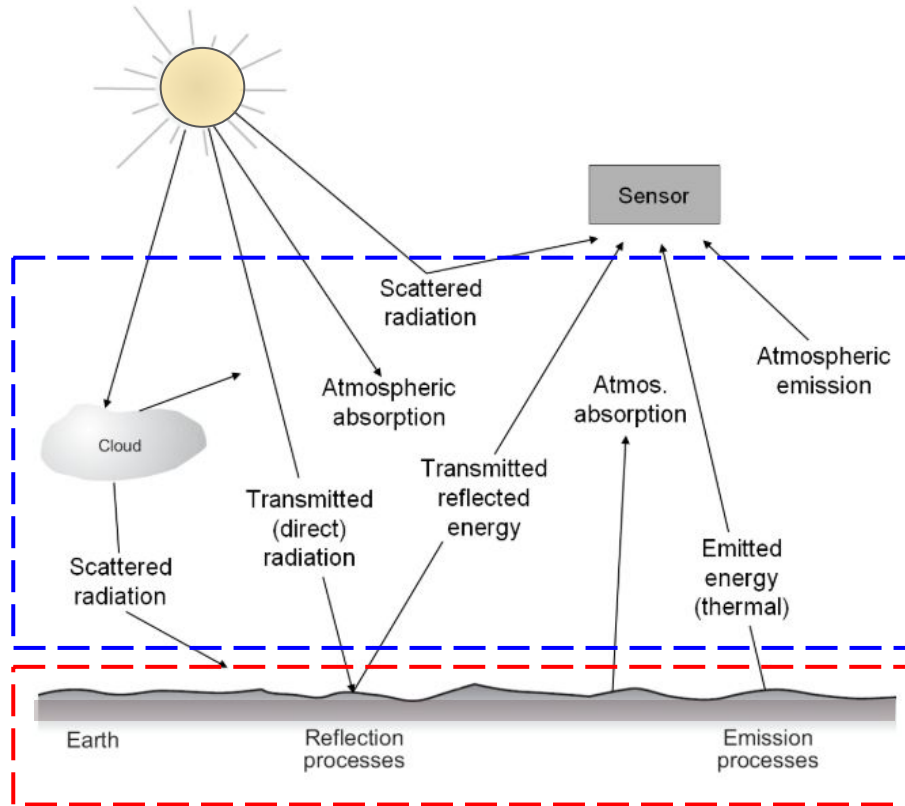


$$T_B \equiv \varepsilon \cdot B_\lambda^{-1}(I_\lambda)$$

Considerando $\varepsilon=1.0$

$$T_B \equiv B_\lambda^{-1}(I_\lambda)$$

Interacción de la REM con el planeta tierra



Interacción con la atmósfera:

- Scattering
- Absorción - Emisión
- Transmisión

Interacción con la superficie:

- Reflexión
- Absorción - Emisión
- Transmisión

Interacción con la atmósfera - Scattering

Parámetro tamaño de la
partícula (size parameter)

$$x = \frac{2\pi \cdot r}{\lambda}$$

Dispersión selectiva

Dispersión no selectiva

$$x \ll 1$$

$$x \geq 1$$

$$x \gg 1$$

Rayleigh
scattering

Lorenz-Mie
scattering

Óptica
geométrica

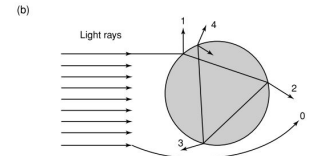
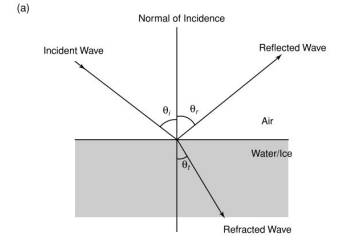
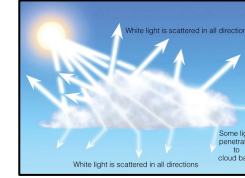
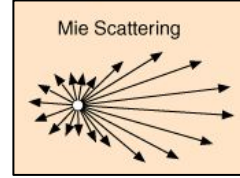
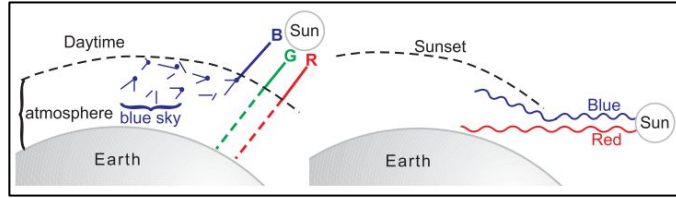


Figure 3.14 (a) Reflection and refraction of a plane wave from air to water/surface. (b) Representation of light rays scattered by a sphere based on the geometric optics principle: 0, exterior diffraction; 1, external reflection; 2, two refractions; 3, one internal reflection; and 4, two internal reflections.

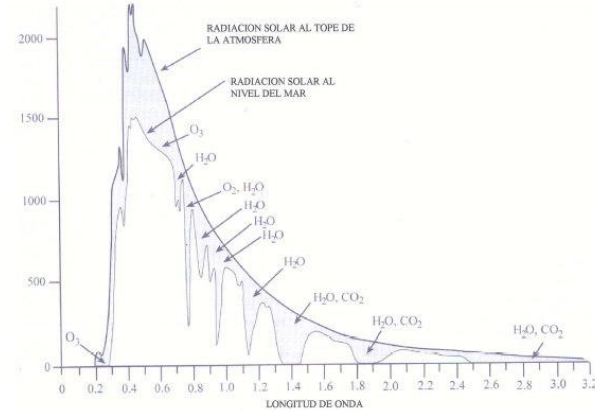
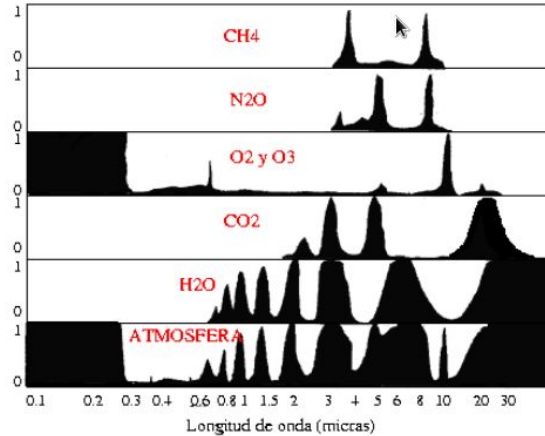
$$I_{\lambda} \sim 1/\lambda^4$$



Interacción con la atmósfera - Absorción - Transmitancia

Absorción

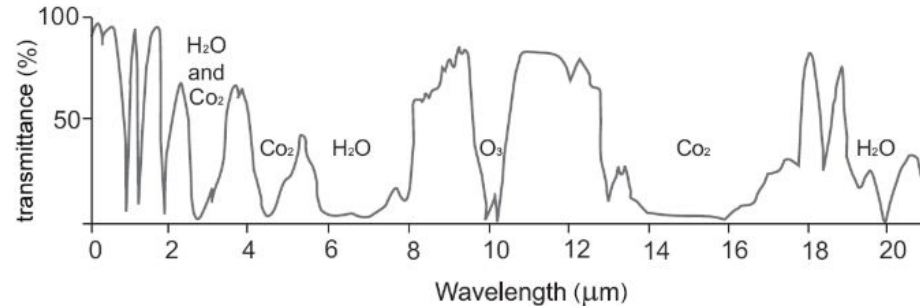
- Región de gran absorción:**
- Ozono (O_3): absorbe radiación electromagnética
 - Dióxido de carbono (CO_2): absorbe radiación entre 13 - 17.5 μm
 - Vapor de Agua (H_2O): absorbe radiación en 5.5 - 7 μm y por encima de 27 μm



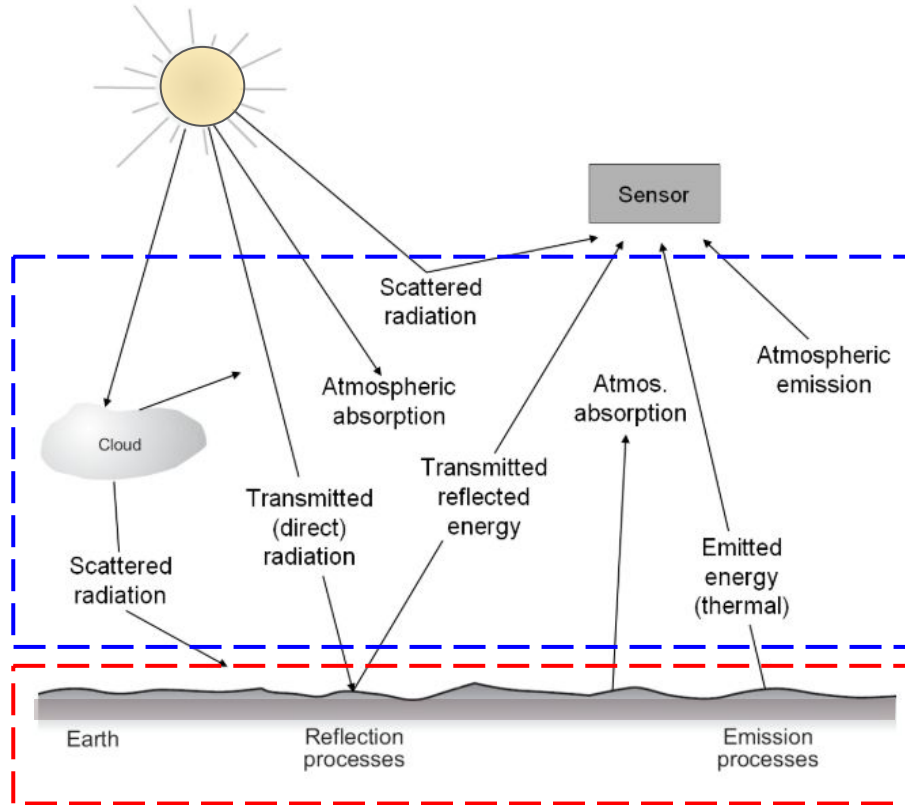
Transmitancia

Región de muy poca absorción (ventana atmosférica):

- Visible e infrarrojo cercano (0.3 - 1.35 μm)
- Infrarrojo cercano de onda corta (1.5 - 1.8 μm y 2 - 2.4 μm)
- Infrarrojo medio (2.9 - 4.2 μm y 4.5 - 5.5 μm)
- Infrarrojo térmico (8 - 14 μm)
- Microondas (encima de 20 μm)



Interacción de la REM con el planeta tierra



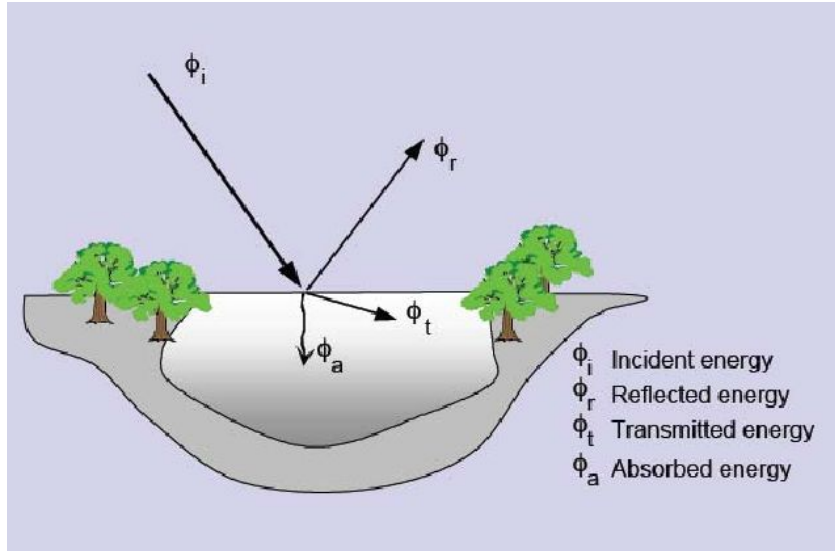
Interacción con la atmósfera:

- Scattering
- Absorción - Emisión
- Transmisión

Interacción con la superficie:

- Reflexión
- Absorción - Emisión
- Transmisión

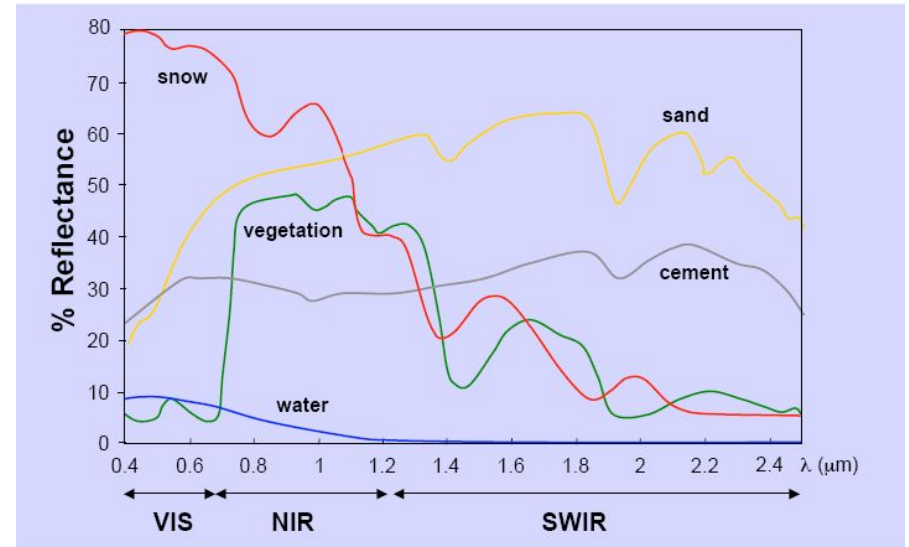
Interacción con la superficie



$$\phi_i = \phi_r + \phi_a + \phi_t$$

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

Firmas espectrales



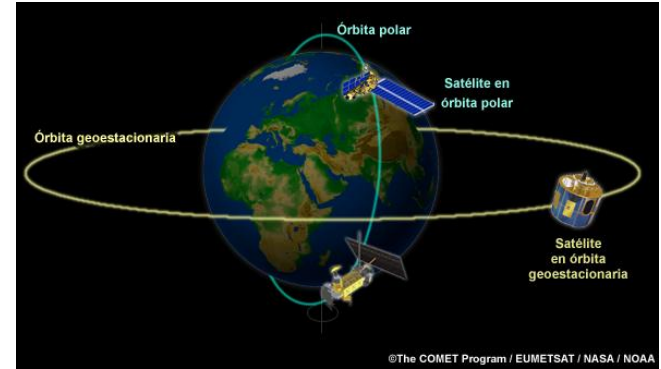


Características de los satélites y sensores

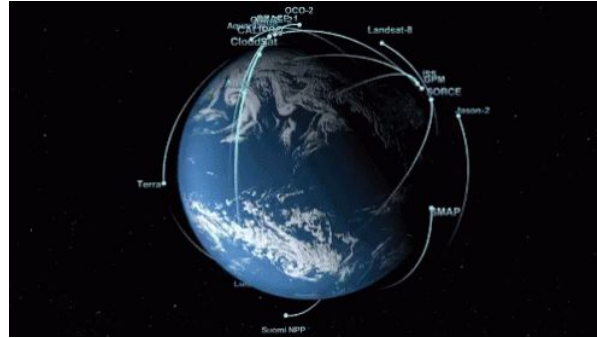
Características de los satélites y sensores

Tipos de órbita:

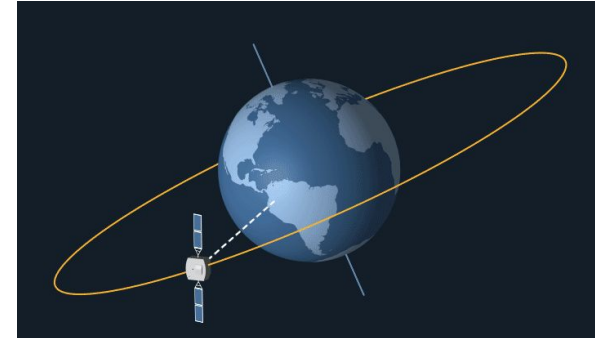
- Órbita terrestre baja (low Earth orbit; LEO) (200 - 2000 Km)
- Órbita polar (300 - 1500 km)
- Órbita polar heliosincrónica (600 - 800 Km)
- Órbita geosincrónica o geoestacionaria (36000 km)



Órbita terrestre baja

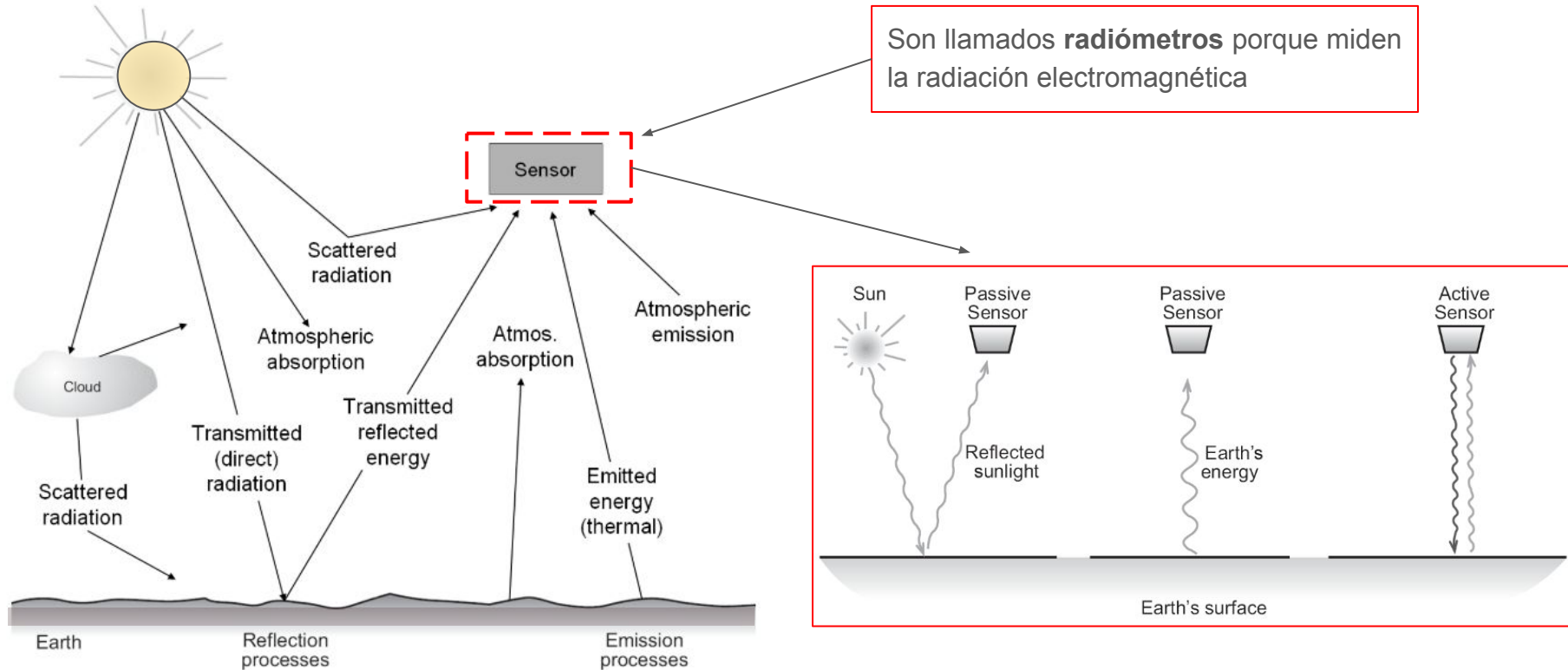


Órbita polar

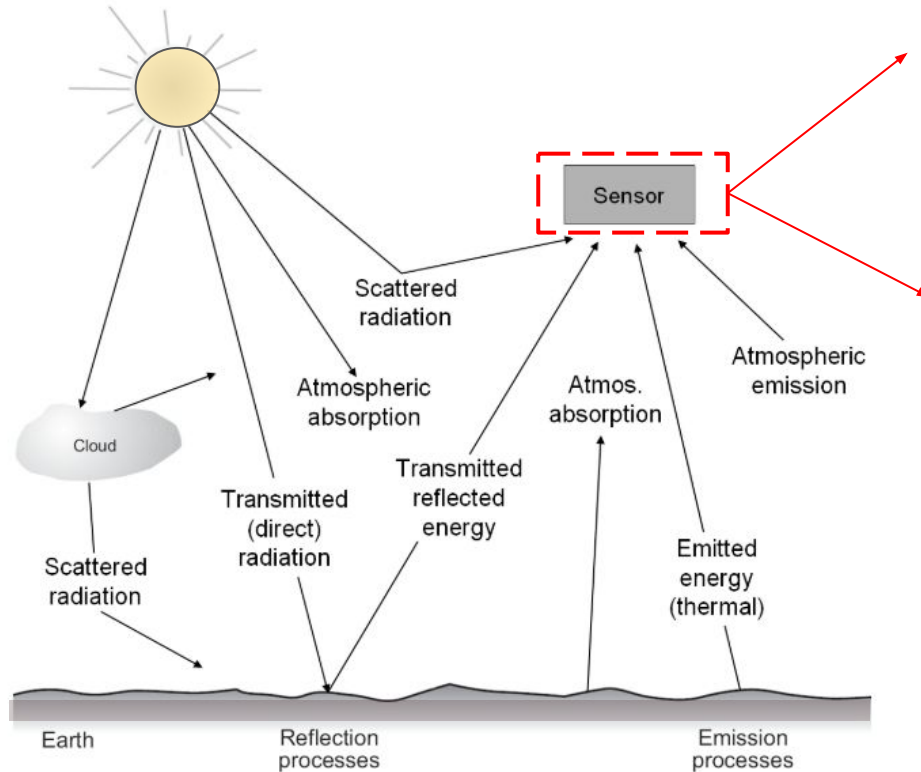


Órbita geoestacionaria

Características de los satélites y sensores



Características de los satélites

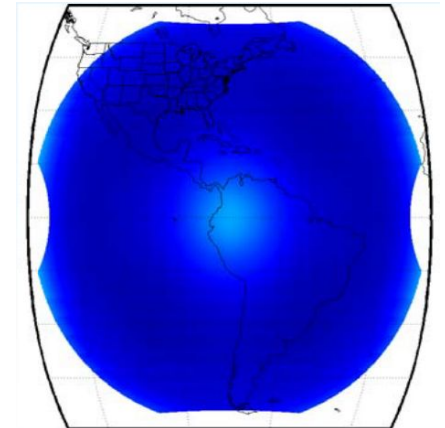
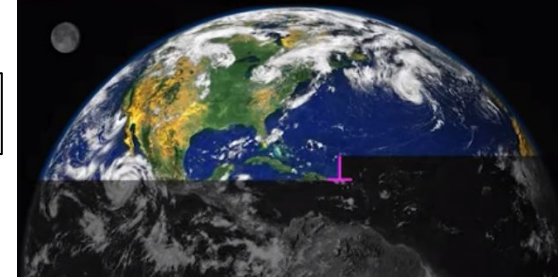


Sensor de barrido

ABI

Sensor estático
(cámara)

GLM



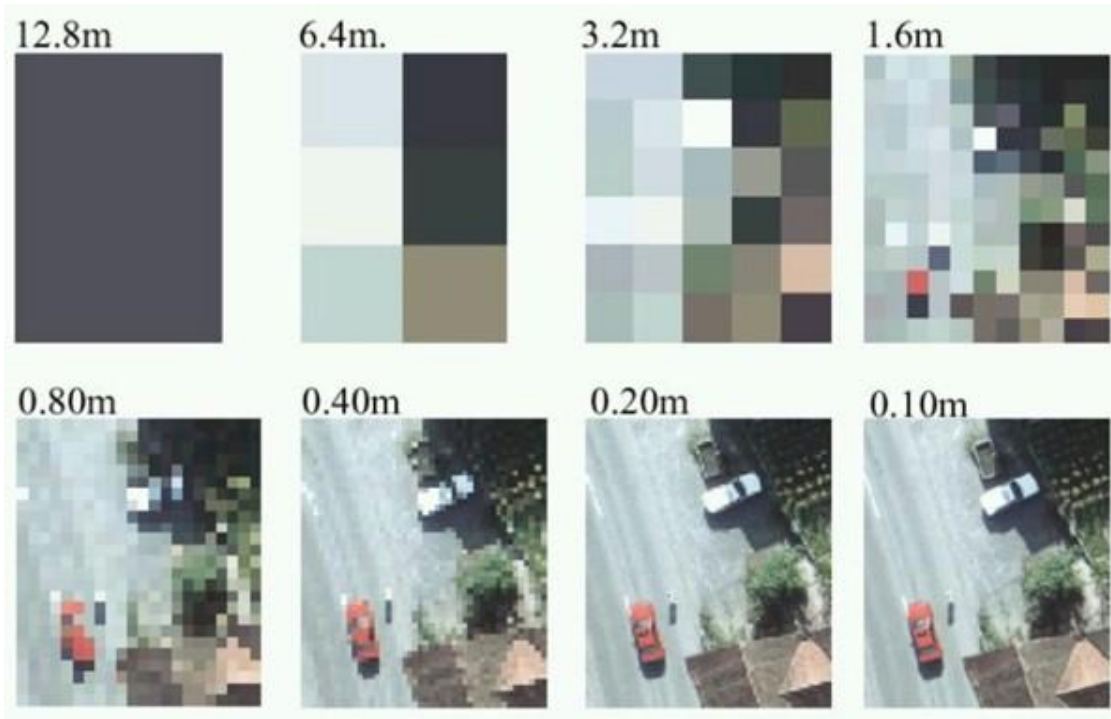
Resolución de las imágenes de satélite

Los tipos de resoluciones de la imagen de satélite son:

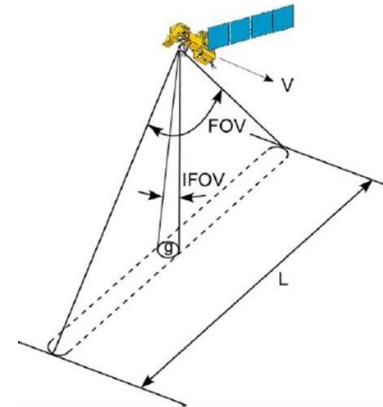
- Resolución espacial
- Resolución espectral
- Resolución radiométrica
- Resolución temporal

Resolución espacial

Es el tamaño del objeto más pequeño que el sensor puede identificar en una imagen.

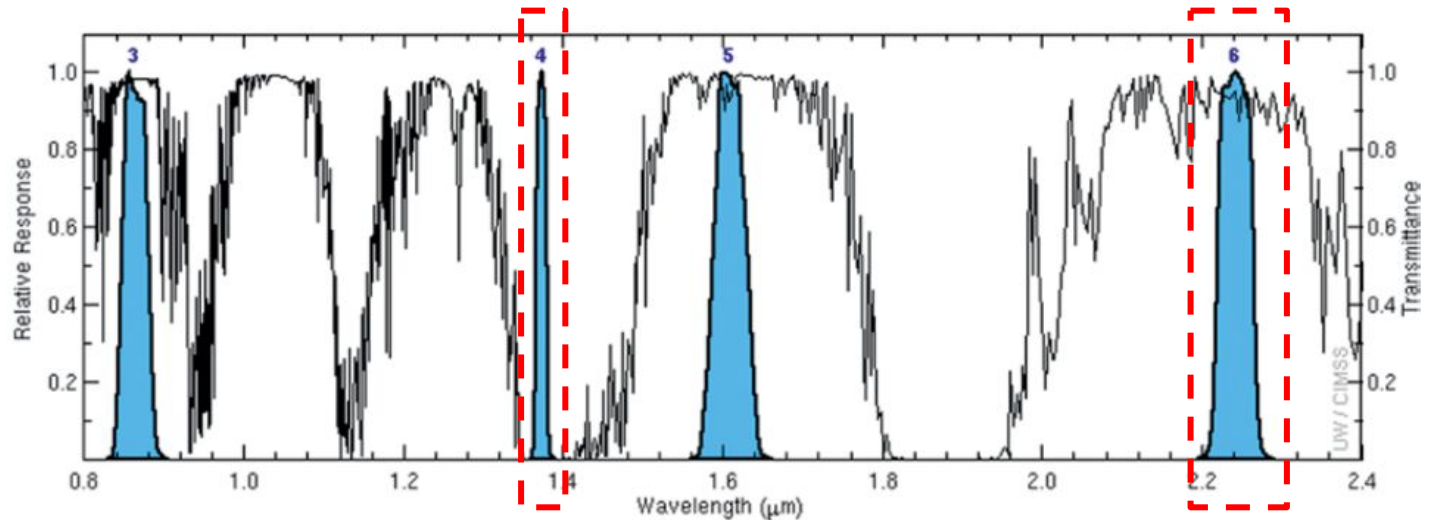


La resolución espacial es definido por el campo de visión instantánea (Instantaneous field of view; IFOV) del sensor.



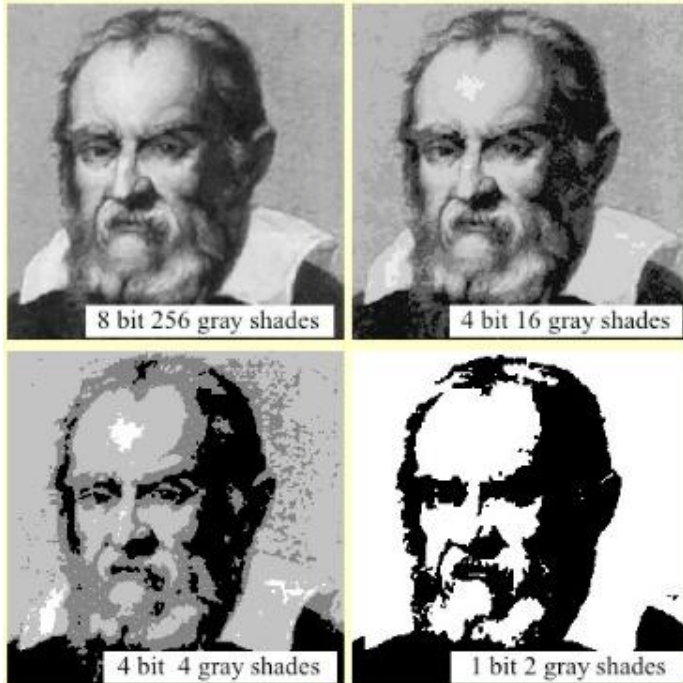
Resolución espectral

Es el intervalo de complemento de onda de cada banda, en el cual el sensor capta la radiación electromagnética.



Resolución Radiométrica

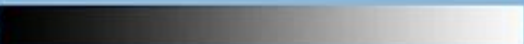
Sensibilidad del sensor para discriminar entre pequeñas variaciones en la radiación electromagnética que detecta.



La resolución radiométrica se expresa en número de bits debido a que este valor representa la capacidad de almacenamiento máxima que necesita cada pixel para almacenar la información.

Ejemplo:
GOES-16 tiene 10 bits

$$2^{10} = 1024 \text{ niveles de energía (niveles digitales, ND)}$$

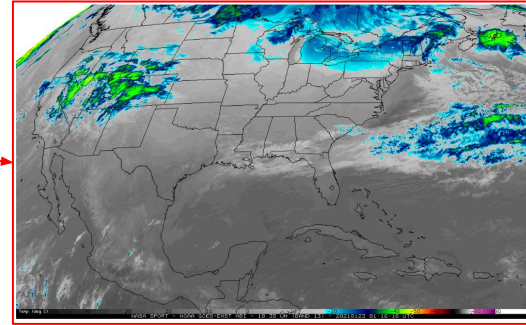
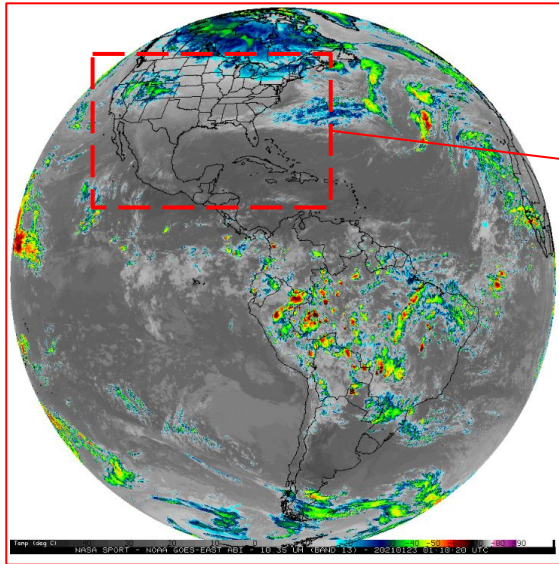
Bits	Wertebereich	Grauwerte
1Bit	$2^1 = 2$ (0-1)	0  1
4Bit	$2^4 = 16$ (0-15)	0  15
8Bit	$2^8 = 256$ (0-255)	0  255

Resolución temporal

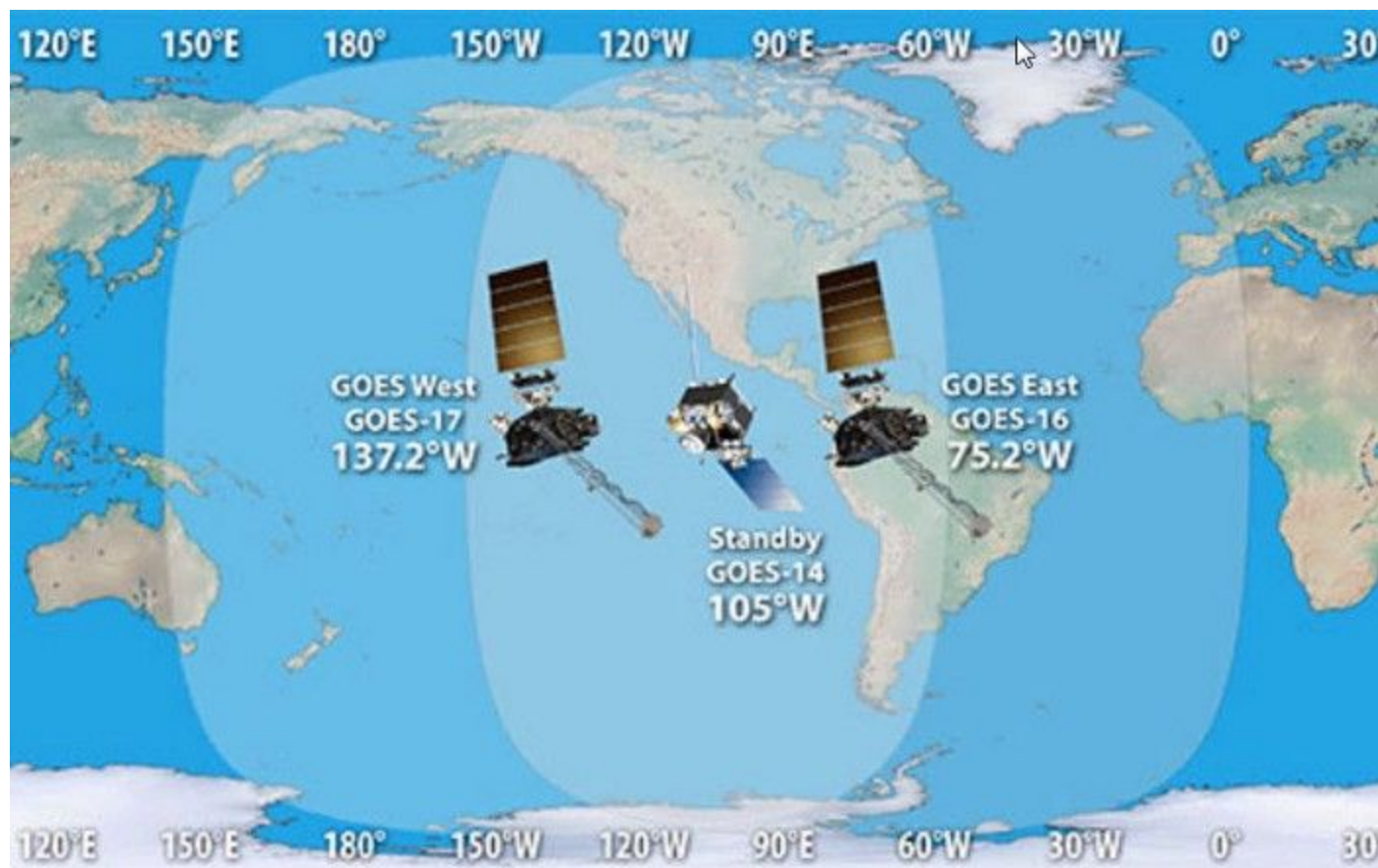
Es el intervalo de tiempo entre dos imágenes.

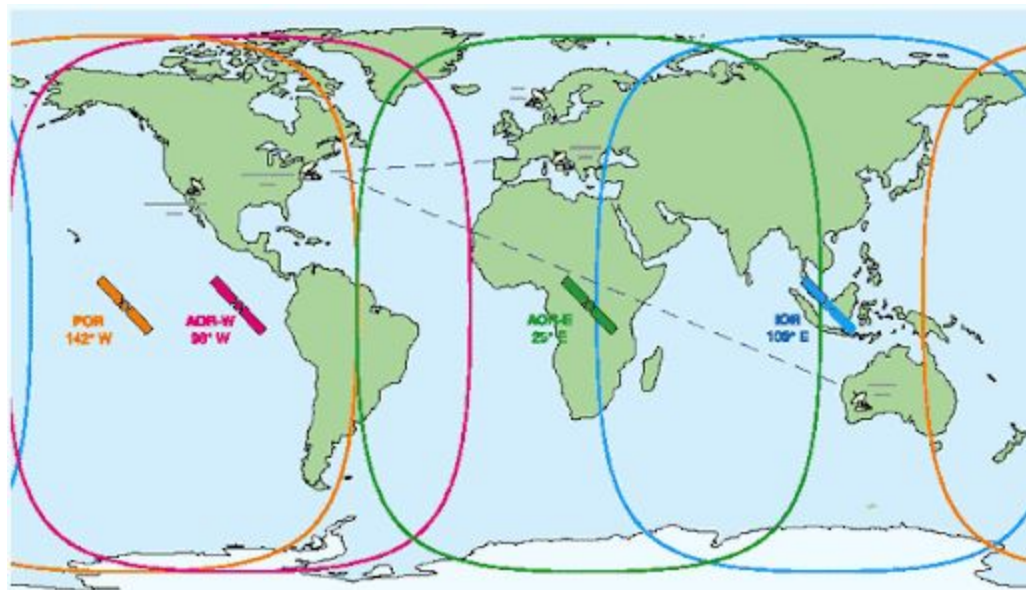
⬆ resolución espacial o cobertura ⬆ tiempo de escaneo ⬇ frecuencia de imágenes (resolución temporal)

10 min



5 min

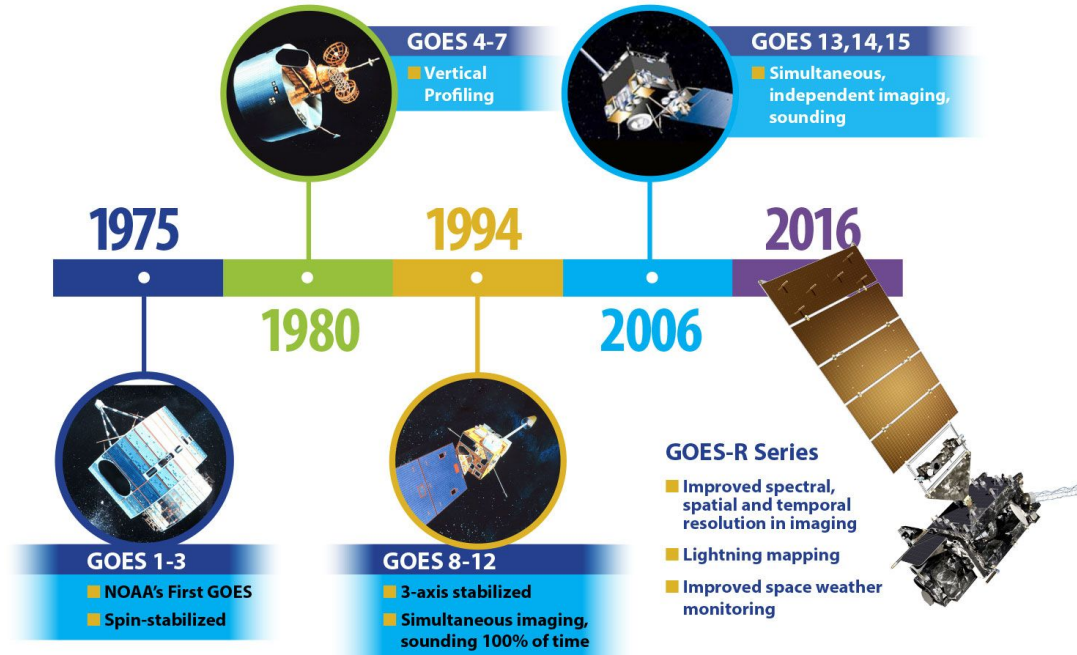






Satélite GOES-16

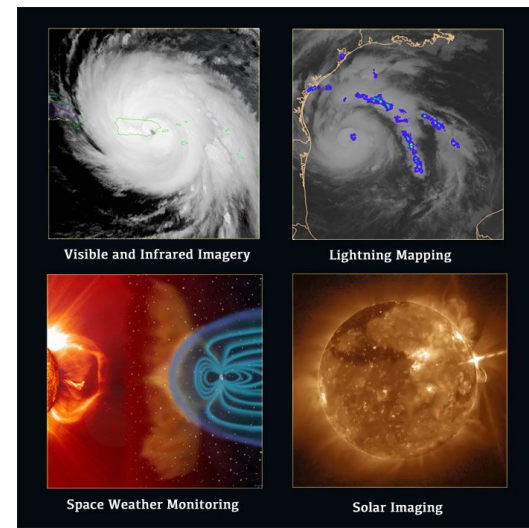
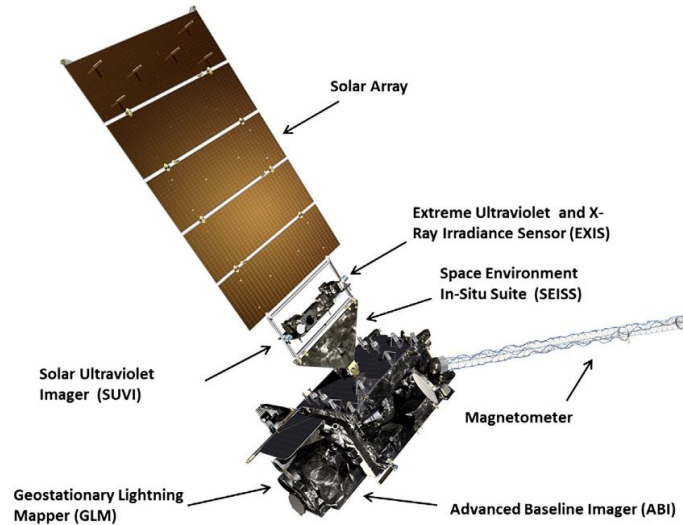
Historia del GOES

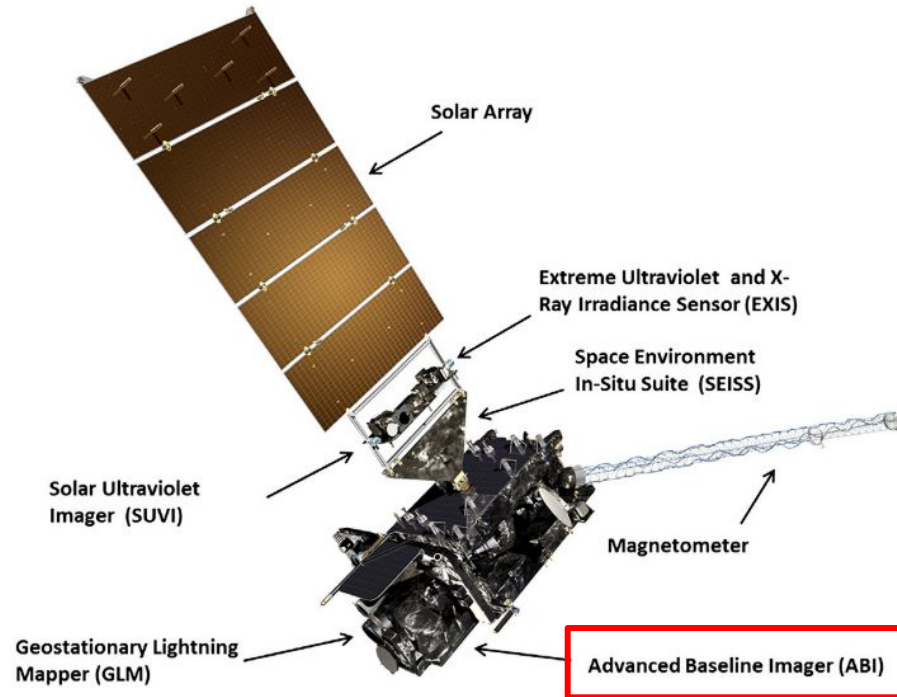


<https://www.goes-r.gov/mission/history.html>

GOES-16

- Satélite geoestacionario localizado en 75.2° W
- Se encuentra a una altura de 35786 Km
- Tiene 6 instrumentos:
 - ABI : radiómetro multiespectral
 - GLM : sensor mapeador de descargas eléctricas
 - SUVI : telescopio que monitorea la actividad solar
 - EXIS : sensores que mide la irradiancia en el ultravioleta y los rayos X
 - SEISS : sensores que monitorean los flujos de protones, electrones e iones en la magnetosfera
 - MAG : sensor que monitorea los campos geomagnéticos en la magnetosfera





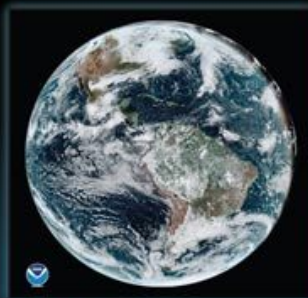
Transforming Energy Into Imagery



Scans 22 swaths of Earth to create a full disk



Collects particles of light that are turned into a digital signal



Color is assigned to light collected by the satellite, based on the portion of the electromagnetic spectrum the data represents

Combinations of red, green and blue create a representation of what the human eye would see from space



Data is further processed and calibrated



Computers translate the code into a collection of pixels that form a black and white image



Antenna on the ground receives the data

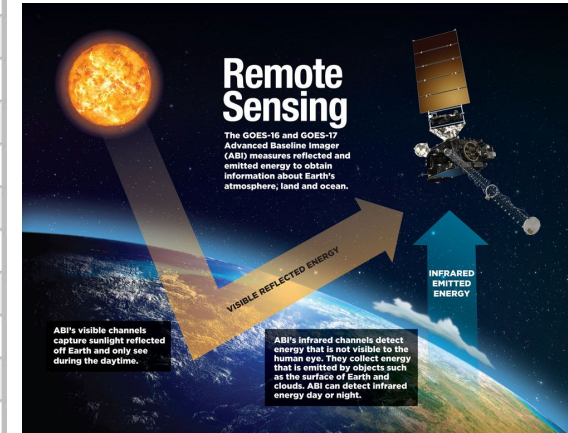
Data is sent to a processing center in binary code, a numeric language that uses only 0 and 1, arranged in eight-character strings



Sensor ABI

El sensor Advanced Baseline Imager (ABI) es un radiómetro multispectral.

ABI Band	Central Wavelength(μm)	Type	Nickname	Best Spatial Resolution
1	0.47	Visible	Blue	1
2	0.64	Visible	Red	0.5
3	0.86	Near-Infrared	Veggie	1
4	1.37	Near-Infrared	Cirrus	2
5	1.6	Near-Infrared	Snow/Ice	1
6	2.2	Near-Infrared	Cloud particle size	2
7	3.9	Infrared	Shortwave window	2
8	6.2	Infrared	Upper-level water vapor	2
9	6.9	Infrared	Midlevel water vapor	2
10	7.3	Infrared	Lower-level water vapor	2
11	8.4	Infrared	Cloud-top phase	2
12	9.6	Infrared	Ozone	2
13	10.3	Infrared	"Clean" longwave window	2
14	11.2	Infrared	Longwave window	2
15	12.3	Infrared	"Drity" longwave window	2
16	13.3	Infrared	CO ₂ longwave	2



3X MORE CHANNELS



Improves every product from current GOES images and will offer new products for severe weather forecasting, fire and smoke monitoring, volcanic ash advisories, and more.

4X BETTER RESOLUTION



The GOES-R series of satellites will offer images with greater clarity and 4x better resolution than earlier GOES satellites.

5X FASTER SCANS



Faster scans every 30 seconds will offer images of severe weather events and can scan the entire full disk of the Earth 5x faster than before.

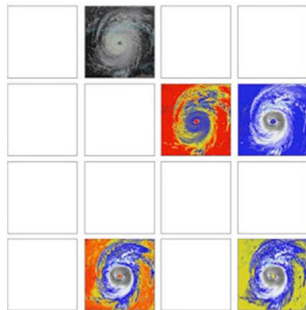


www.nesdis.noaa.gov

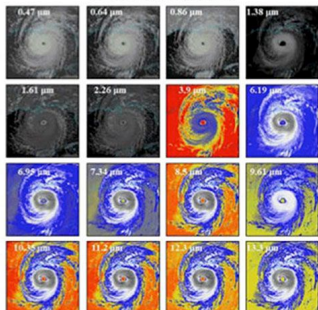
NOAA Satellite and Information Service



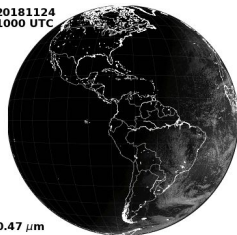
GOES-13/14/15 Spectral Bands



GOES-R Spectral Bands



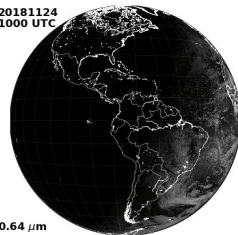
20181124
1000 UTC



0.47 μm

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

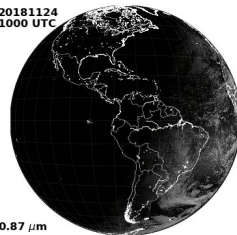
20181124
1000 UTC



0.64 μm

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

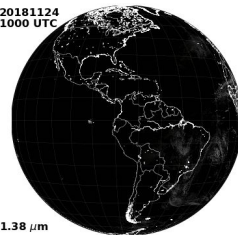
20181124
1000 UTC



0.87 μm

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

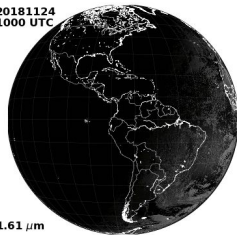
20181124
1000 UTC



1.38 μm

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

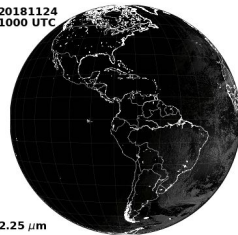
20181124
1000 UTC



1.61 μm

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

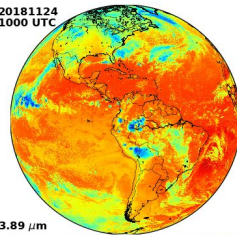
20181124
1000 UTC



2.25 μm

0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

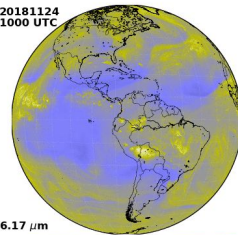
20181124
1000 UTC



3.89 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

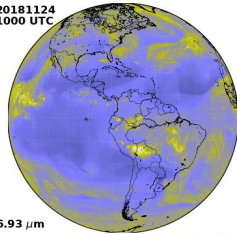
20181124
1000 UTC



6.17 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

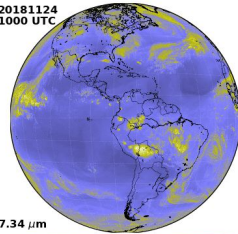
20181124
1000 UTC



6.93 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

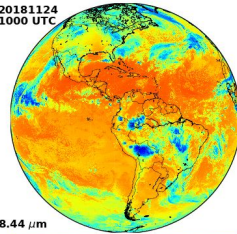
20181124
1000 UTC



7.34 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

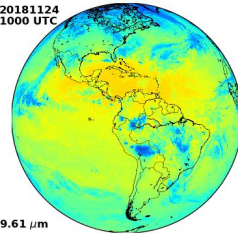
20181124
1000 UTC



8.44 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

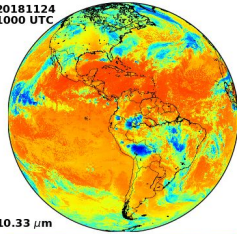
20181124
1000 UTC



9.61 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

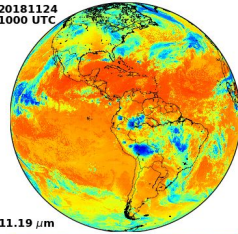
20181124
1000 UTC



10.33 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

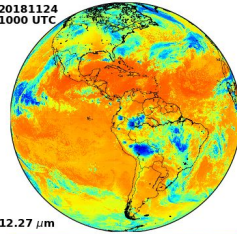
20181124
1000 UTC



11.19 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

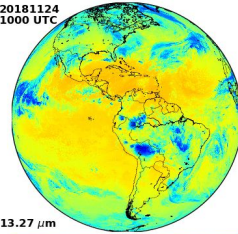
20181124
1000 UTC



12.27 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

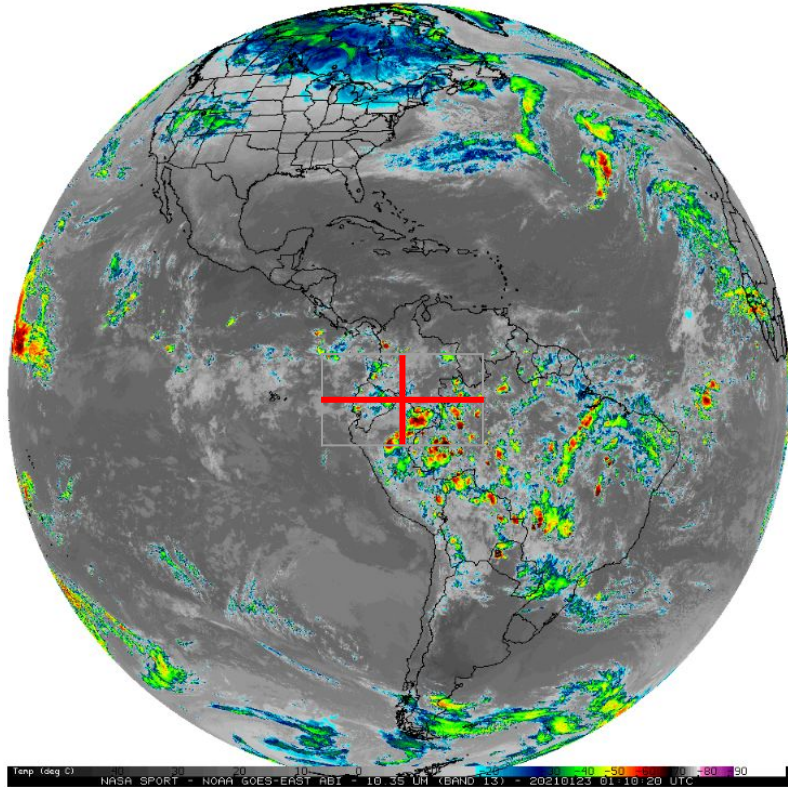
20181124
1000 UTC



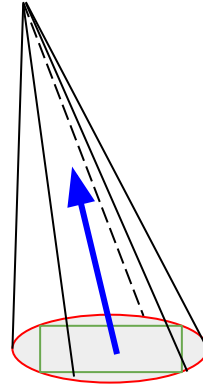
13.27 μm

180 200 220 240 260 280 300 320

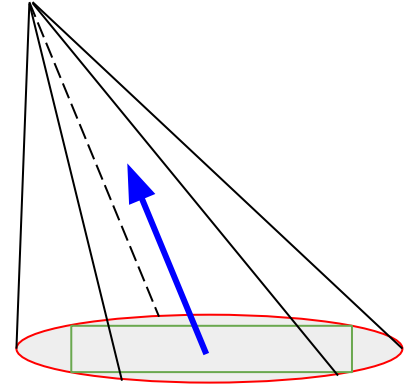
Sensor ABI



Satellite



Satellite



>1km			1km	1km			>1km

Sensor ABI

Realiza el escaneo de 4 dominios:

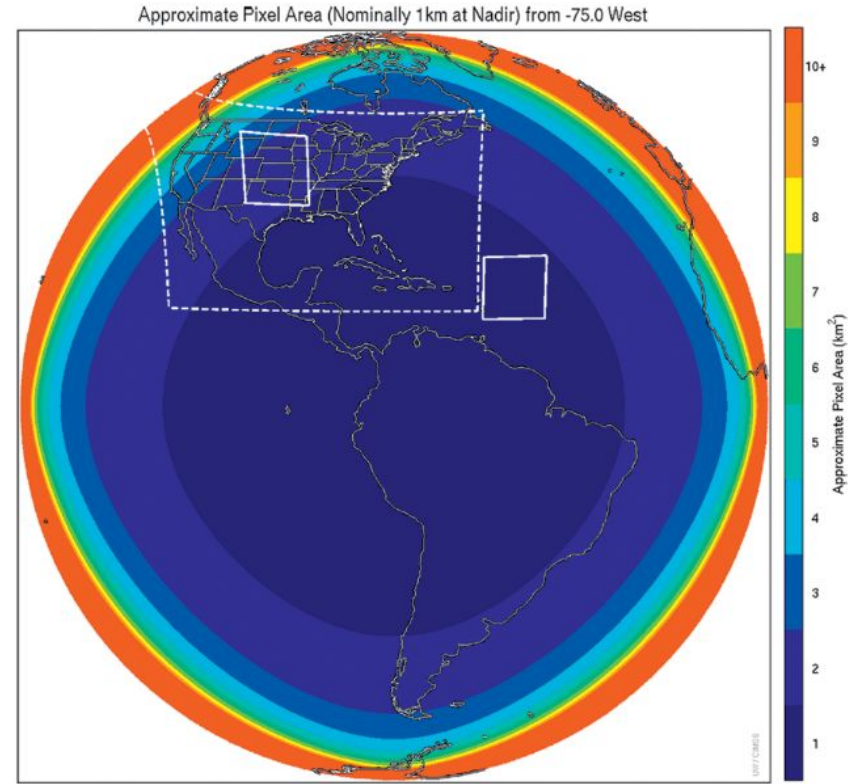
- **Full disk (FDK)** (10 min)
- **Continental United States (CONUS)** (5000 km por 3000 km) (5 min)
- **Mesoescala 1 (M1)** y **Mesoescala 2 (M2)** (1000 Km por 1000 Km) (60 seg)

Modos de escaneo:

Mode 4 : Modo de contingencia. FDK cada 5 min.

Mode 3 : Modo de enfriamiento. FDK cada 15 min., M1 y M2 cada 2 min.

Mode 6 : Modo operacional. FDK cada 10 min., CONUS cada 5 min., M1 y M2 cada 60 seg..



Sensor ABI

Niveles de los productos:

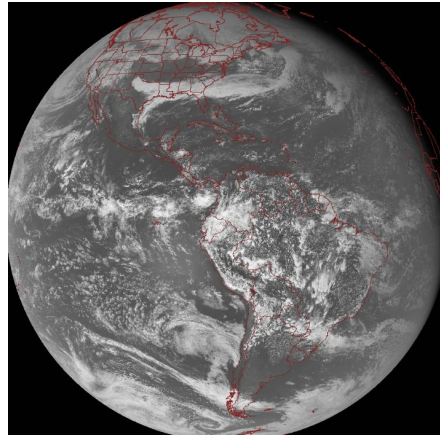
Nivel 0 (L0)

Números digitales.

73	8	26	43	22	22	37	15	45
60	54	42	30	32	30	21	12	12
244	228	132	31	22	21	30	6	27
235	223	225	120	87	37	38	12	25
255	255	225	189	140	62	40	7	24
255	255	255	229	167	94	34	24	17
255	255	235	226	181	117	90	16	27
255	255	255	238	203	159	136	80	35
246	255	255	227	232	205	214	138	38

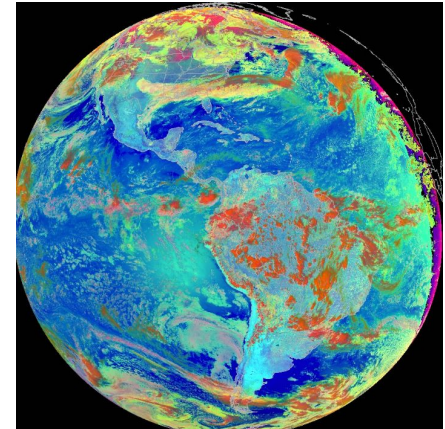
Nivel 1 (L1b)

Radiancia.



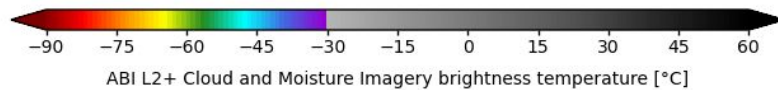
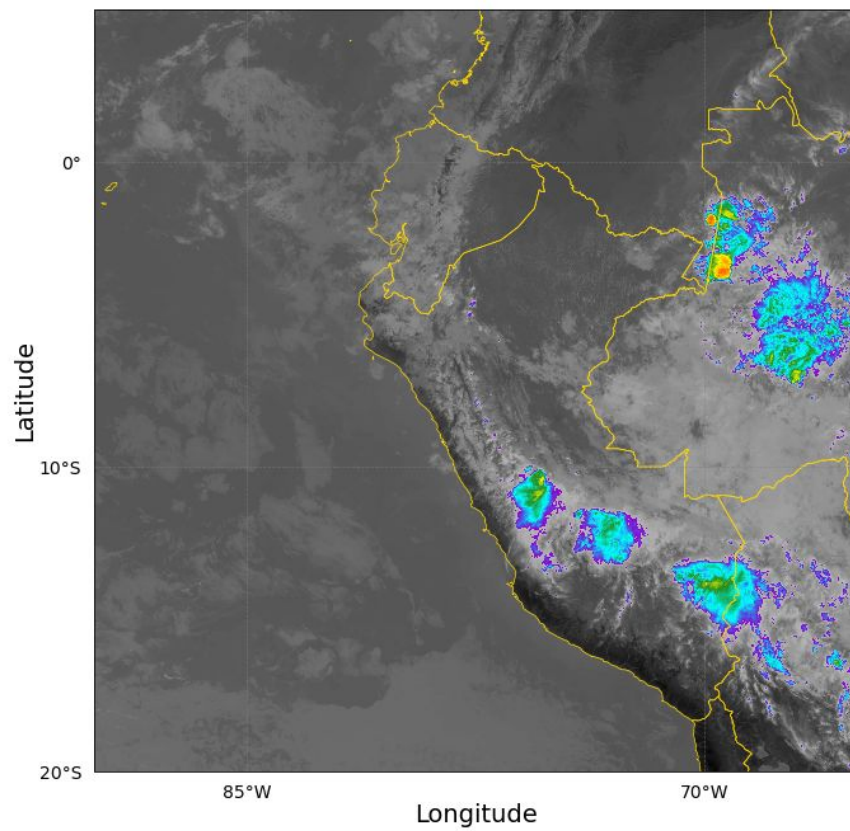
Nivel 2 (L2)

Reflectancia, temperatura de brillo, microfísica, etc.

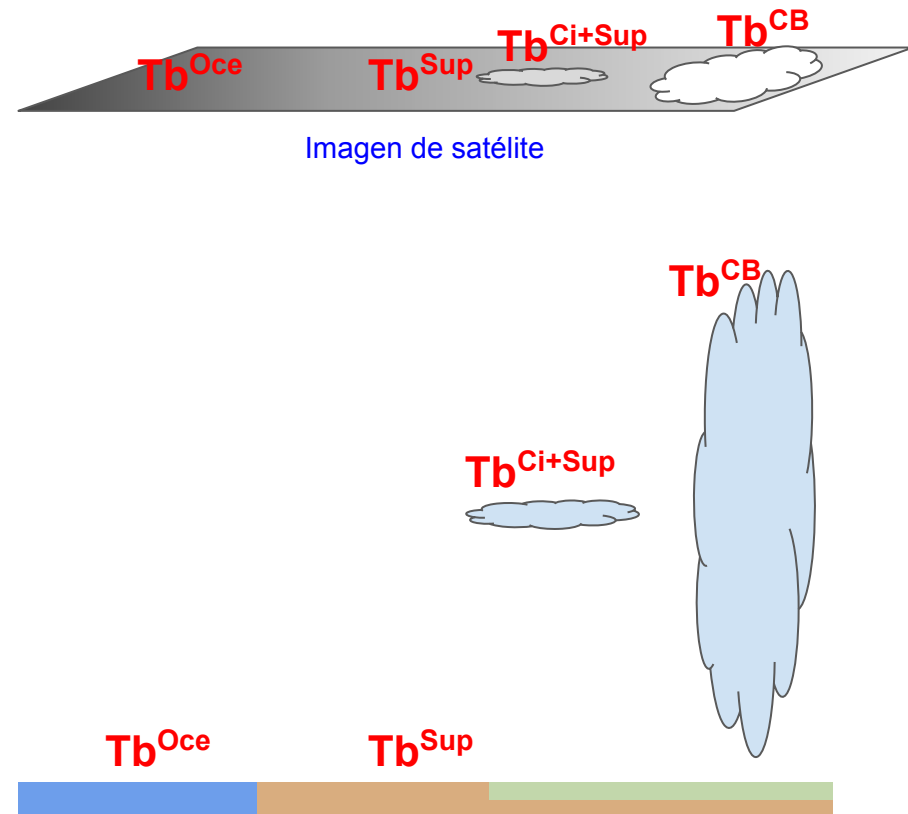
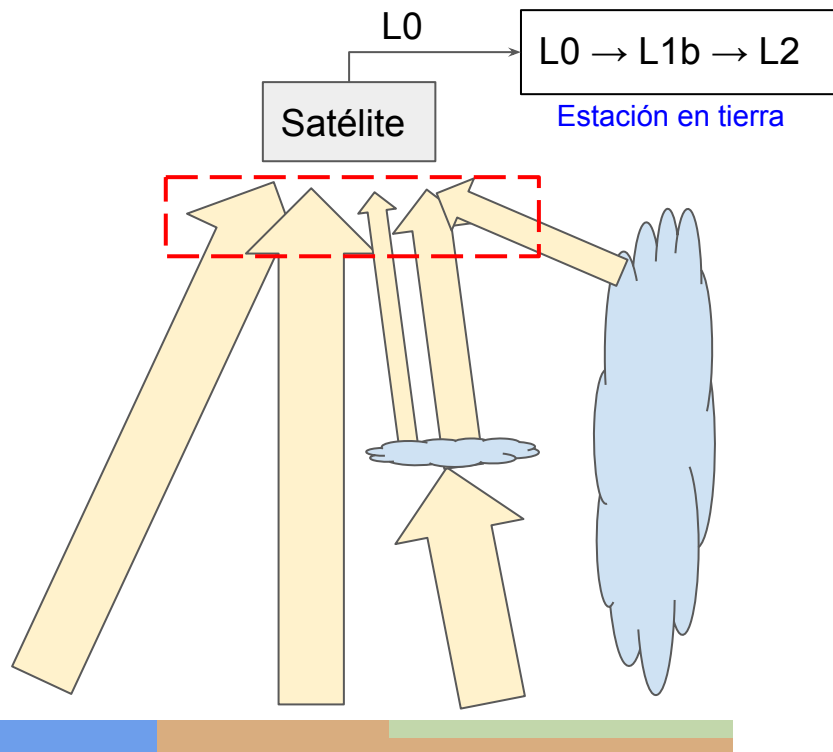
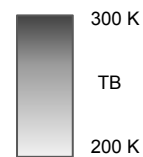


G16 - C13 [10.3 μm]

2021-01-29T16:00:16.7Z

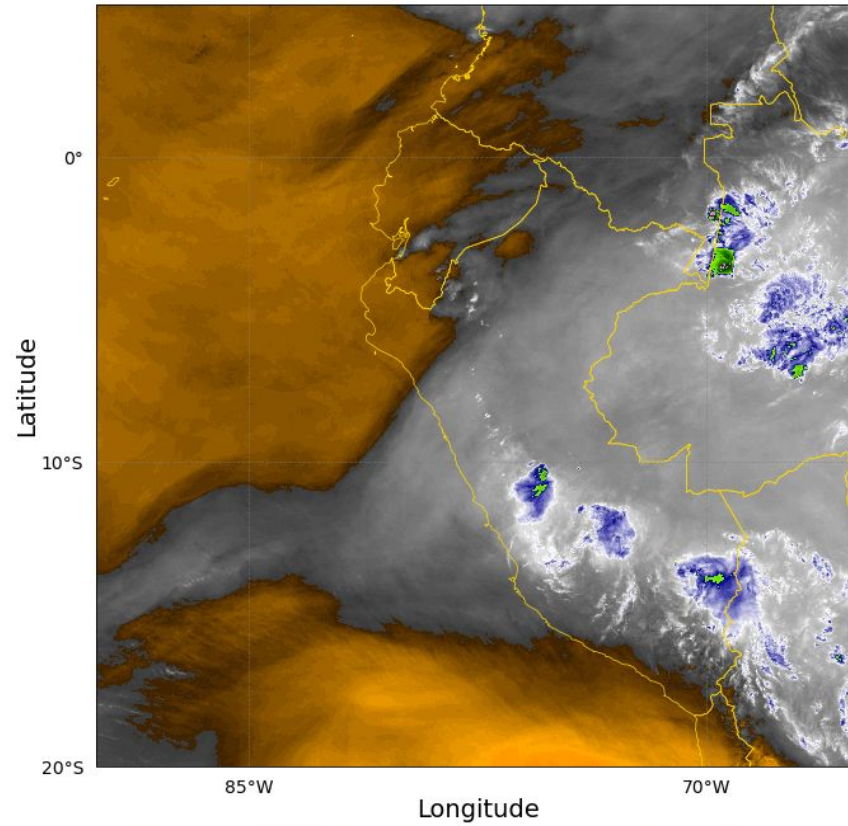


Interpretación del Canal 13 (ventana atmosférica)

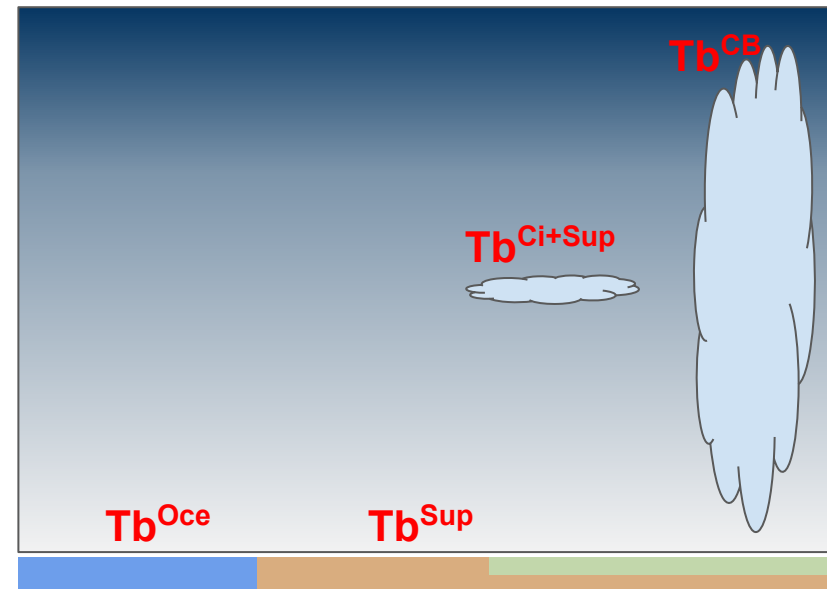
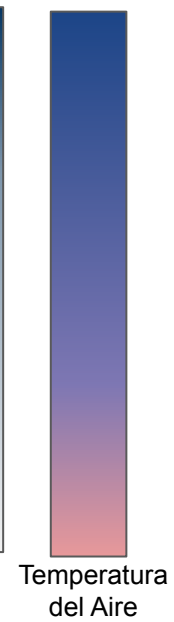
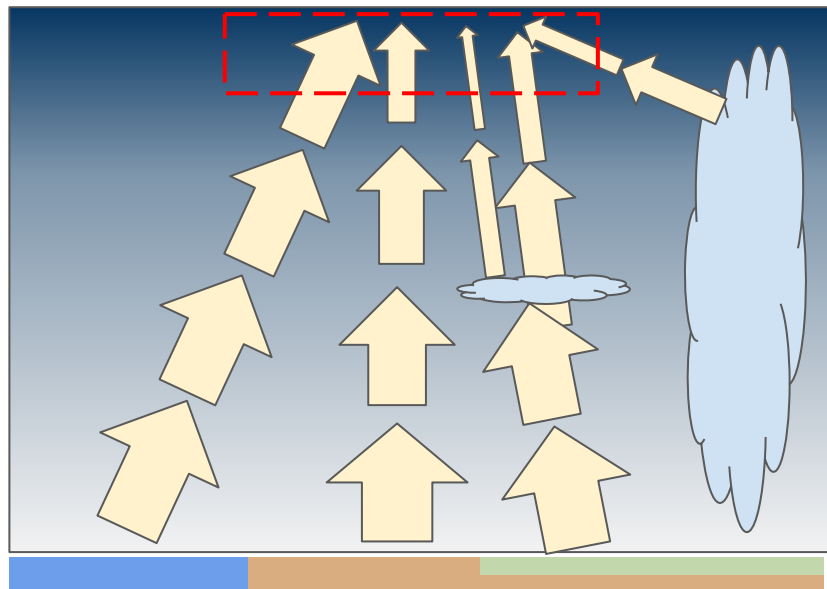
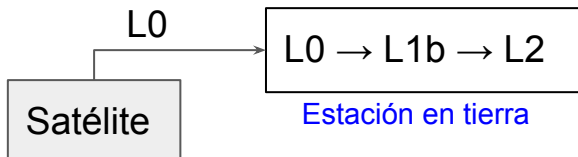
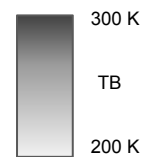


G16 - C8 [6.2 μm]

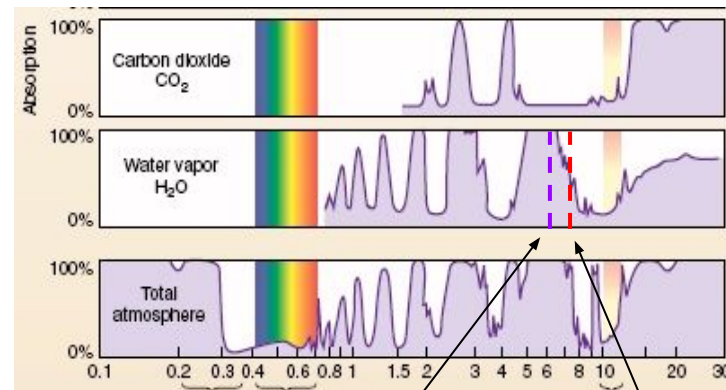
2021-01-29T16:00:16.7Z



Interpretación del Canal 08 (absorción del vapor de agua)

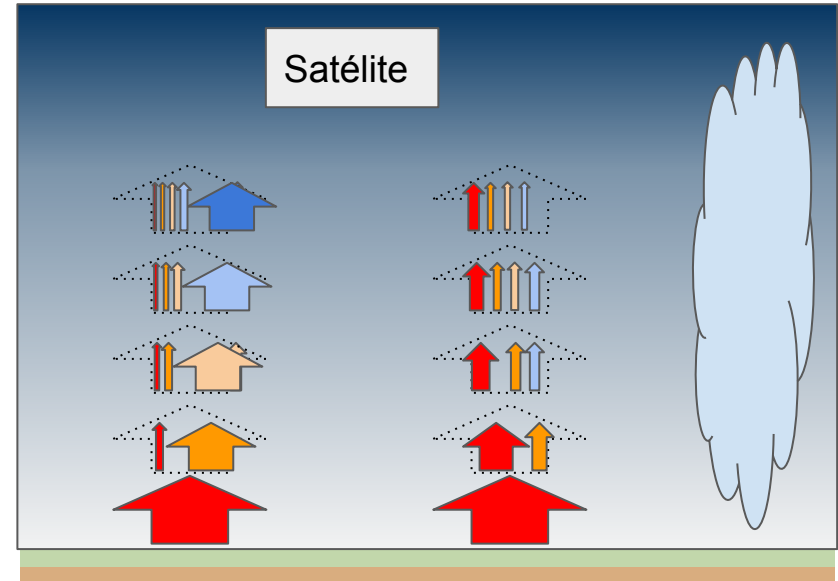
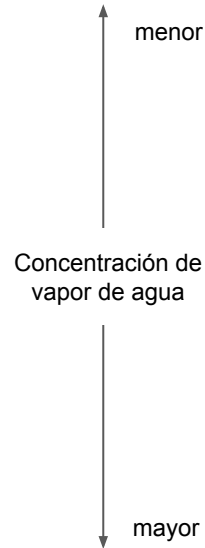
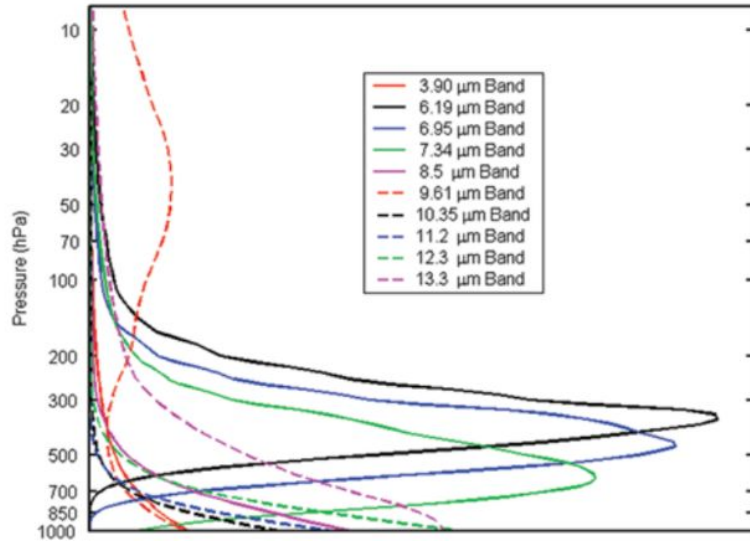


Función peso



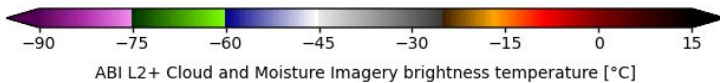
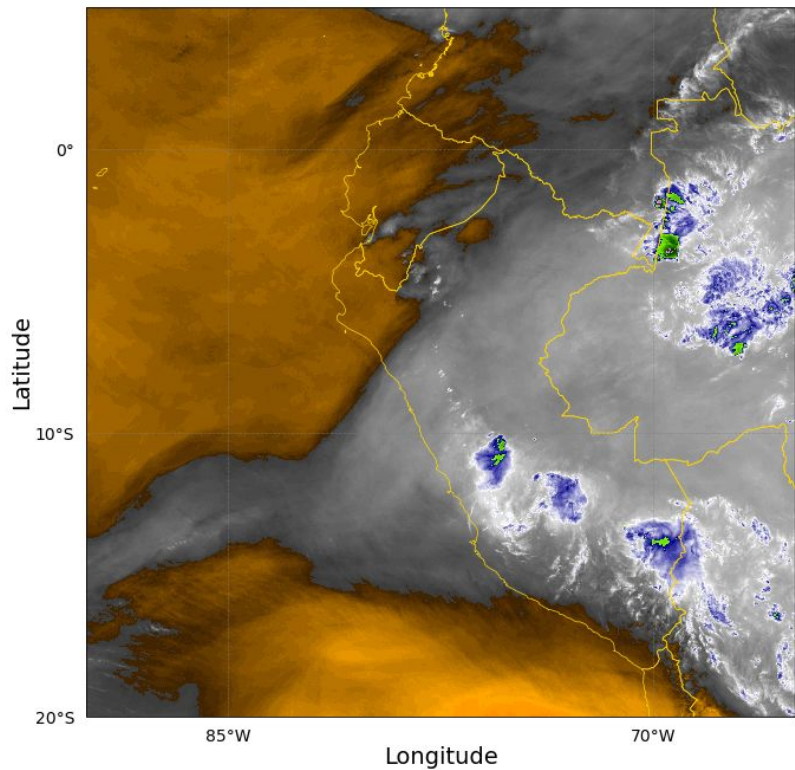
6.19 μm

7.34 μm

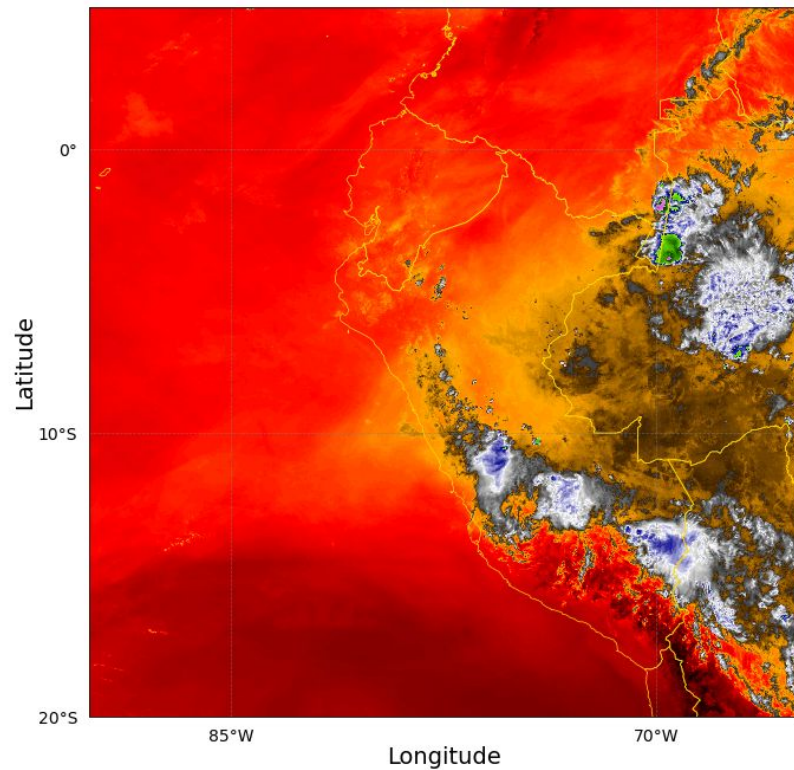


G16 - C8 [6.2 μm]

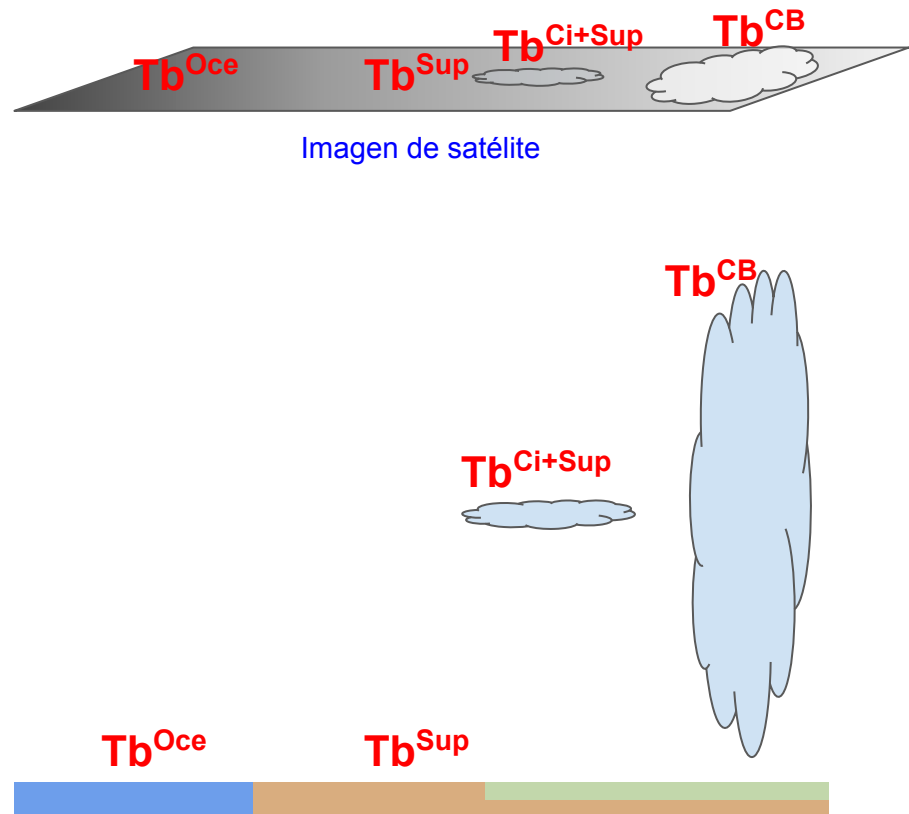
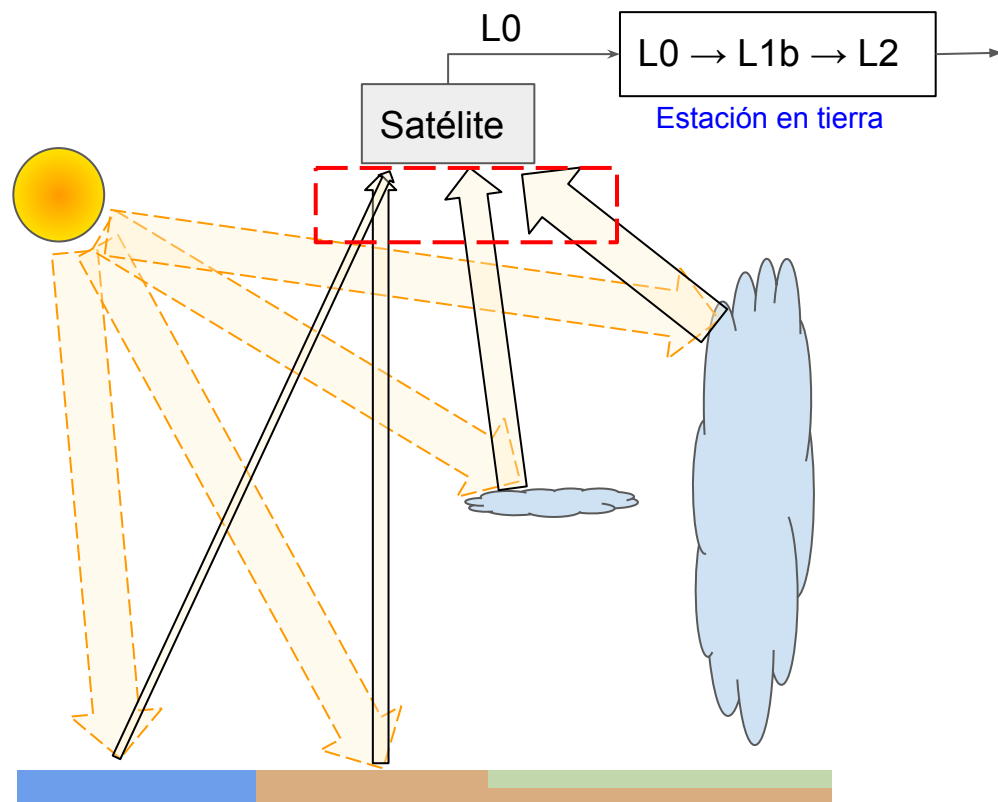
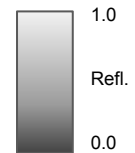
2021-01-29T16:00:16.7Z

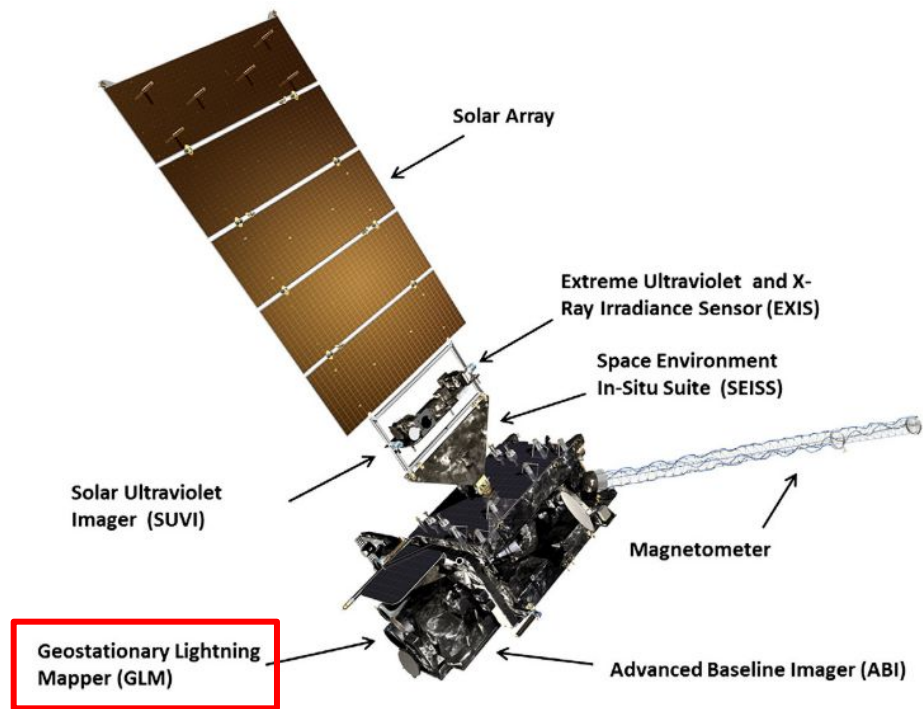
G16 - C10 [7.3 μm]

2021-01-29T16:30:16.7Z

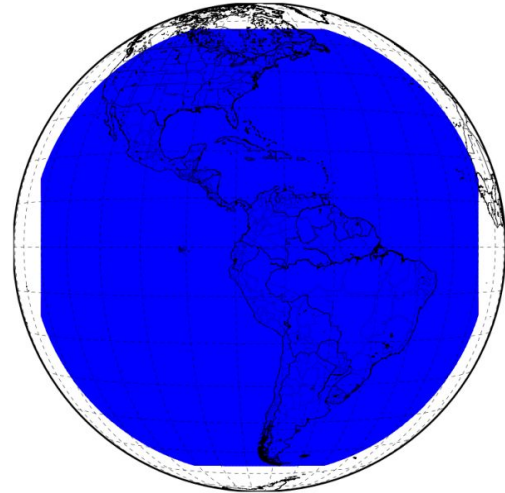


Interpretación del Canal 01



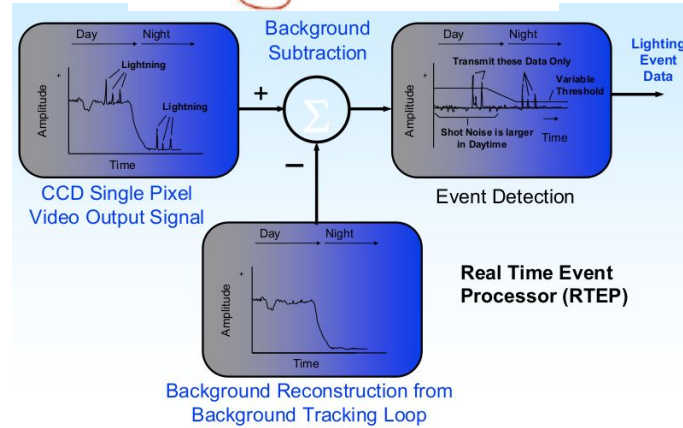
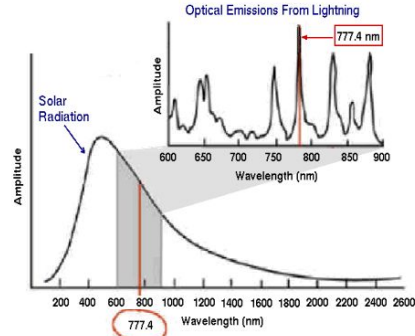


GLM

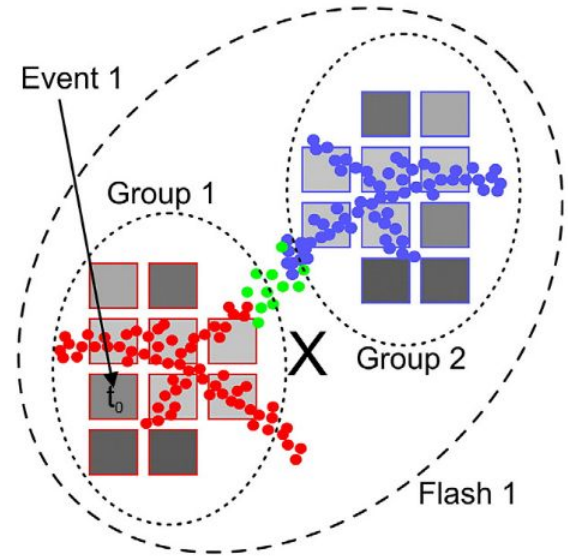


Matriz de 1372 x 1300 píxeles
8 km (Nadir) y 14 km (Borde)

Producción del autor.



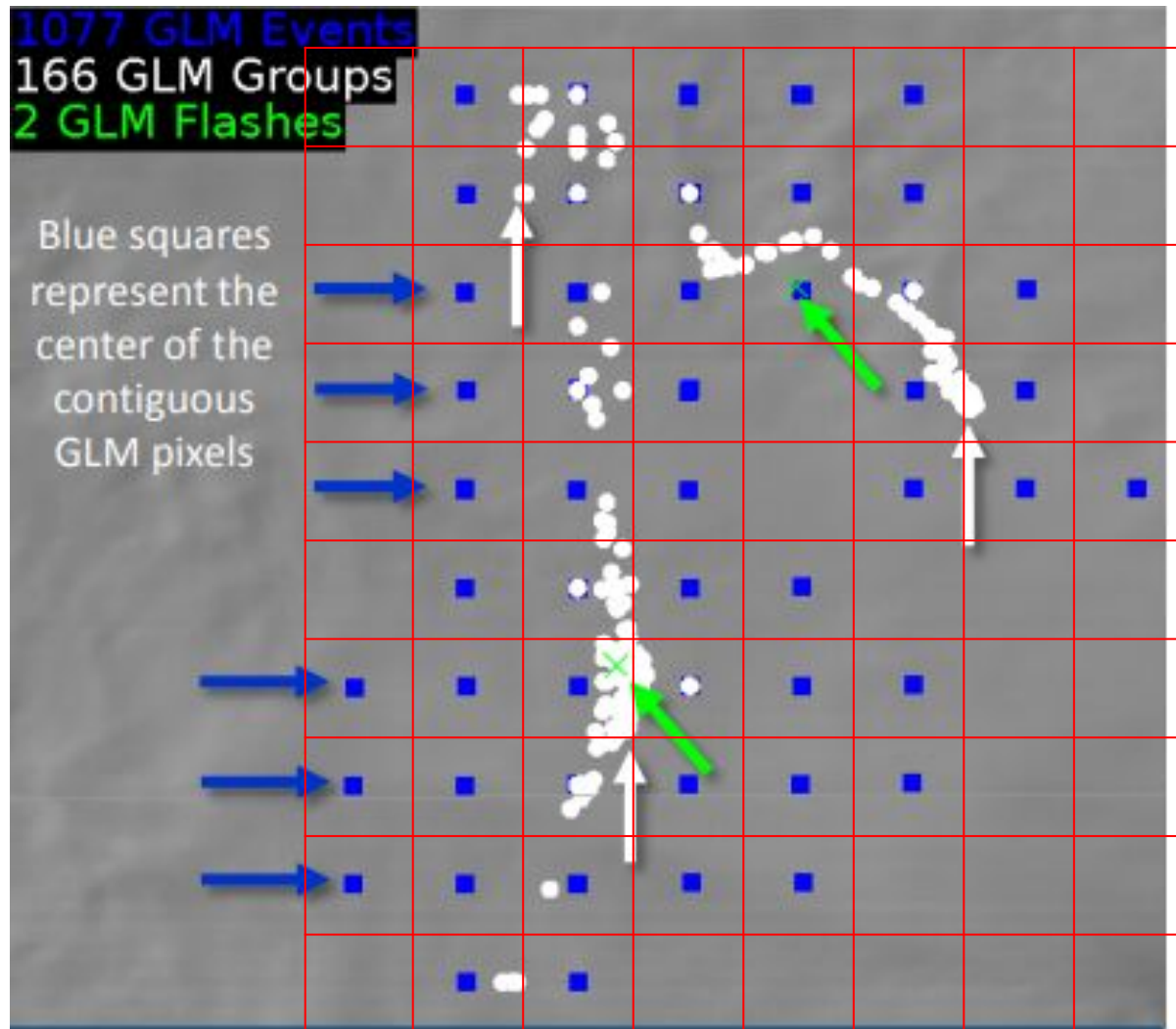
Goodman et al. (2008)



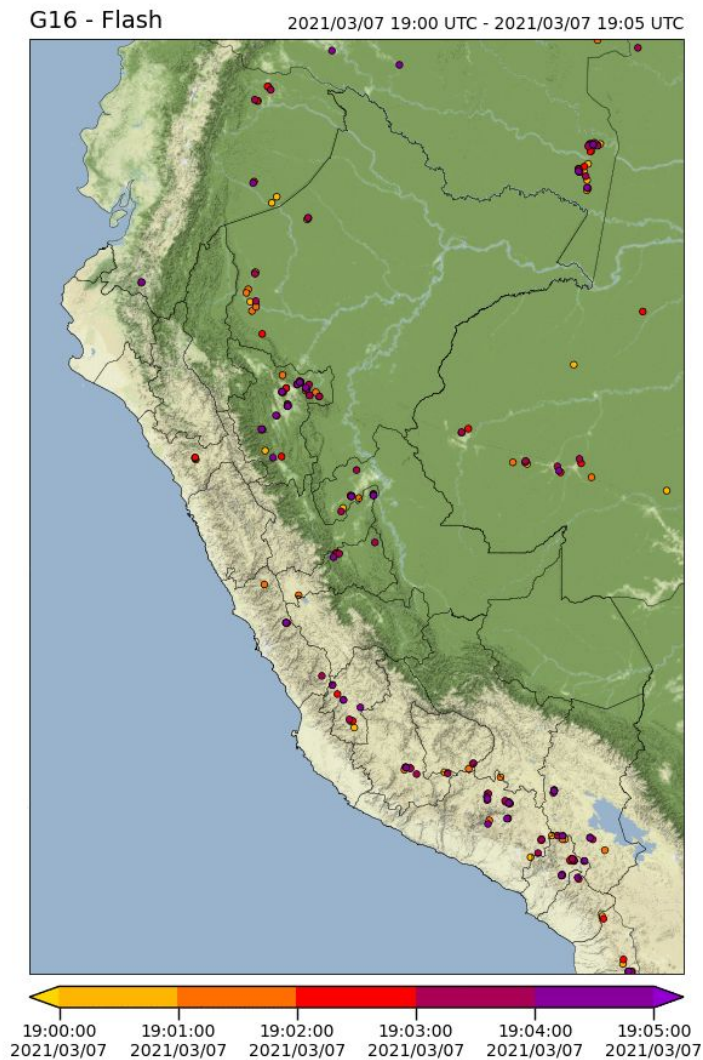
Evento: pixel que excede un determinado limiar
Grupo: eventos que son registrados en píxeles adyacentes
Flash: Conjunto de grupos separados no más de 330 ms y 16.5 Km

Goodman et al. (2013)

GLM - Productos



GLM - Product

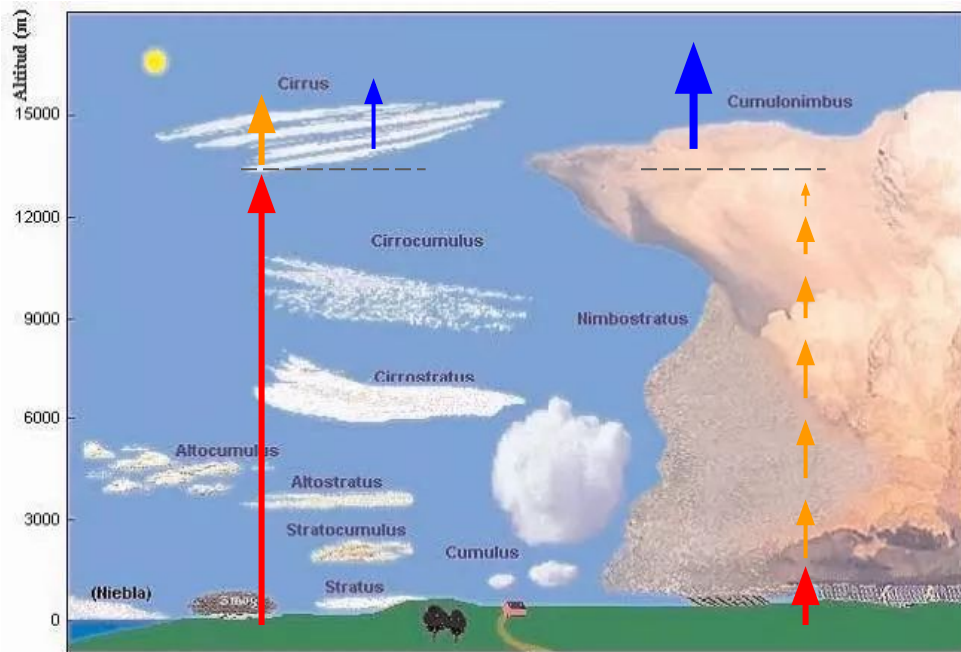




Operaciones entre canales

Profundidad de la nube

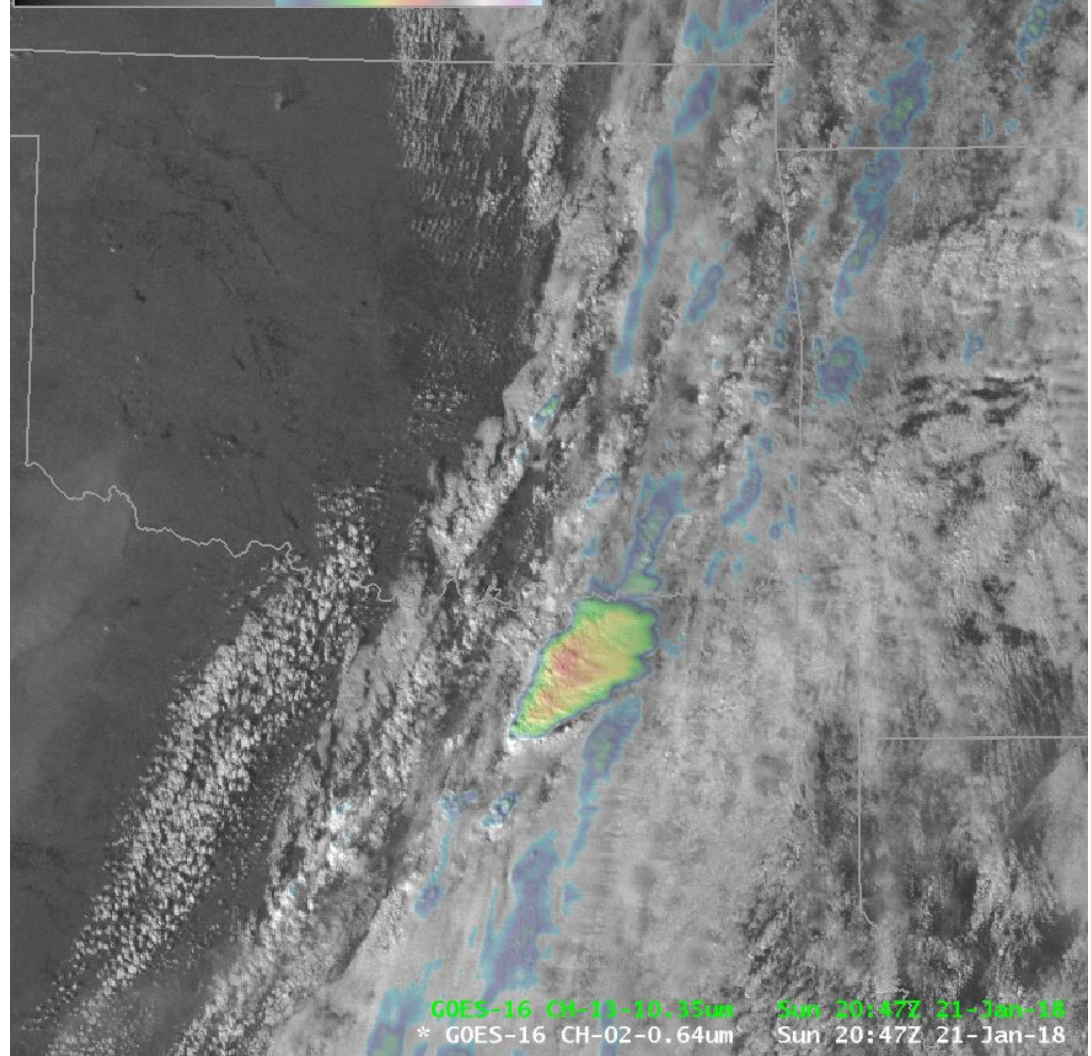
C13 ($10.35 \mu\text{m}$) : banda de poca absorción por el vapor de agua. Nos da una idea de la altura en la que se encuentra el tope de la nube.



Textura de la nube

Imagen Sandwich

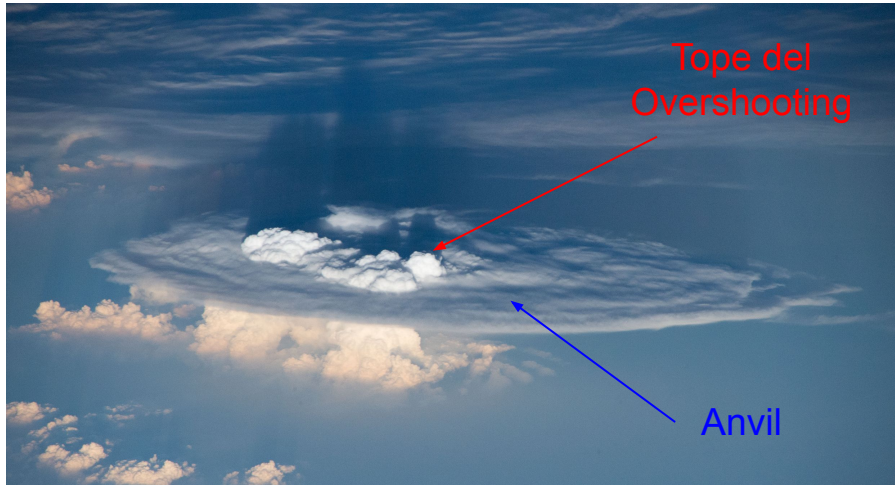
C13 + C02



Profundidad de la nube

C08 (WV) - C13 (IR)

- Los overshooting están relacionados con el tiempo severos de los sistemas convectivos.
- En esta región se presenta un flujo ascendente muy intenso que se relaciona con altas densidades de descargas eléctricas. Debido a este flujo intenso las nubes pasan la tropopausa.
- La diferencia positiva entre el canal 6.19 μm y el canal 10.35 μm indica la presencia de overshooting que alcanzan la tropopausa.



En nubes profundas:

$$TB_{6.19} - TB_{10.35} > 0$$

Ejemplo

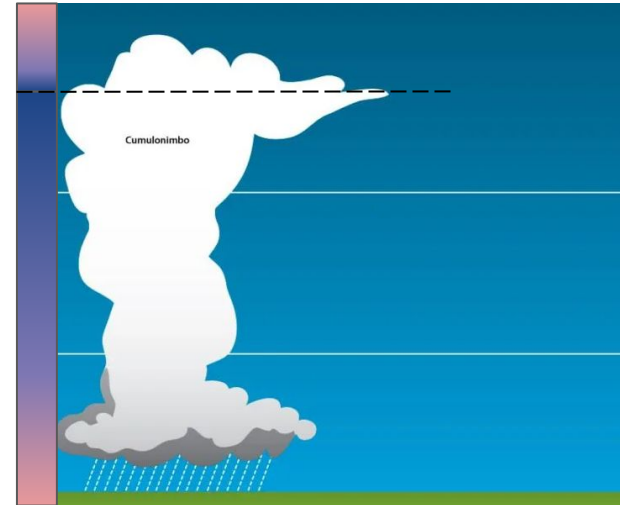
$$205 - 200 = 5$$

En cielo claro:

$$TB_{6.19} - TB_{10.35} < 0$$

Ejemplo

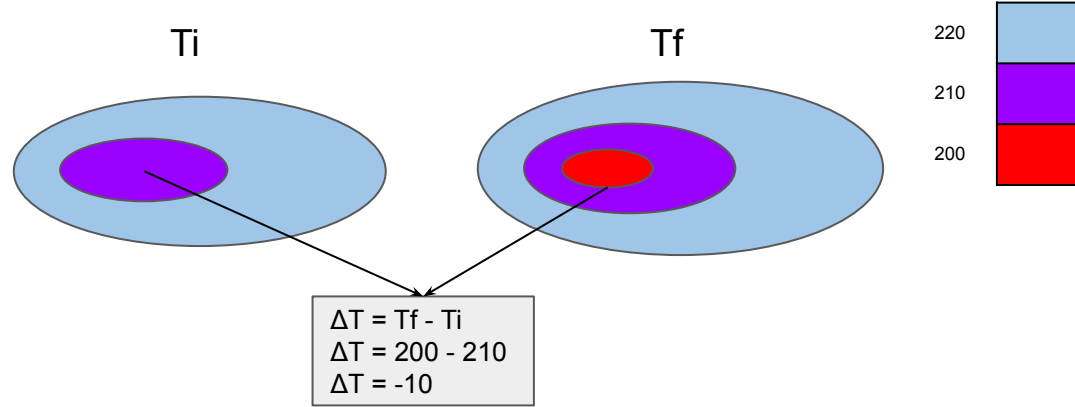
$$300 - 330 = -30$$



Flujo ascendente

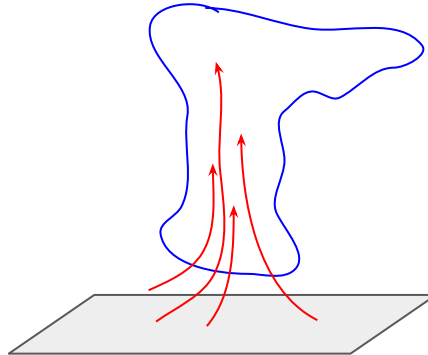
Variación de la temperatura de brillo

Variaciones entre -4 K y -8 K, en 15 minutos indican un débil flujo ascendente, mientras que variaciones menores que -8 K, se asocian con flujos ascendentes intensos.

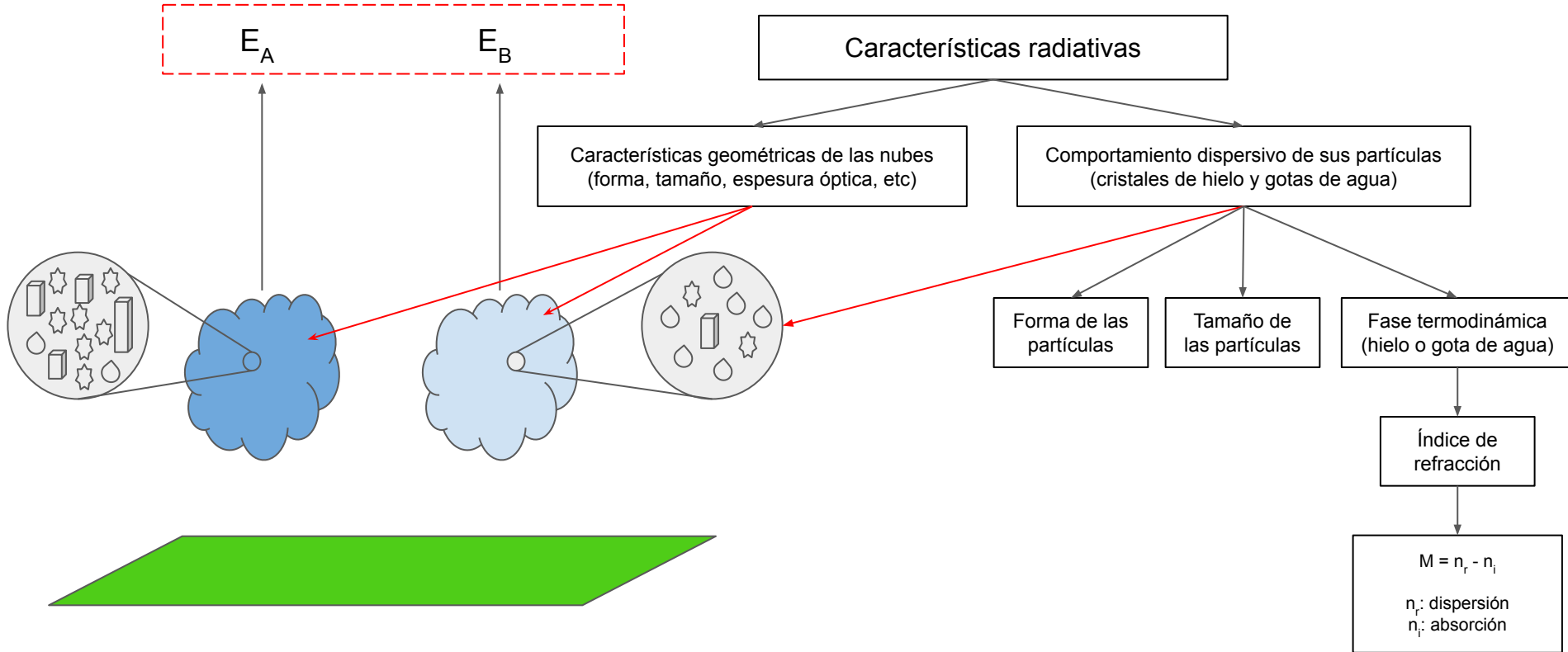


Incremento de partículas pequeño en el tope de la nube

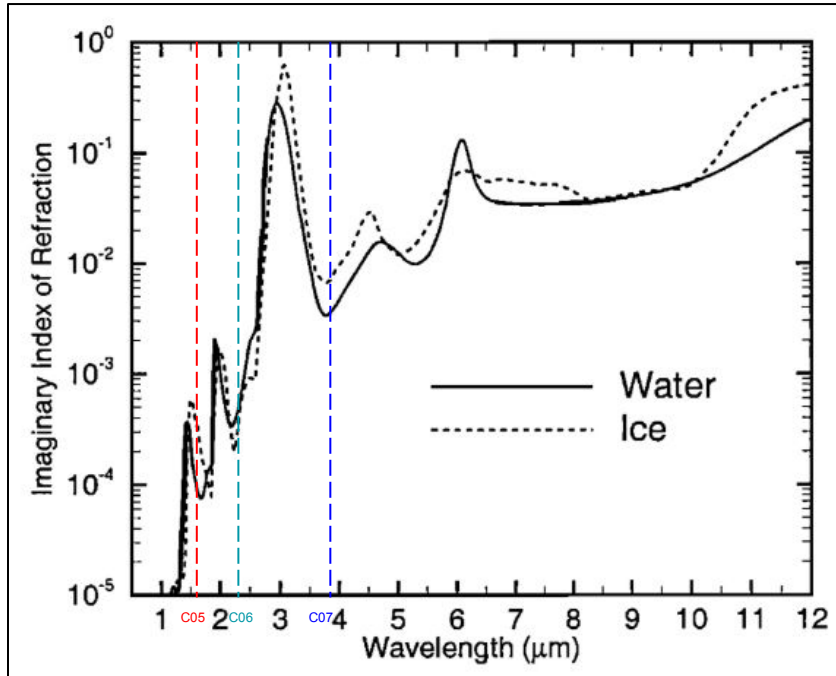
Nubes con un mayor desarrollo convectivo presentan un flujo ascendente más intenso. Este flujo intenso impide que las partículas aumenten su tamaño, observándose una mayor cantidad de partículas pequeñas en el tope de estas nubes.



Tamaño de las partículas



Tamaño de las partículas

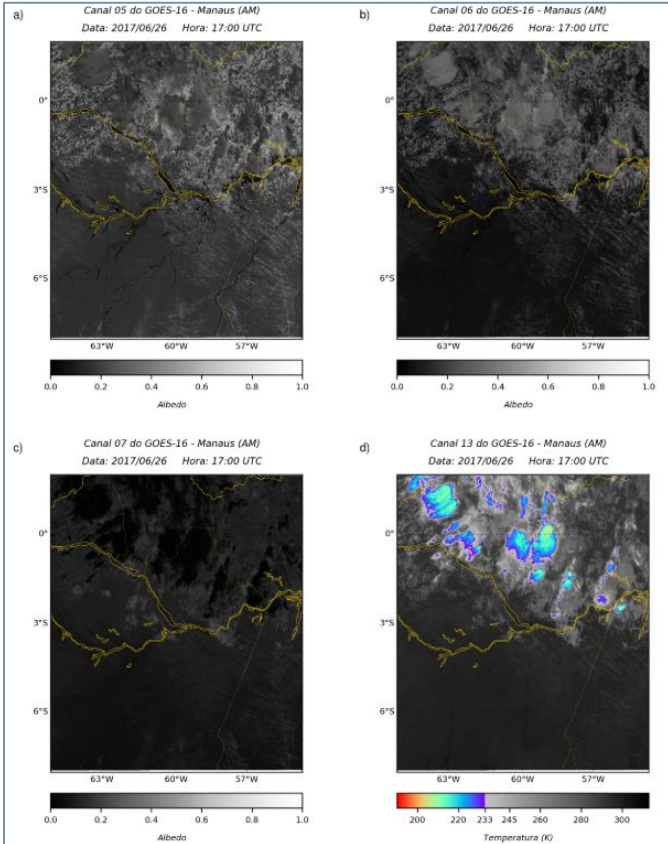


En C05 (1.6 μm): $n_{i(\text{ice})} > n_{i(\text{water})}$: $\text{Refl}_{\text{ice}} < \text{Refl}_{\text{water}}$

En C06 (2.2 μm): $n_{i(\text{ice})} \approx n_{i(\text{water})}$: $\text{Refl}_{\text{ice}} \approx \text{Refl}_{\text{water}}$

En C07 (3.9 μm): $n_{i(\text{ice})} > n_{i(\text{water})}$: $\text{Refl}_{\text{ice}} < \text{Refl}_{\text{water}}$

Tamaño de las partículas



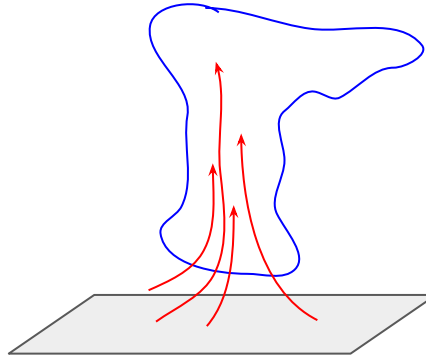
En el caso de las bandas 1.6 μm , 2.2 μm y 3.9 μm , el tamaño de las partículas es parámetro más relevante en el comportamiento radiativo de las nubes. Partículas con un mayor tamaño, al cubrir una mayor área, absorben energía en mayor proporción que las partículas de menor tamaño. Por lo tanto, si consideramos nubes con un mismo tipo de partículas (hielo o gotas de agua) tenemos el siguiente comportamiento:

Mayor tamaño

Menor tamaño



Albedo

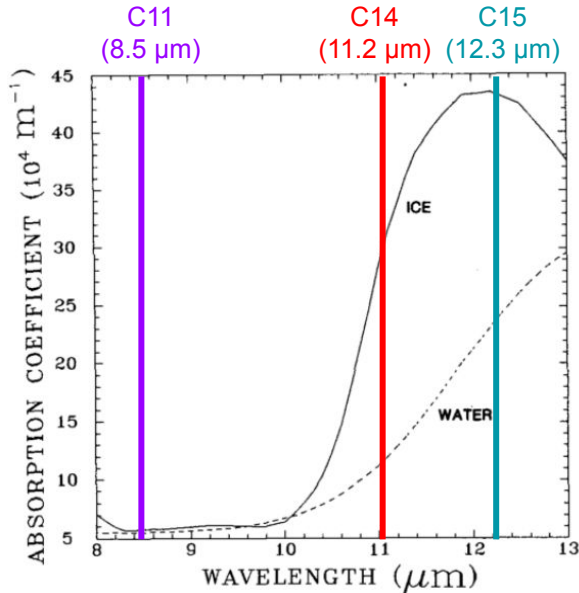


Nubes con un **mayor desarrollo convectivo** presentan un **flujo ascendente más intenso**. Este flujo intenso no da el tiempo suficiente para que las partículas aumenten su tamaño, observándose en este tipo de nubes partículas más pequeñas.

Glaciación en el tope de la nube

Diferencia tri-espectral

- Identificación de la fase termodinámica de los hidrometeoros del tope de las nubes.



Nubes de hielo:

$$(T_{8.5} - T_{11.2}) > (T_{11.2} - T_{12.3})$$

$$(T_{8.5} - T_{11.2}) - (T_{11.2} - T_{12.3}) > 0$$

Ejemplo:

$$(270 - 265) - (265 - 262) > 0$$

$$5 - 2 > 0$$

$$3 > 0$$

Nubes de agua líquida:

$$(T_{8.5} - T_{11.2}) < (T_{11.2} - T_{12.3})$$

$$(T_{8.5} - T_{11.2}) - (T_{11.2} - T_{12.3}) < 0$$

Ejemplo:

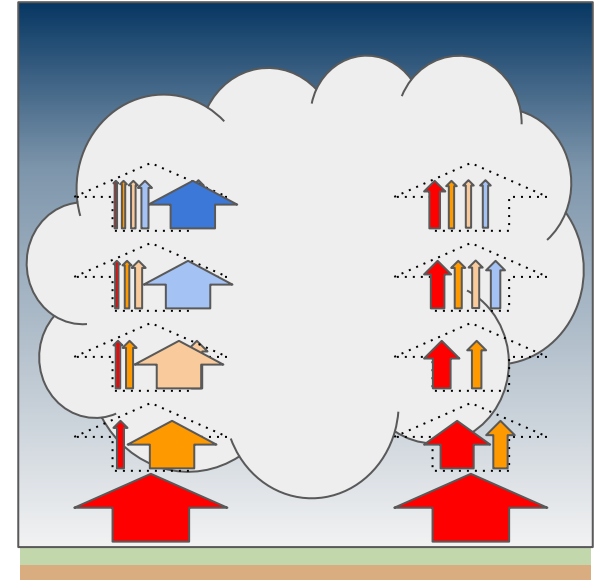
$$(270 - 268) - (268 - 263) > 0$$

$$2 - 5 < 0$$

$$-3 < 0$$

Mayor
absorción

Menor
absorción





Composición RGB

Qué es el RGB?

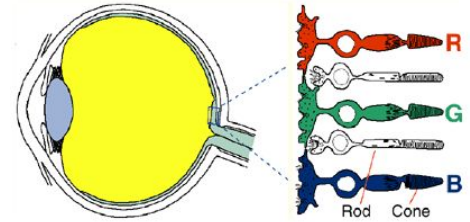
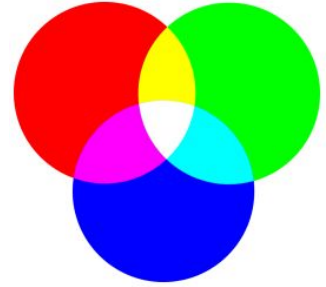
Es un modelo cromático que permite representar colores a través de la combinación de la iluminación de los colores rojo (Red, **R**), verde (Green, **G**) y azul (Blue, **B**).

Este modelo sigue un proceso análogo al que realiza nuestro cerebro al combinar la energía que captan tres fotorreceptores (conos) ubicados en nuestros ojos.

Cono S: 440 nm

Cono M: 530 nm

Cono L: 560 nm

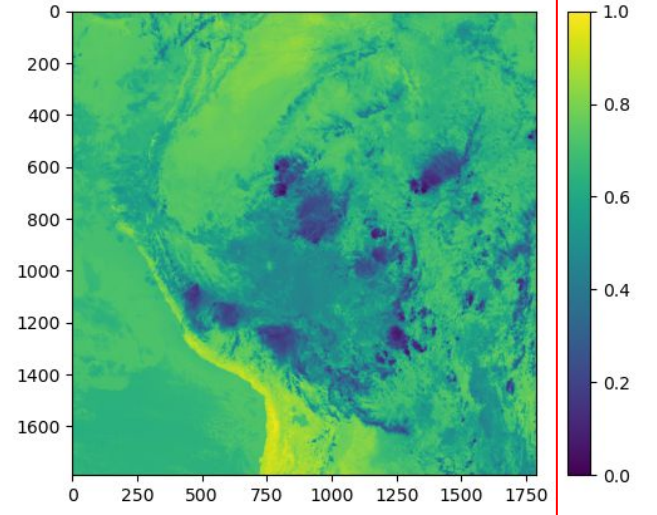
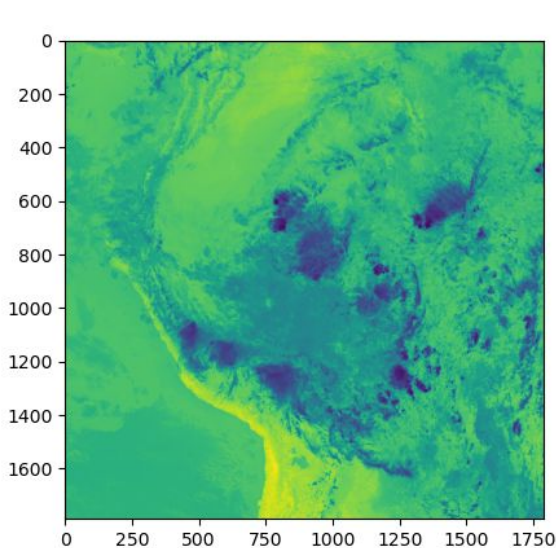


https://www.w3schools.com/colors/colors_rgb.asp

Normalización

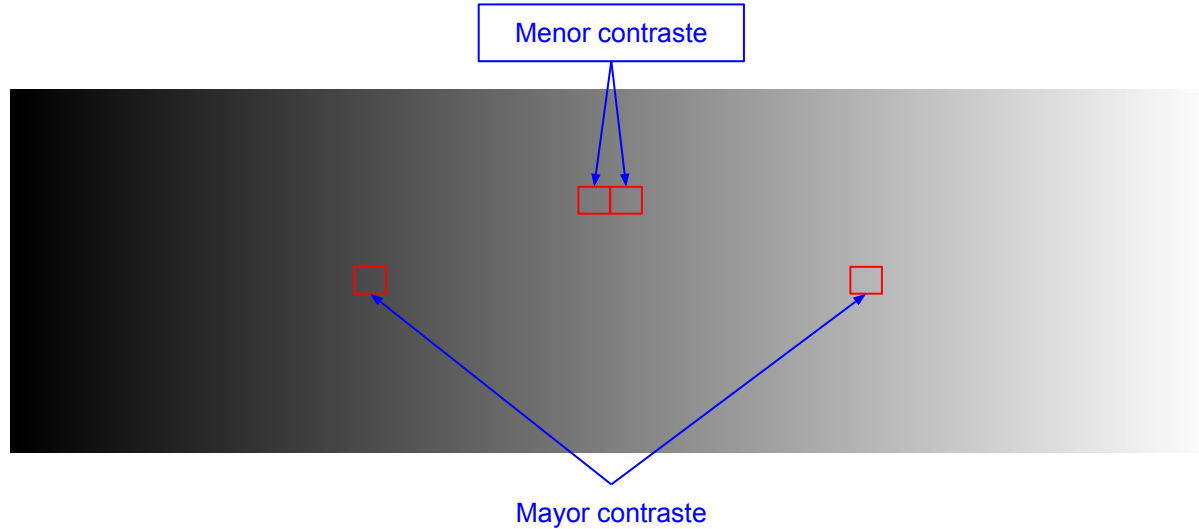
Es un procedimiento que se le aplica a uno o varios conjunto de datos para convertir su rango de valores en una escala de valores estándar o común entre ellos.

$$N = \frac{V - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}$$



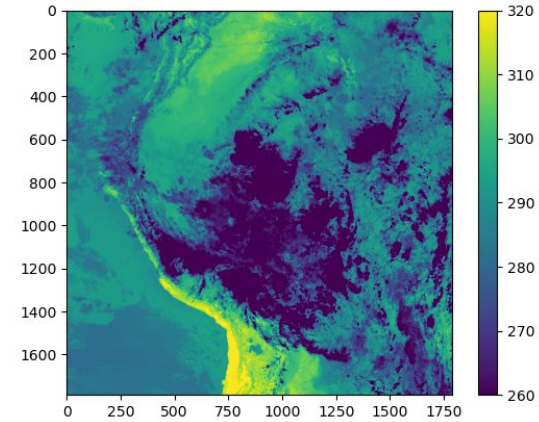
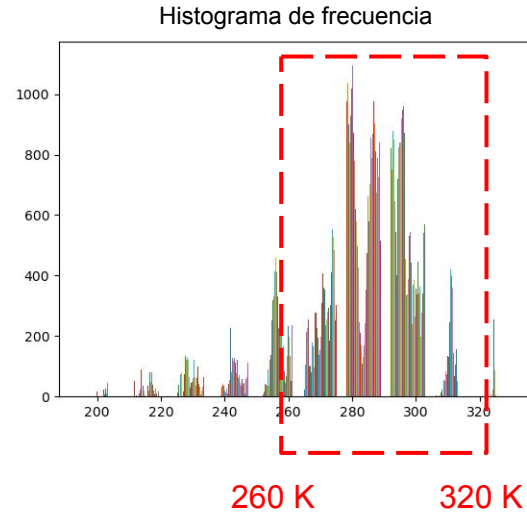
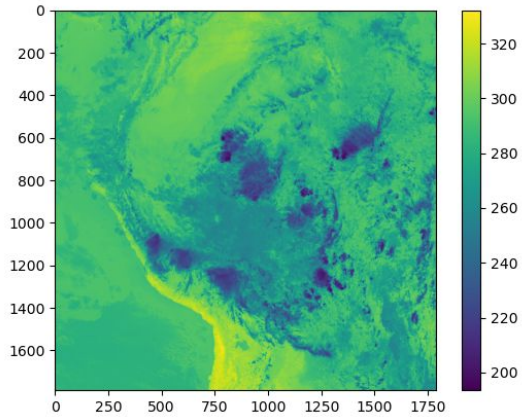
Contraste de colores

Es la diferencia en las características de uno o más colores.



Mejoramiento del contraste

- Acotando el rango de valores

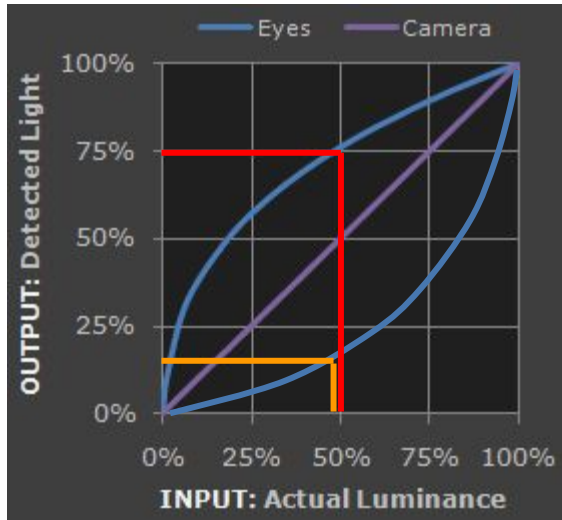


Mejoramiento del contraste

- Utilizando una función de corrección como la gamma

Es un procedimiento utilizado en las imágenes, con el propósito de disminuir el rango de valores y así disminuir su tamaño (almacenamiento). Es utilizado para ampliar o disminuir el número de tonalidades en una escala de colores.

$$V_S = V_E^{(1/\gamma)}$$



$\gamma = 1$



$\gamma < 1$

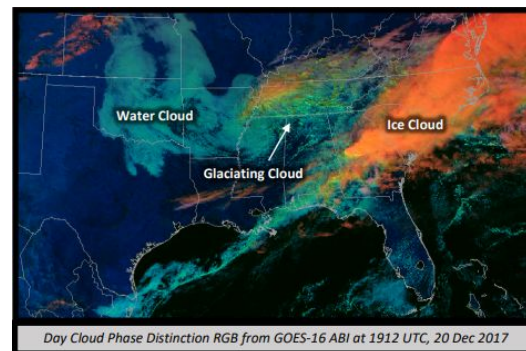
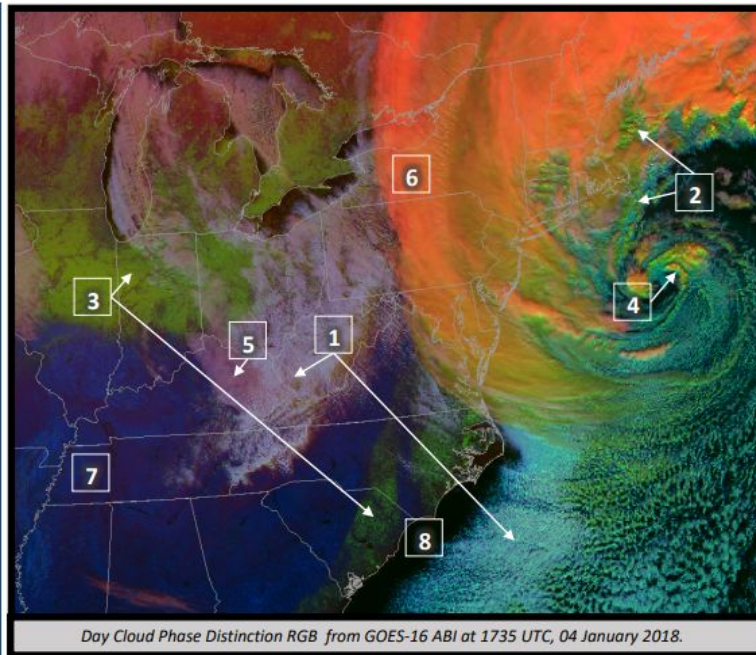


$\gamma > 1$



Day cloud phase distinction RGB

- 1** Low level clouds with water droplets (cyan, lavender)
- 2** Glaciating clouds (green)
- 3** Snow (shades of green)
- 4** Thick high level clouds with ice particles (yellow)
- 5** Thin mid level clouds with water droplets (magenta)
- 6** Thin high-level clouds with ice particles (red-orange)
- 7** Land surface (shades of blue)
- 8** Water surface (black)



Color	Band (μm)	Min to Max Gamma	Physically Relates to...	Interpretación	
Red	10.3 (Ch. 13)	7.5 to -53.5 °C 1	Surface or cloud top temperature	Warm: land (seasonal), ocean	Cold: land (winter), snow, high clouds
Green	0.64 (Ch. 2)	0 to 78 % albedo 1	Reflectance of clouds and surfaces	Water, vegetation, land	Cloud, snow, white sand
Blue	1.6 (Ch. 5)	1 to 59 % albedo 1	Reflectance, particle phase	Ice particles	Water particles, land surface

4
R: alto [...]
G: alto [...]
B: bajo [...]

6
R: alto [...]
G: medio [...]
B: bajo [...]

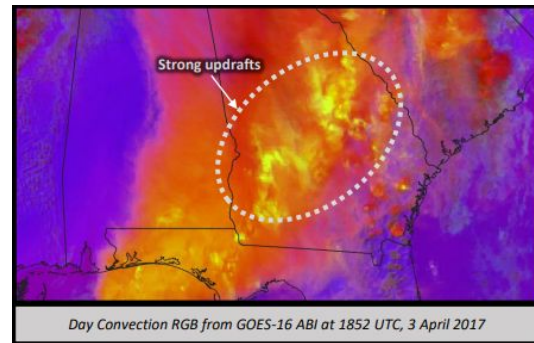
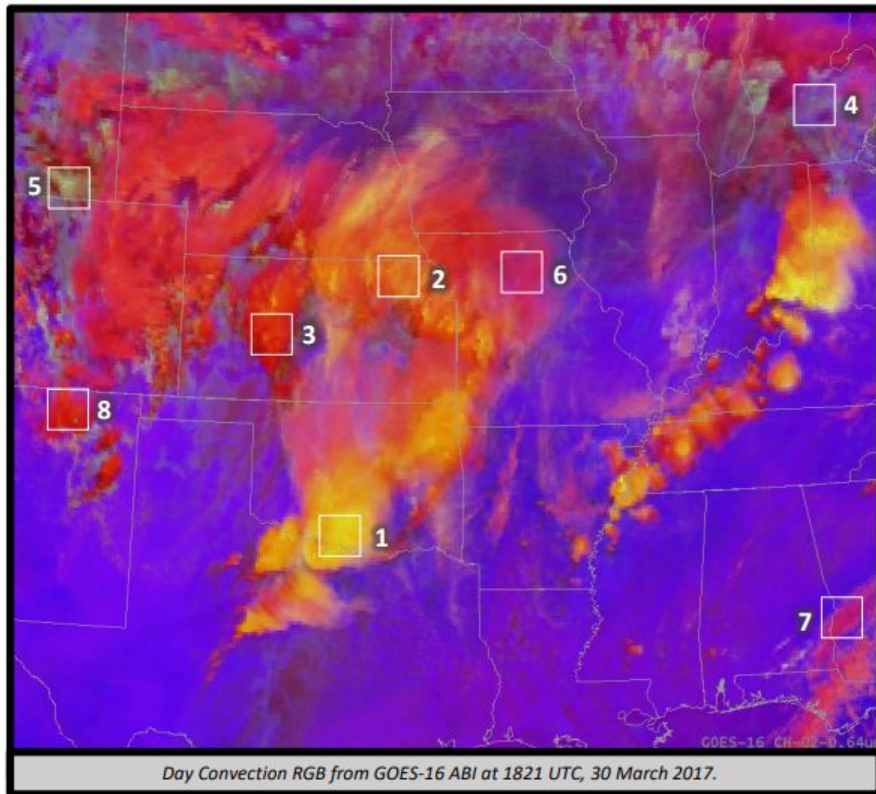
1
R: medio-bajo [...]
G: medio-alto [...]
B: medio-alto [...]

Day Convection RGB

RGB Interpretation

- 1** Strong convection, small ice particles (bright yellow)
- 2** Moderate convection, large ice particles (orange)
- 3** Weak convection, large ice particles (red)
- 4** Low- to mid-water clouds (light blue)
- 5** Mid clouds, thick, small water or ice particles (light green)
- 6** Thin cirrus, large ice particles (pink)
- 7** Thin cirrus, small ice particles (purple)
- 8** High, thick clouds, large ice particles (dark red)

Note: colors may vary diurnally, seasonally, and latitudinally



Color	Band / Band Diff. (μm)	Min – Max Gamma	Physically Relates to...	Interpretación	
Red	6.2 – 7.3	-35.0 to 5.0 C 1	Cloud height	Low clouds	High clouds
Green	3.9 – 10.3	-5.0 to 60.0 C 1	Particle size	Large ice/water particles, weak updrafts	Small ice/water particles, strong updrafts
Blue	1.6 – 0.64	-0.75 to 0.25 % 1	Cloud phase	Ice clouds	Water clouds

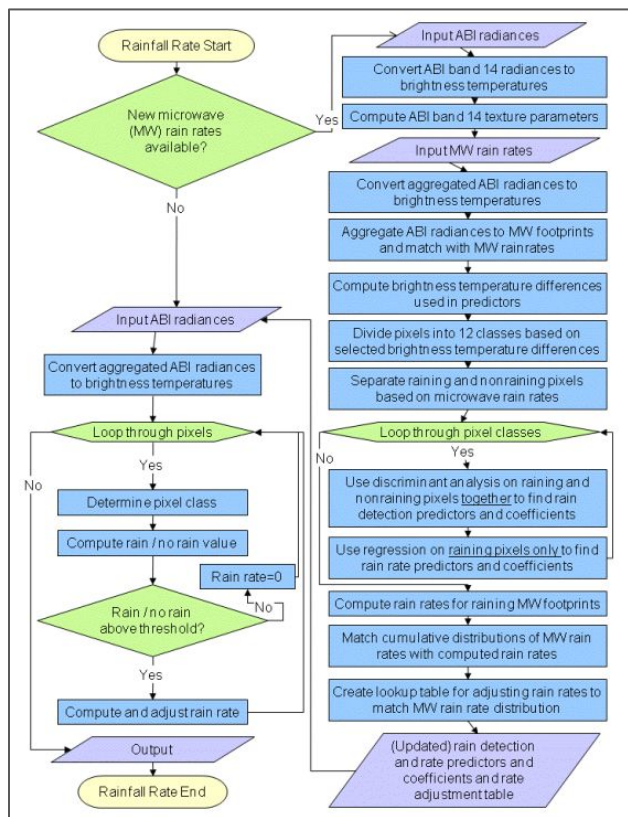
1 R: alto [...]
G: alto [...]
B: bajo [...]

4 R: medio [...]
G: medio-alto [...]
B: alto [...]

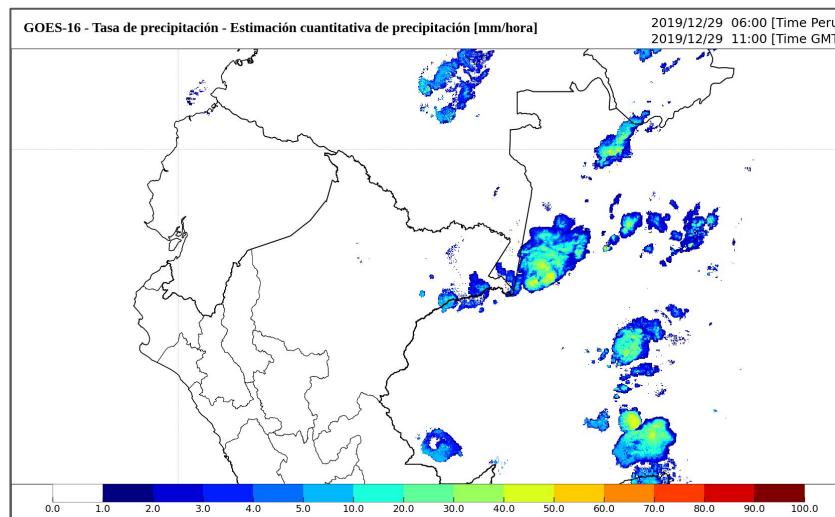


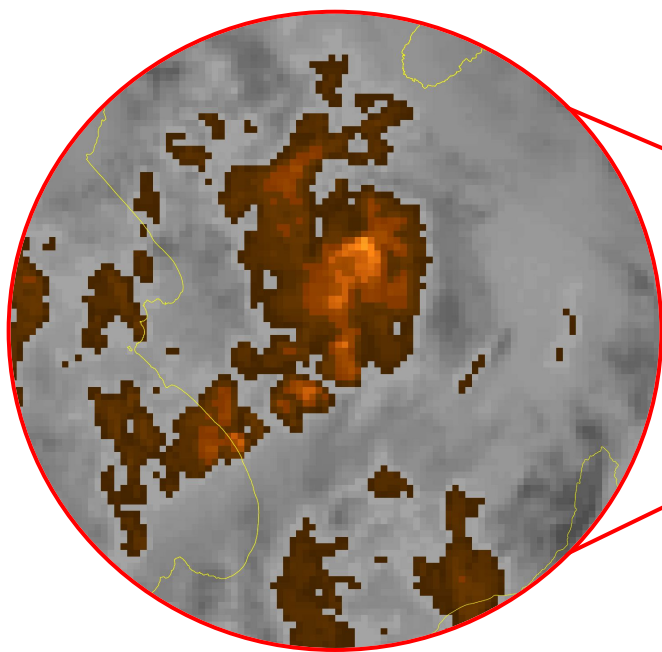
Productos derivados

Rainfall Rate/Quantitative Precipitation Estimation (RRQPE)



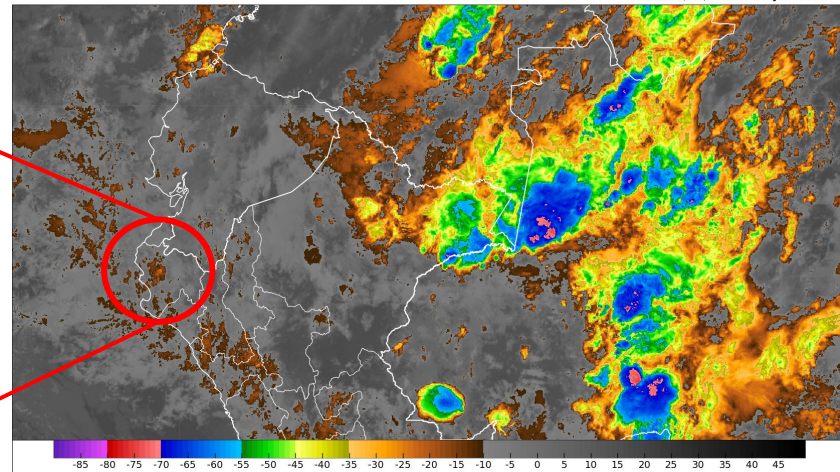
Channel Number	Wavelength (μm)	Resolution (km)	Used in Rain Rate
1	0.47	1.0	
2	0.64	0.5	
3	0.865	1.0	
4	1.378	2.0	
5	1.61	1.0	
6	2.25	2.0	
7	3.9	2.0	
8	6.19	2.0	✓
9	6.95	2.0	
10	7.34	2.0	✓
11	8.5	2.0	✓
12	9.61	2.0	
13	10.35	2.0	
14	11.2	2.0	✓
15	12.3	2.0	✓
16	13.3	2.0	





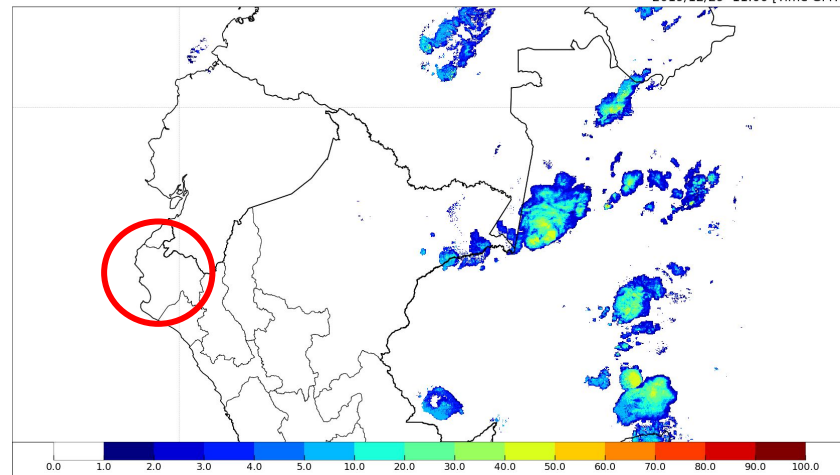
GOES-16 - Canal 13 [10.35 μm] - Temperatura de brillo [°C]

2019/12/29 06:00 [Time Peru]
2019/12/29 11:00 [Time GMT]



GOES-16 - Tasa de precipitación - Estimación cuantitativa de precipitación [mm/hora]

2019/12/29 06:00 [Time Peru]
2019/12/29 11:00 [Time GMT]



PERÚ

f t in

Piura: Calles amanecieron inundadas debido a las fuertes lluvias registradas esta madrugada

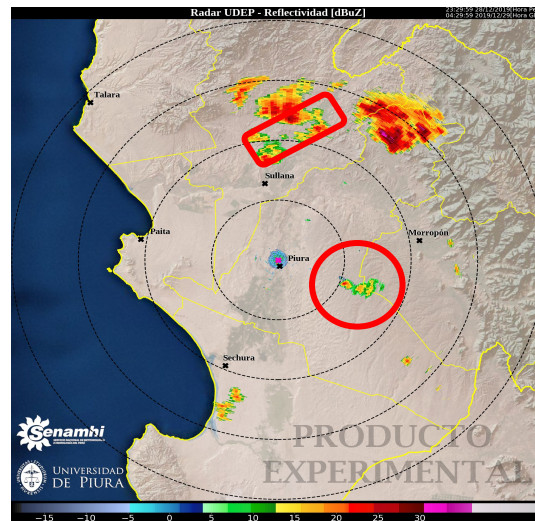
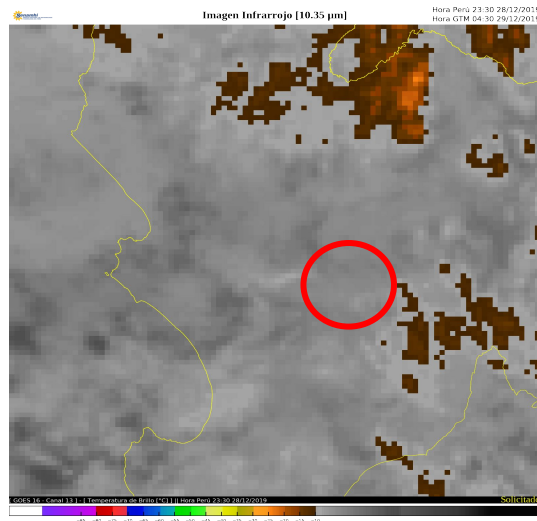
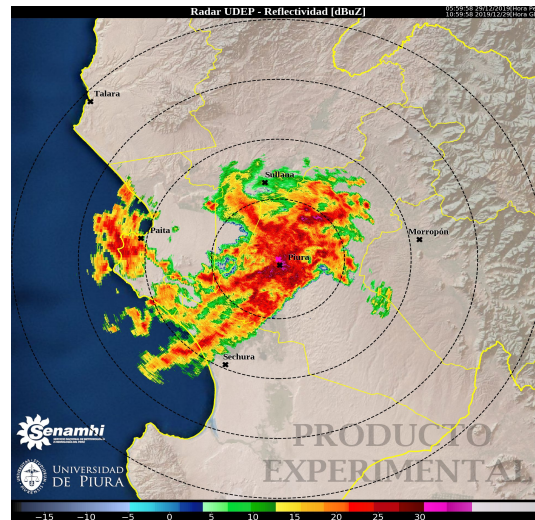
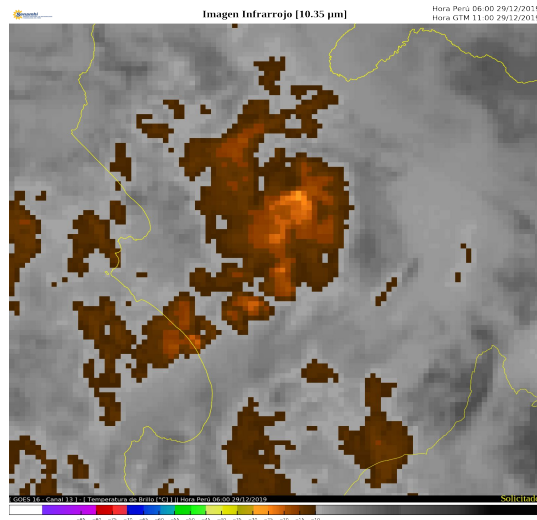
Varios usuarios compartieron a través de las redes sociales instantáneas de cómo quedaron las principales avenidas tras las fuertes precipitaciones.

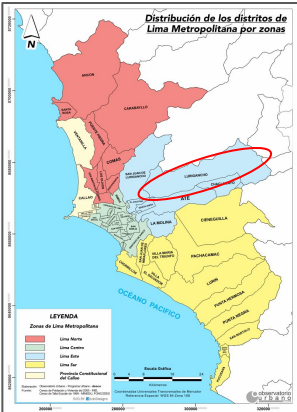
La República

SOCIEDAD

Lluvias inundan calles y obras de reconstrucción de Piura [VIDEO]

La precipitación preocupó a la población.





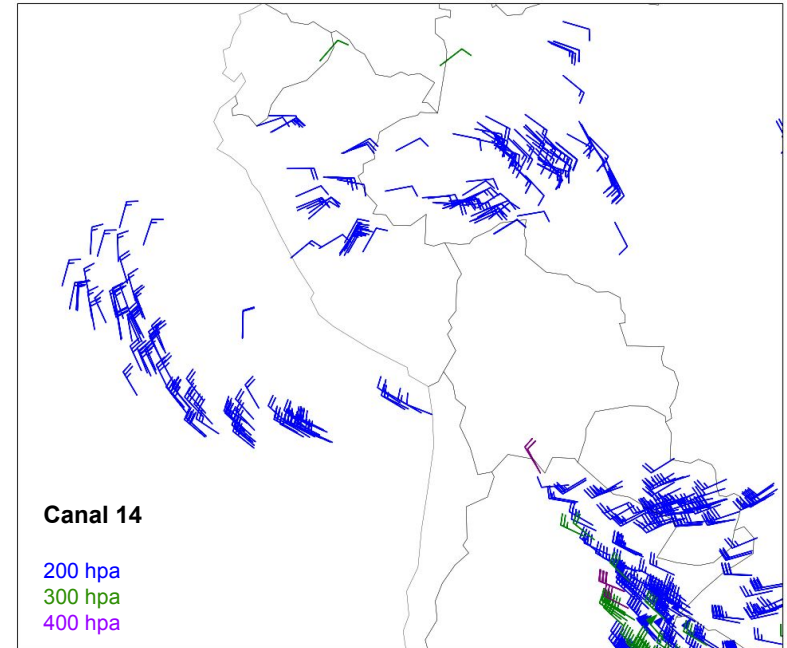
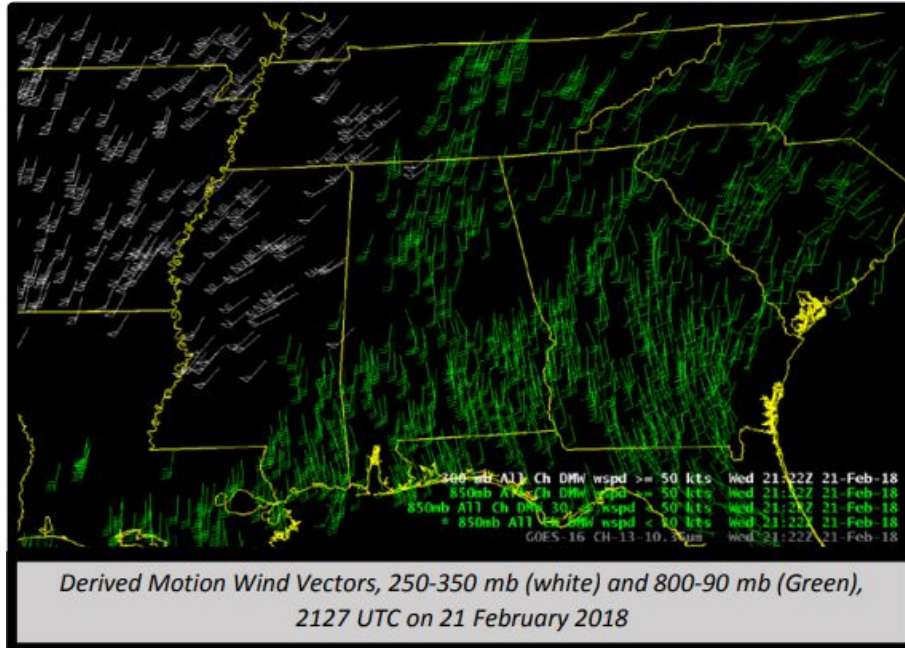
QUEBRADAS DE MUY ALTO RIESGO EN CHOSICA

FUENTE: MUNICIPALIDAD DE LURIGANCHO-CHOSICA



Estimación de viento por satélite

A partir de 3 imágenes consecutivas se estima la dirección y velocidad del viento, así como el nivel en el que ocurre. Las canales utilizados para estimar el viento son C02, C07, C08, C09, C10 y C14.





Descarga de datos

Descarga de datos del GOES-16/17

Spanish Fork: 36° | WBB: 39° | Provo: 34° | Logan: 28° | Monterey, CA: 52° | Ephraim: -na-° | Orem: 42° | Moses Lake, WA: 36° | Richmond, VA: 43° | Your Weather

University of Utah
2015-05-04

GOES-16/17 on Amazon Download Page

GOES on Amazon GOES on Pando CIRA SLIDER

Download Instructions
Data Details
Other Ways to Download

Derived (Level 2) products are now available.

Source:

Satellite:

Domain:

Product:

Date:

Hour (UTC):

Click or tap to download from noaa-goes16 S3 bucket: <https://noaa-goes16.s3.amazonaws.com/ABI-L2-CMPC/2021/021/00/>

Number represents the scan's start minute for the requested hour

Band 01	01	06	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56
Band 02	01	06	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56

http://home.chpc.utah.edu/~u0553130/Brian_Blaylock/cgi-bin/goes16_download.cgi

Estructura de los archivos

OR_ABI-L1b-RadF-M3C02_G16_s20171671145342_e20171671156109_c20171671156144.nc

Donde:

OR: Operational system real-time data

ABI-L1b-RadF-M3C02:

ABI: sensor utilizado

L1b: nivel del producto

Rad: nombre del producto

F: dominio del escaneo

M3: modo de escaneo

C02: canal

G16: satélite (GOES-16 o GOES-17)

s20171671145342: hora del inicio del escaneo (año **YYYY**; día del año **DDD**; hora **HH**; minuto **MM**; segundo **SS** y décima de segundo **s**)

e20171671156109: hora de finalización del escaneo

c20171671156144: hora de creación del archivo netCDF4

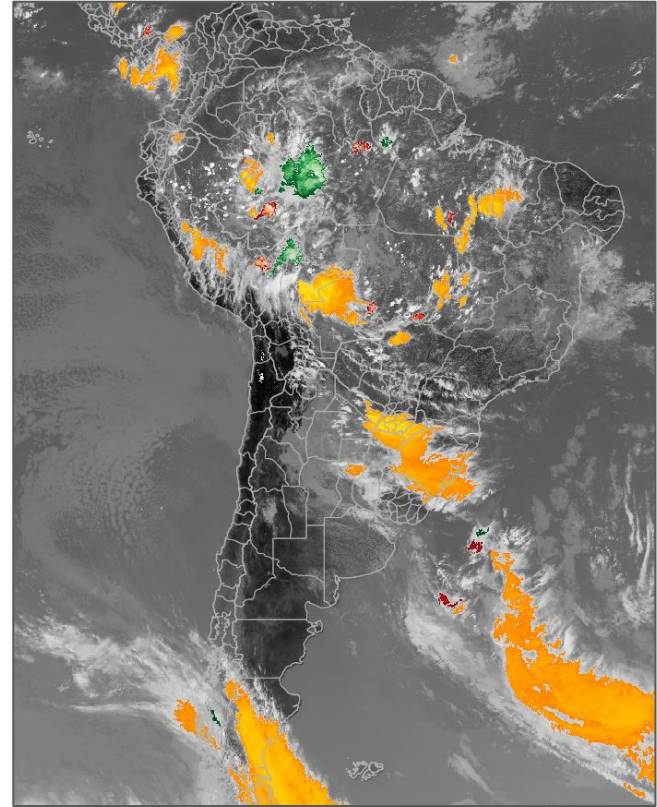
.nc: formato del archivo (netCDF)



Seguimiento automático de sistemas convectivos

FORTRACC (Vila et al., 2008)

- 1° Selección de píxeles con $BT < 235\text{ K}$
- 2° Identificación de los clusters (conjuntos de píxeles)
- 3° Seguimiento en el tiempo
- 4° Extracción de información
- 5° Pronóstico de los sistemas convectivos



Tamaño mínimo: 2400 Km²

FORTRACC (Vila et al., 2008)

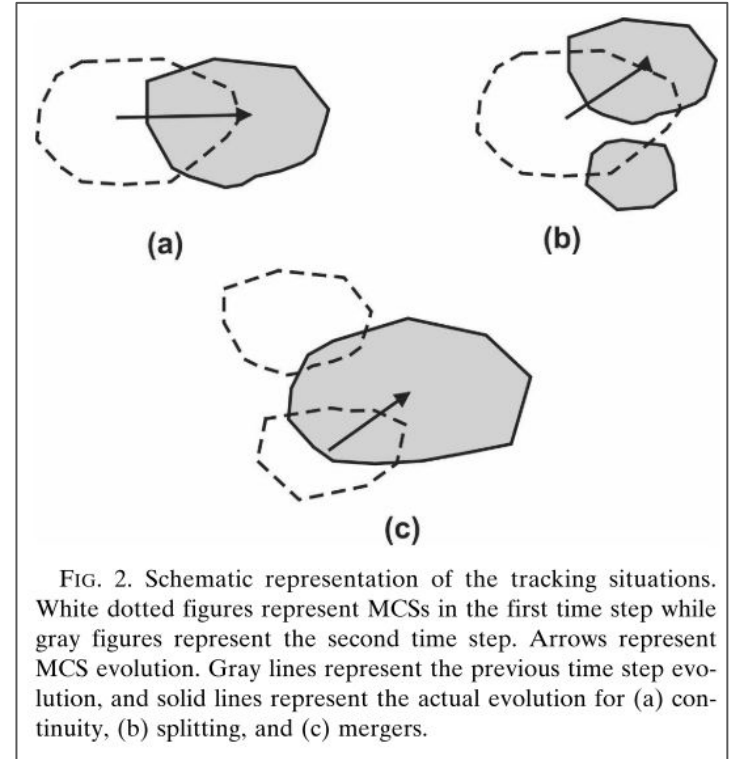
1° Selección de píxeles con $BT < 235$ K

2° Identificación de los clusters (conjuntos de píxeles)

3° Seguimiento en el tiempo

4° Extracción de información

5° Pronóstico de los sistemas convectivos



FORTRACC (Vila et al., 2008)

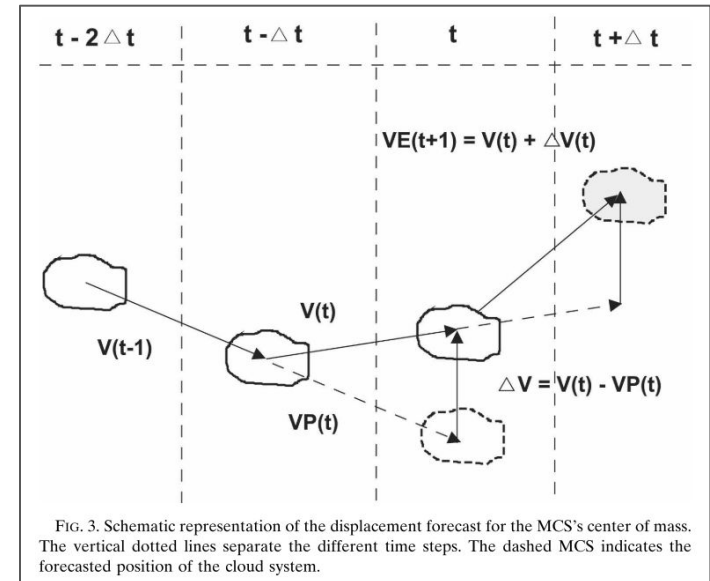
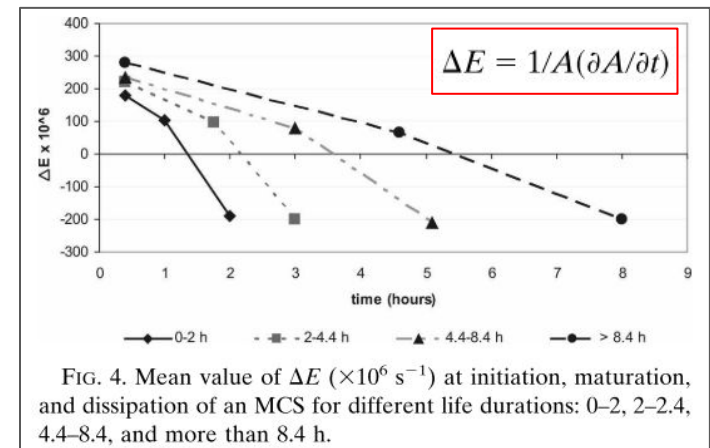
1° Selección de píxeles con BT < 235 K

2° Identificación de los clusters (conjuntos de píxeles)

3° Seguimiento en el tiempo

4° Extracción de información

5° Pronóstico de los sistemas convectivos



FORTRACC (Vila et al., 2008)

- 1° Selección de píxeles con $BT < 235$ K
- 2° Identificación de los clusters (conjuntos de píxeles)
- 3° Seguimiento en el tiempo
- 4° Extracción de información
- 5° Pronóstico de los sistemas convectivos

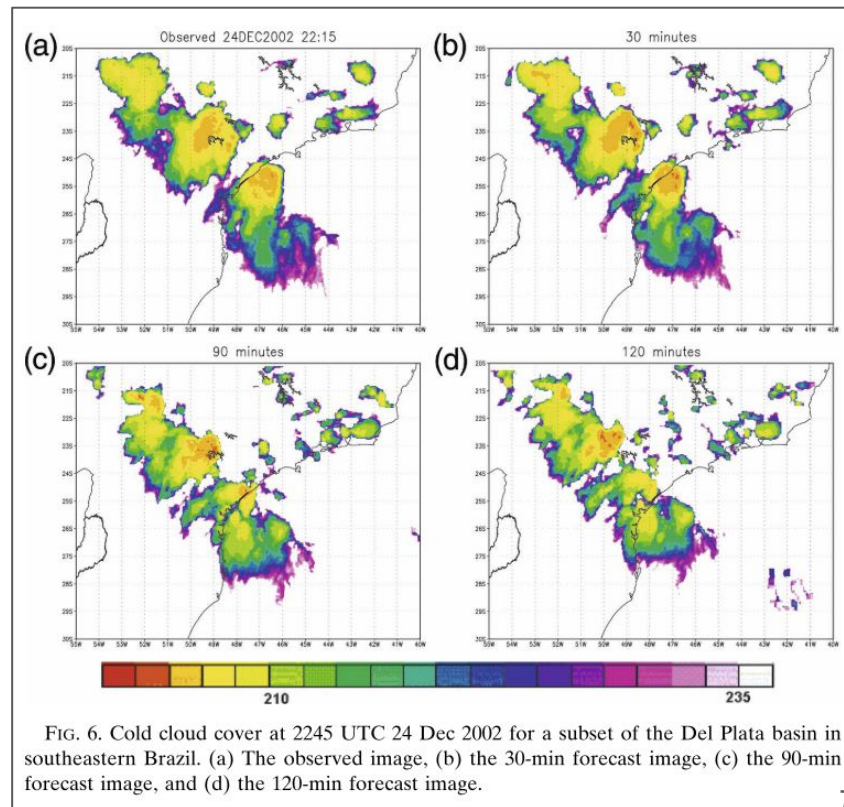
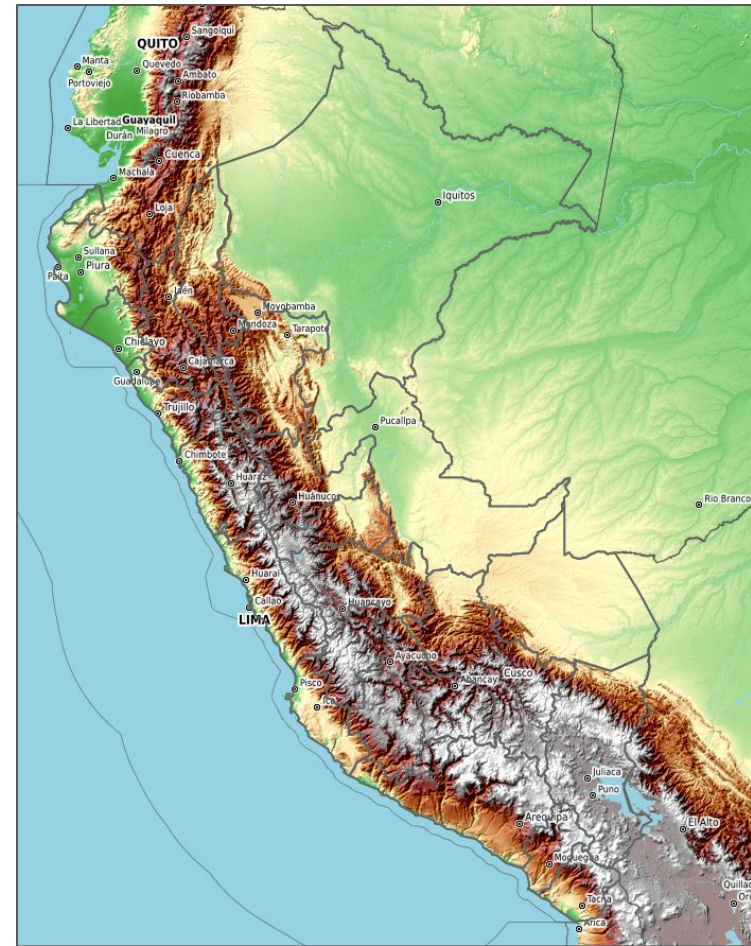
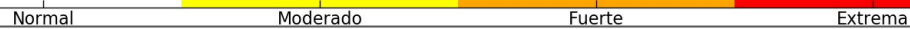
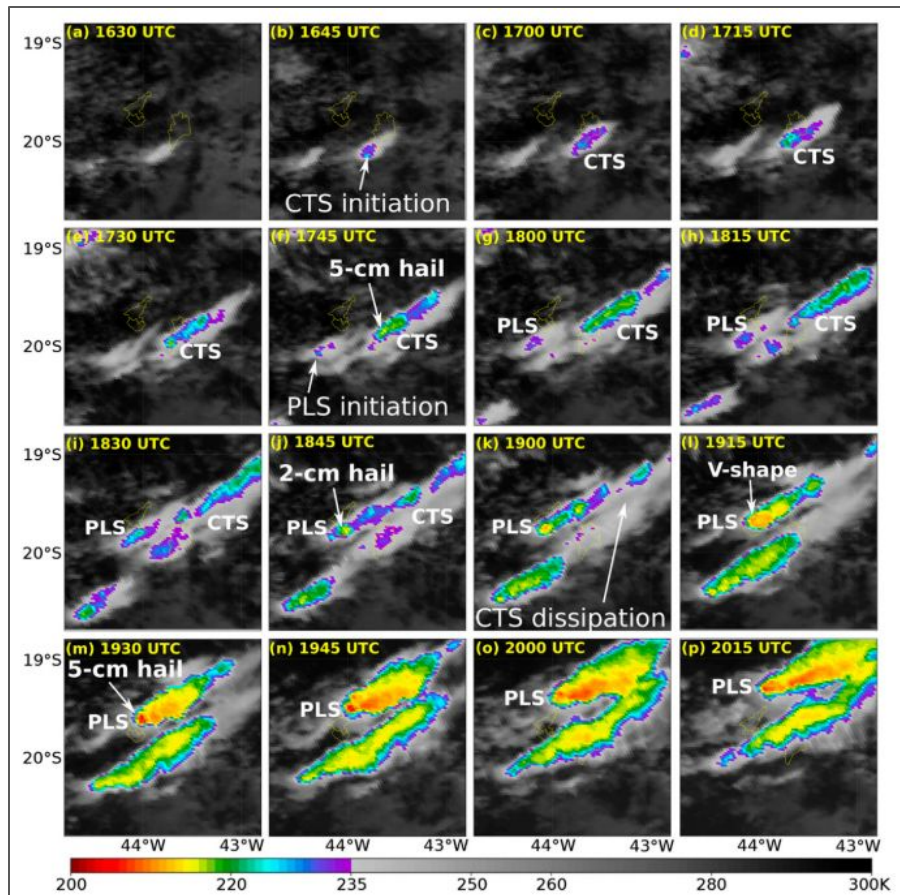
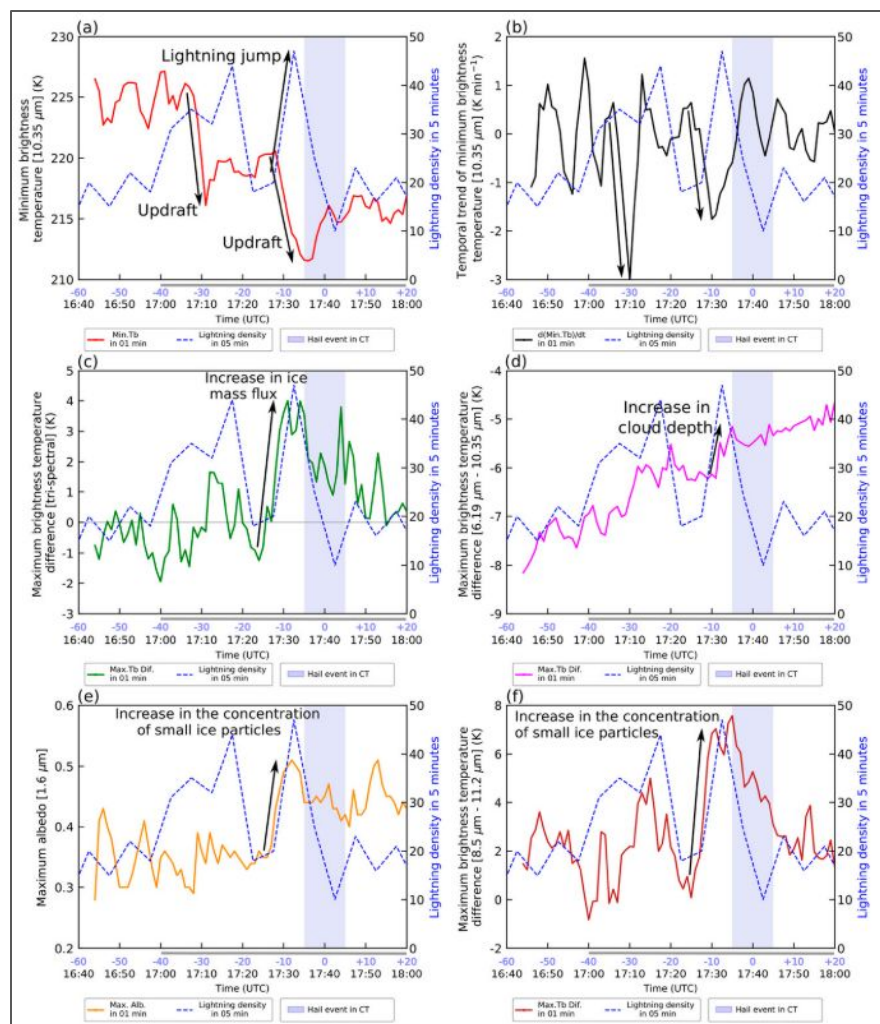


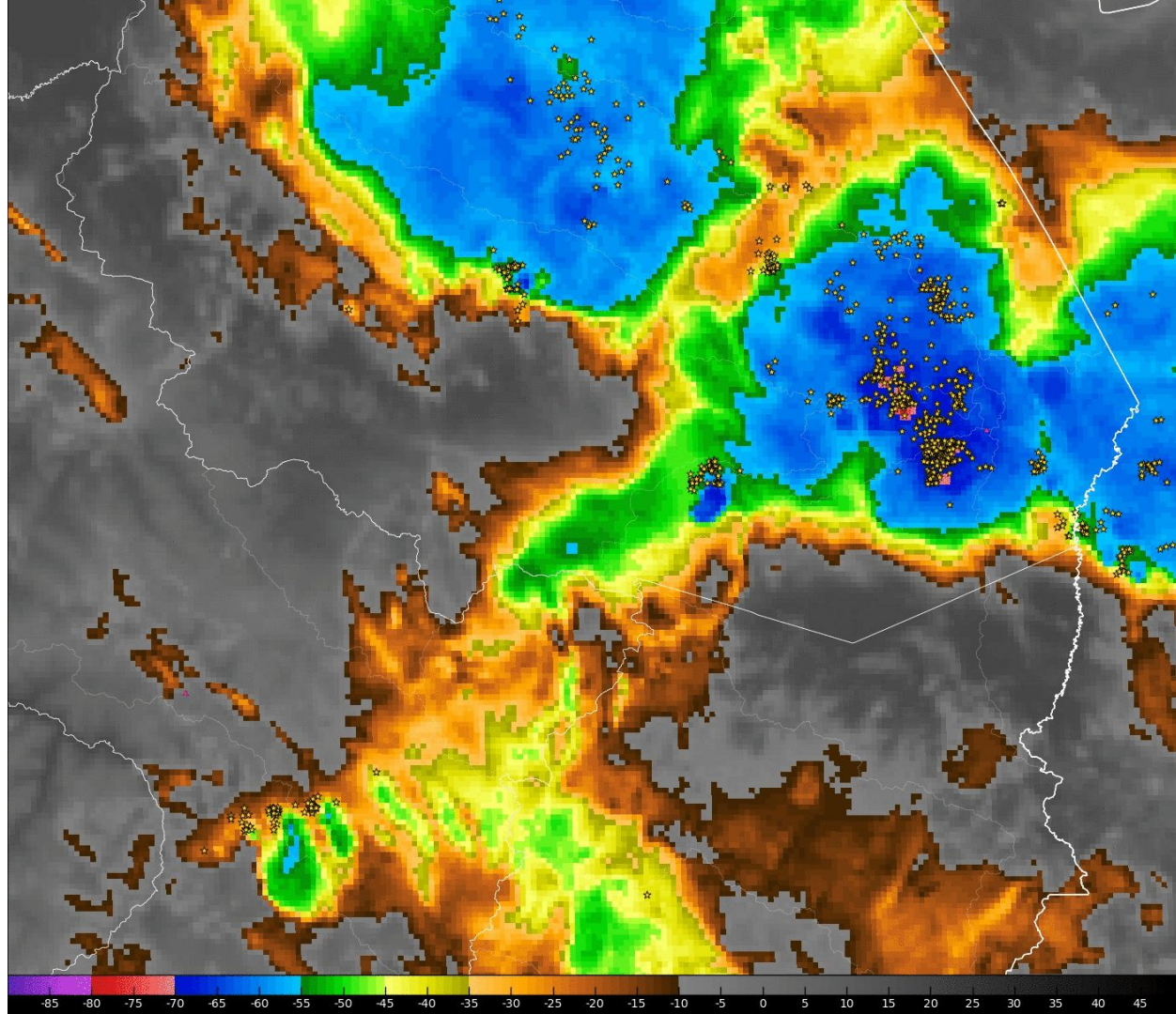
FIG. 6. Cold cloud cover at 2245 UTC 24 Dec 2002 for a subset of the Del Plata basin in southeastern Brazil. (a) The observed image, (b) the 30-min forecast image, (c) the 90-min forecast image, and (d) the 120-min forecast image.

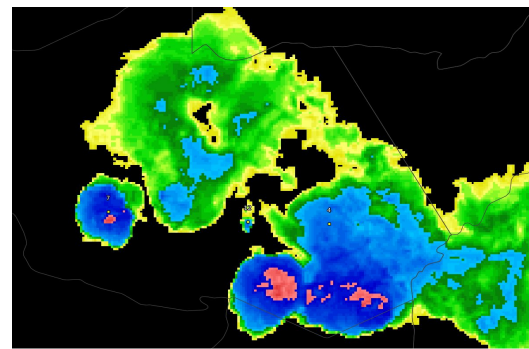
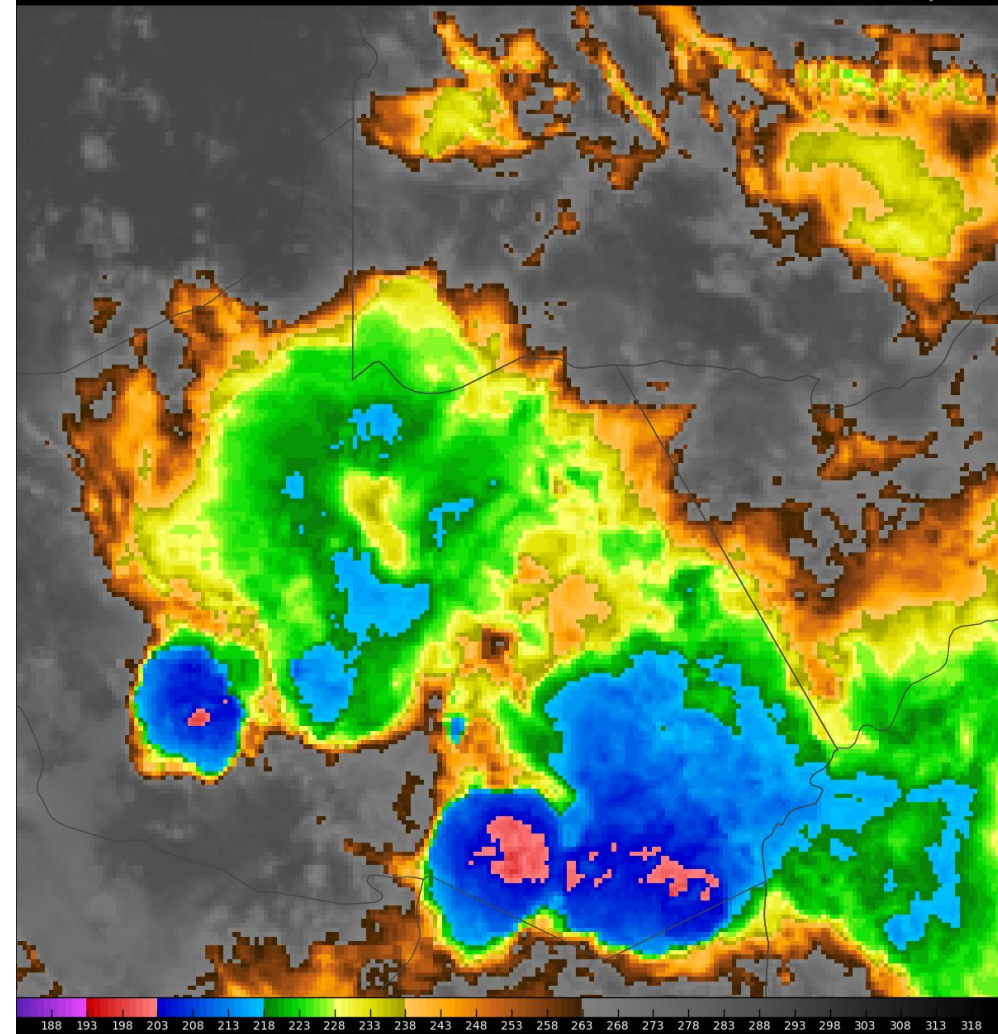




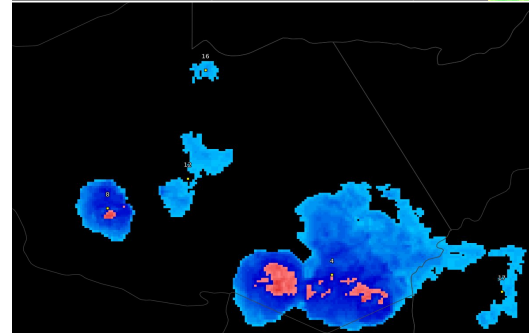
Ribeiro et al. (2018)



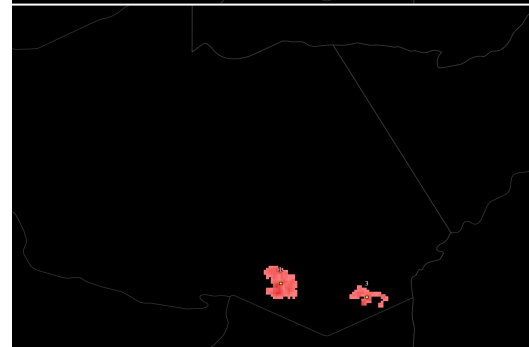




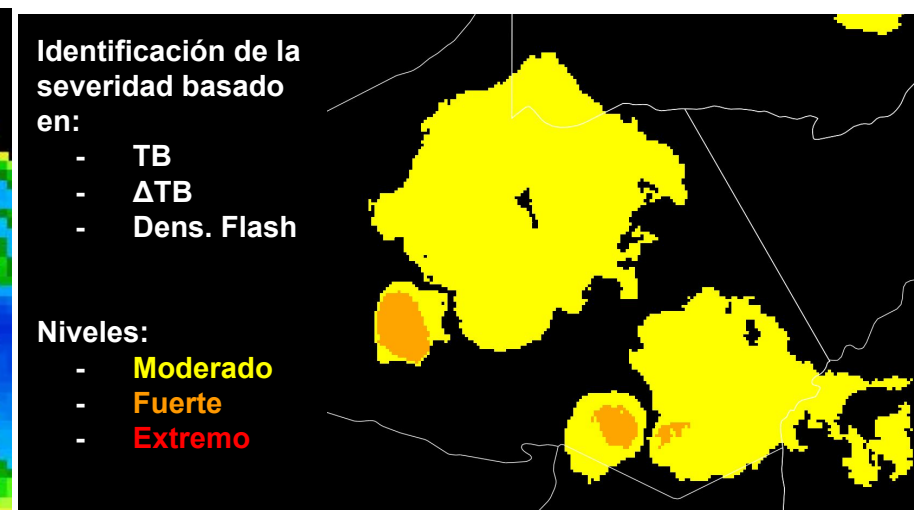
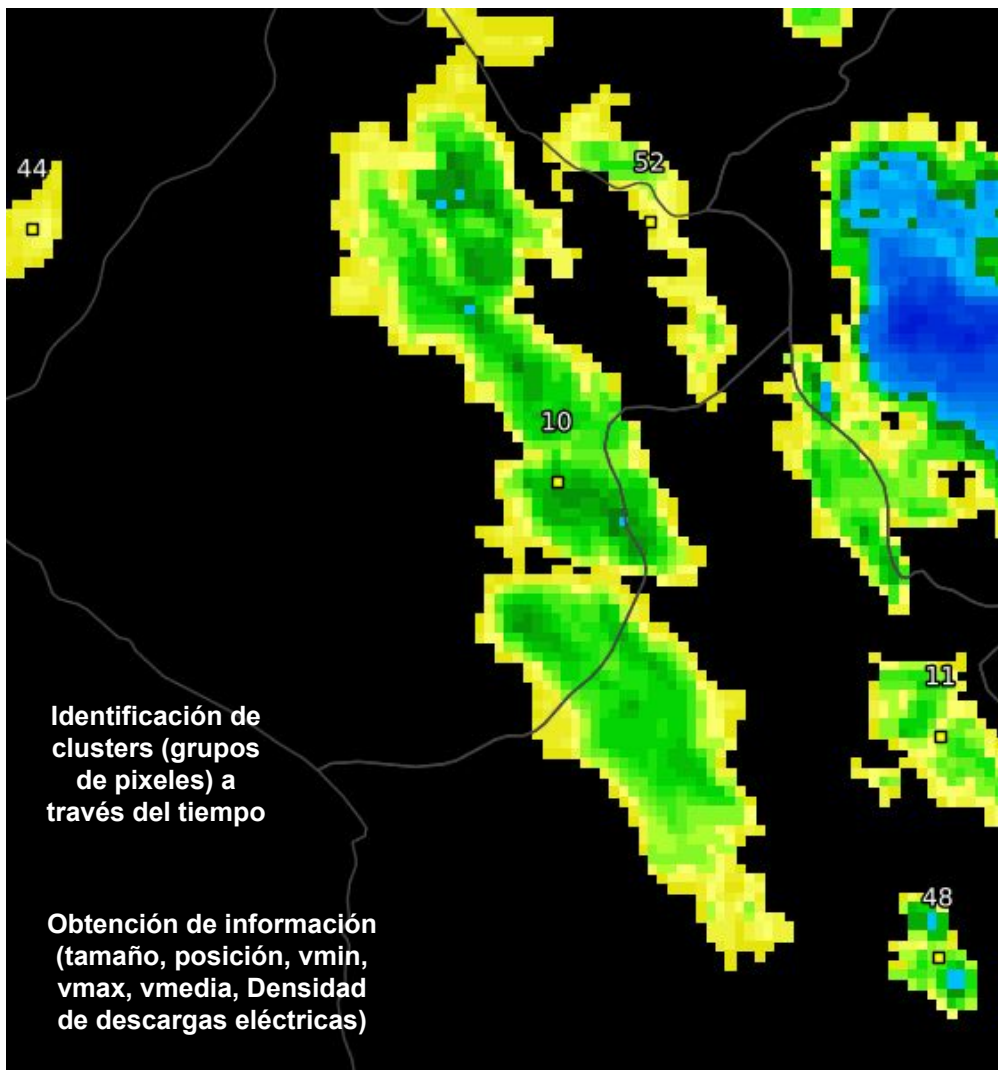
$\text{TB} < 233 \text{ K} (-40^\circ\text{C})$



$\text{TB} < 218 \text{ K} (-55^\circ\text{C})$



$\text{TB} < 203 \text{ K} (-70^\circ\text{C})$



Nivel 3
TB<=203

Nivel 2
TB<=218

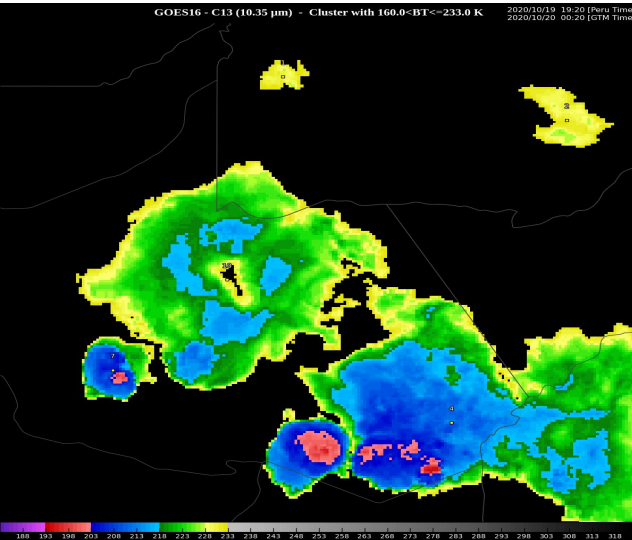
Nivel 1
TB<=233



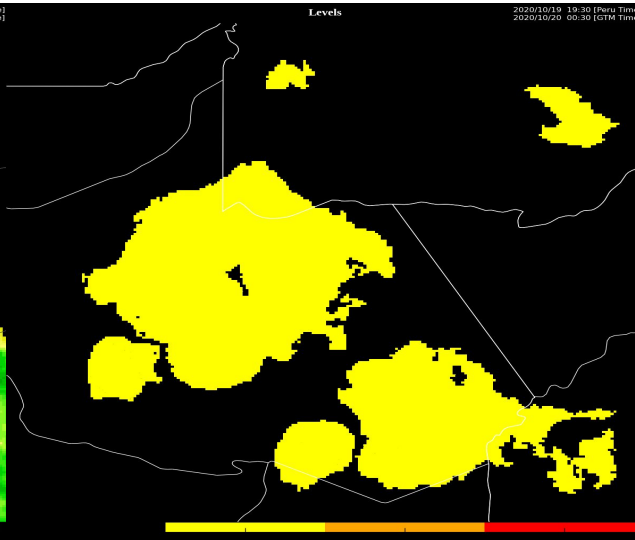
Dens. Flash (DF)	Nivel
1 <= DF < 5	1
5 <= DF < 20	2
DF >= 20	3

DT/Dt [K/10min]	Nivel
DT/Dt > -4	1
-8 < DT/Dt <= -4	2
DT/Dt <= -8	3

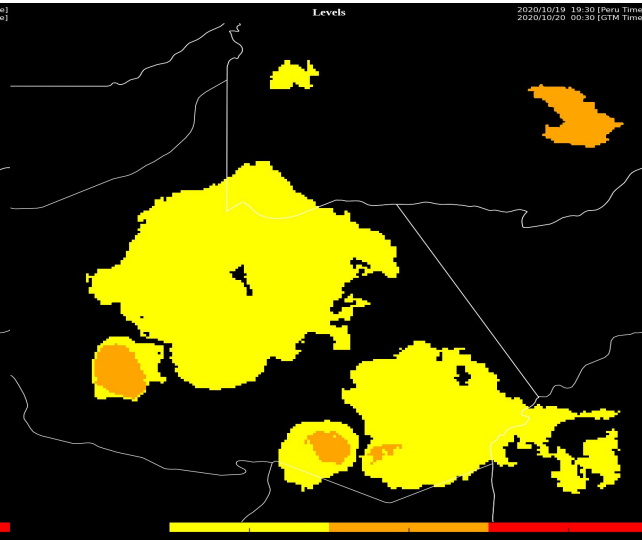
Mecikalski e Bedka (2006)



Cluster por Niveles



Región convectiva



Análisis de severidad

Moderado Fuerte Extremo

Nivel 3
TB<=203

Nivel 2
TB<=218

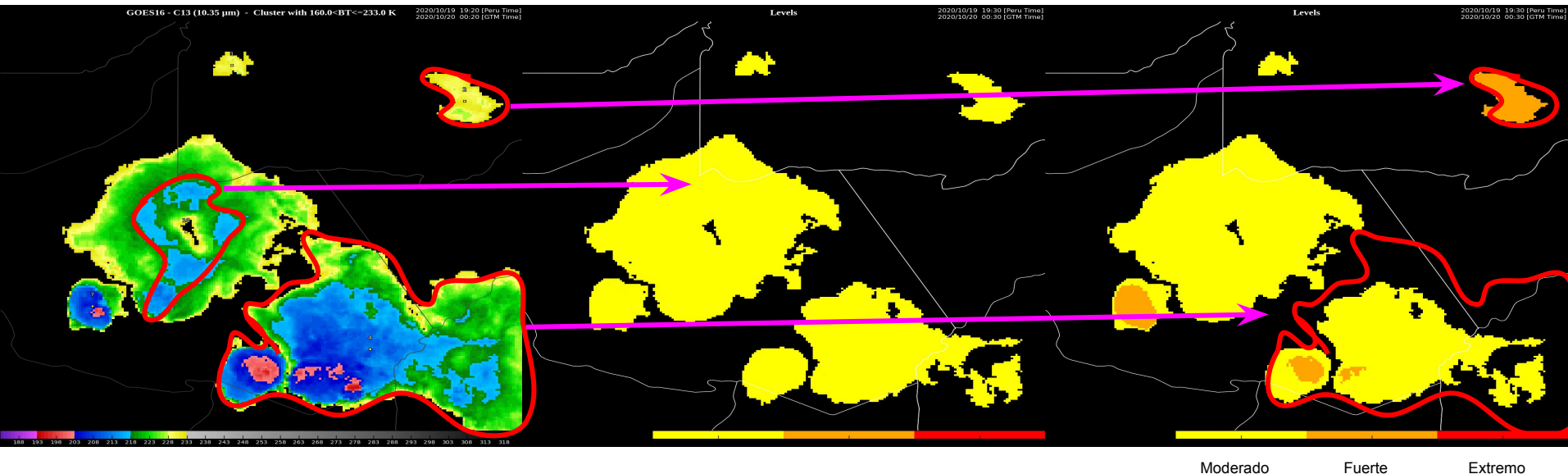
Nivel 1
TB<=233



Dens. Flash (DF)	Nivel
1 <= DF < 5	1
5 <= DF < 20	2
DF >= 20	3

DT/Dt [K/10min]	Nivel
DT/Dt > -4	1
-8 < DT/Dt <= -4	2
DT/Dt <= -8	3

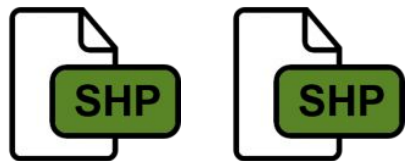
Mecikalski e Bedka (2006)



Cluster por Niveles

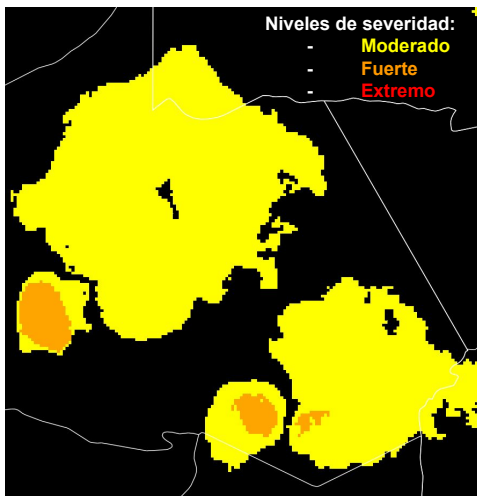
Región convectiva

Análisis de severidad



Análisis

Pronóstico



Edición y Validación
por el pronosticador

QGIS



Análisis

Pronóstico



Cruce de
información



Análisis



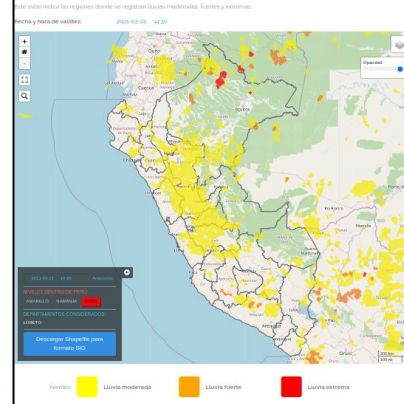
Pronóstico

Publicación



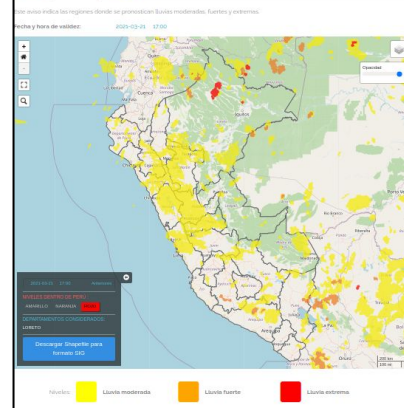
AVISO DE LLUVIA A MUY CORTO PLAZO
(NOWCASTING - PRODUCTO EXPERIMENTAL)

Análisis



AVISO DE LLUVIA A MUY CORTO PLAZO
(NOWCASTING - PRODUCTO EXPERIMENTAL)

Pronóstico



Bibliografía

- GOODMAN, S. J., BLACKESLEE, R., & KOSHAK, W. (2008, January). Geostationary lightning mapper for GOES-R and beyond. In STAR Science Forum.
- Goodman, S. J., Blakeslee, R. J., Koshak, W. J., Mach, D., Bailey, J., Buechler, D., ... & Stano, G. (2013). The GOES-R geostationary lightning mapper (GLM). *Atmospheric research*, 125, 34-49.
- Grant, P. W. (2004). *A first course in atmospheric radiation*. Madison WI USA: Sundog Publishing, 62-66.
- Liou, K. N. (2002). *An introduction to atmospheric radiation*. Elsevier.
- Menezes, P., & Almeida, T. D. (2017). *Introdução ao Processamento de Imagem de Sensoriamento Remoto*. 2012.
- Ribeiro, B. Z., Machado, L. A., Ch, J. H. H., Biscaro, T. S., Freitas, E. D., Mozer, K. W., & Goodman, S. J. (2019). An evaluation of the GOES-16 rapid scan for nowcasting in Southeastern Brazil: Analysis of a severe hailstorm case. *Weather and Forecasting*, 34(6), 1829-1848.
- Tempfli, K., Huurneman, G. C., Bakker, W. H., Janssen, L. L. F., Feringa, W. F., Gieske, A. S. M., ... & Woldai, T. (2009). *Principles of remote sensing: an introductory textbook*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
- Vila, D. A., Machado, L. A. T., Laurent, H., & Velasco, I. (2008). Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTraCC) using satellite infrared imagery: Methodology and validation. *Weather and Forecasting*, 23(2), 233-245.