

Teledetección con satélites

Aplicaciones atmosféricas



Lidia Cristina Escudero Fernández
lescudero@aemet.es

DIS-CTNDO

19-09-2023



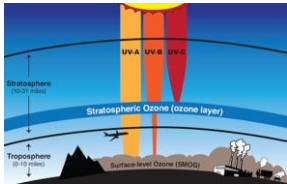
Aerosoles

- Fundamentos teóricos
- Índice de aerosoles
- RGB de polvo



Contaminación

- Fundamentos teóricos
- Dióxido de nitrógeno
- Dióxido de azufre



Ozono

- Fundamentos teóricos
- Columna total de ozono

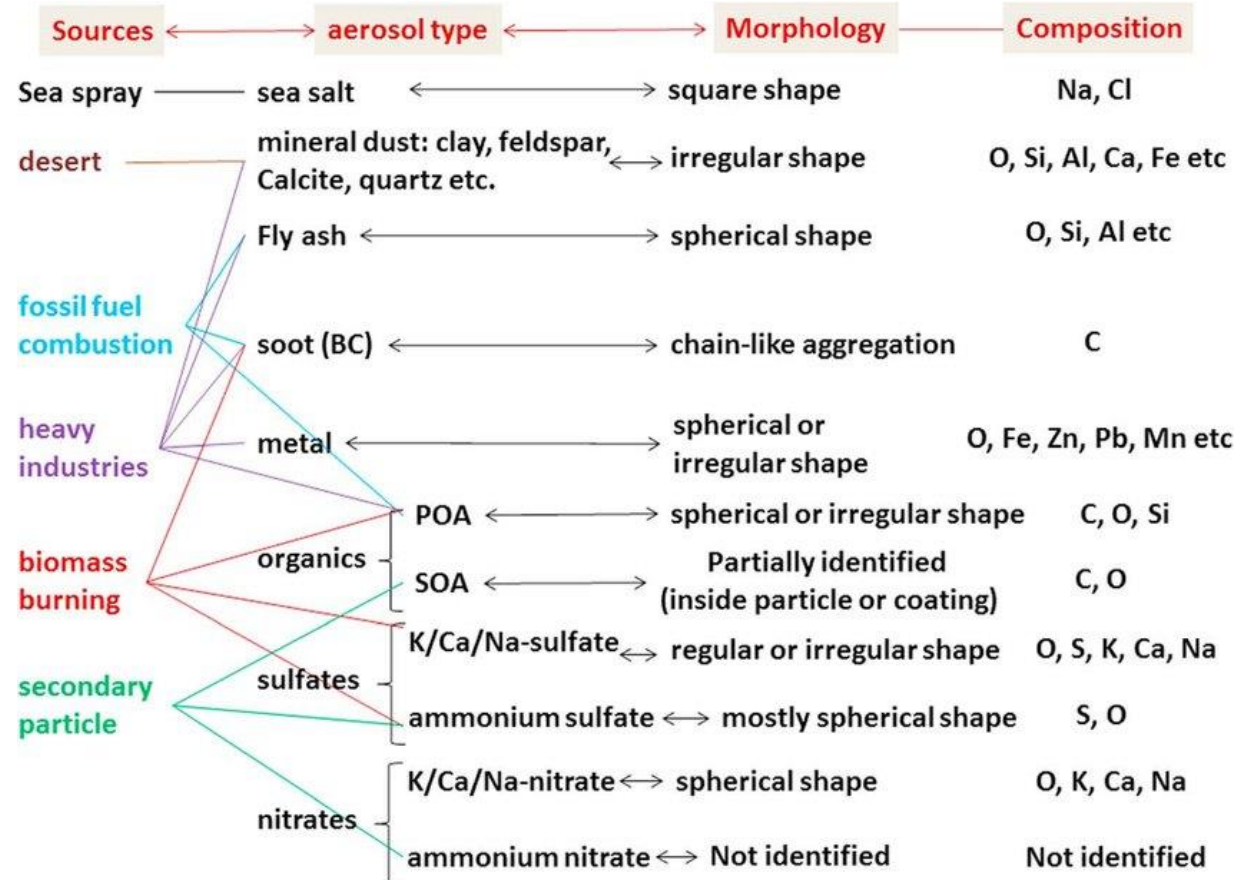
Aerosoles: Fundamentos teóricos

Aerosoles atmosféricos: Conjunto de partículas sólidas o líquidas (microscópicas) en suspensión en un medio gaseoso (atmósfera) que permiten su observación y medida (Definición Wikele & Baron, 1993).

Pueden ser de origen natural (marinos, desiertos, volcanes, incendios naturales...) o antropogénicos (actividades industriales, transporte...).

Tienen un gran impacto en el clima terrestre y en la salud humana.

El **polvo atmosférico** se refiere únicamente a las partículas finas de sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión en la atmósfera.



https://www.researchgate.net/figure/Different-aerosol-types-based-on-TEM-EDS-analysis-and-their-possible-sources_fig2_309756256

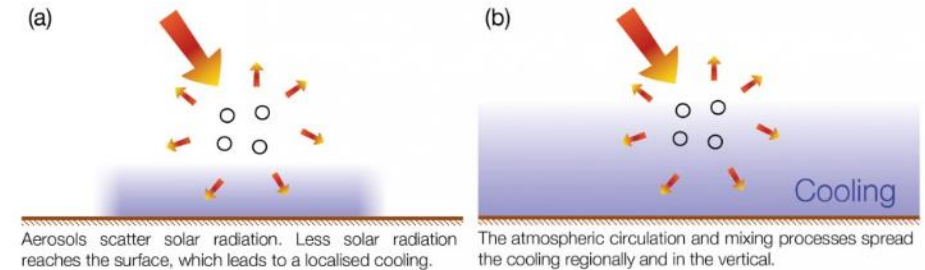
Aerosoles: Fundamentos teóricos

Los aerosoles pueden influir sobre el clima en una gran cantidad de procesos, ya que producen calentamiento al absorber la radiación que incide en la atmósfera o pueden provocar enfriamiento al reflejarla parcialmente.

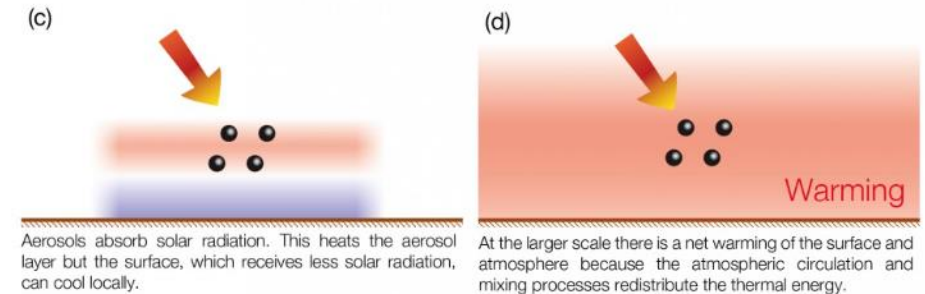
Además el tamaño de los aerosoles tiene una función muy importante en la formación de distintos tipos de nubes ya que facilitan el proceso de condensación de vapor de agua en la atmósfera

Aerosol-radiation interactions

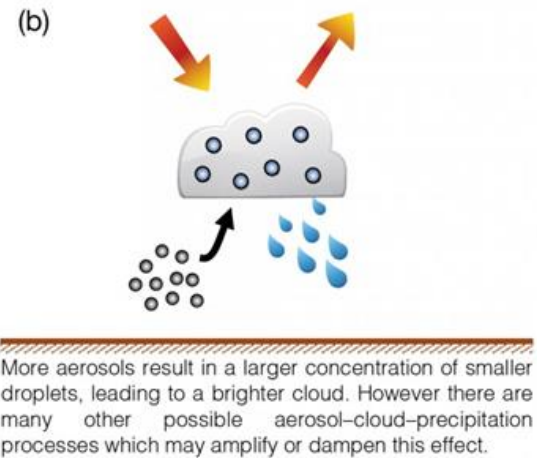
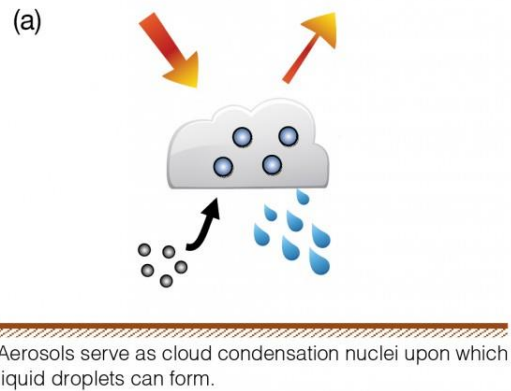
Scattering aerosols



Absorbing aerosols



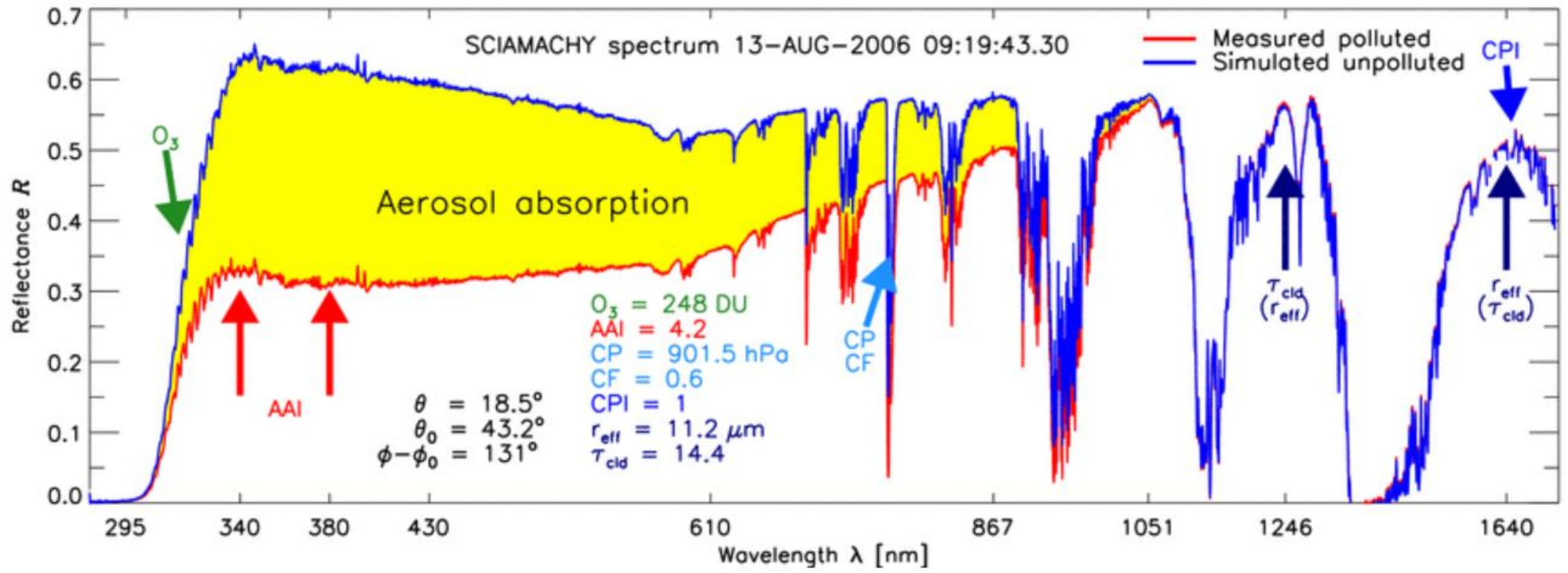
Aerosol-cloud interactions



https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter07_FINAL-1.pdf

Aerosoles: Fundamentos teóricos

Reflectancia medida por el espectrómetro SCIAMACHY (a bordo de Envisat) en el océano Atlántico Sur cuando una nube de contaminación estaba por encima de una cubierta de nubes marinas.



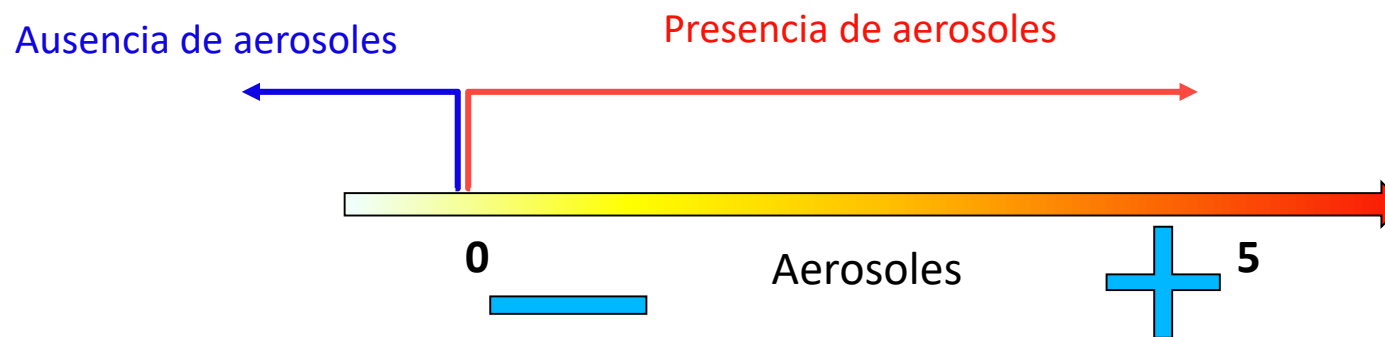
<https://livingplanet2013.org/abstracts/849252.htm>

Índice de aerosoles (AI)

Índice adimensional que estima la presencia de aerosoles absorbentes de radiación Ultra Violeta (UV) troposféricos tales como polvo y cenizas a partir de la diferencia entre el scattering hacia atrás de radiación UV observada y la que cabría esperar si fuera scattering Rayleigh puro (ausencia de dichos aerosoles).

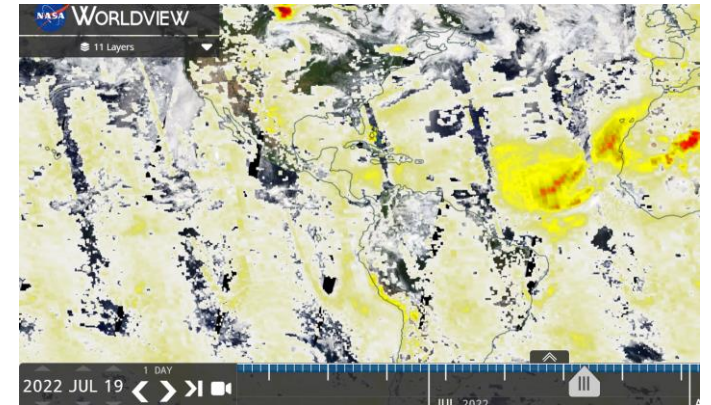
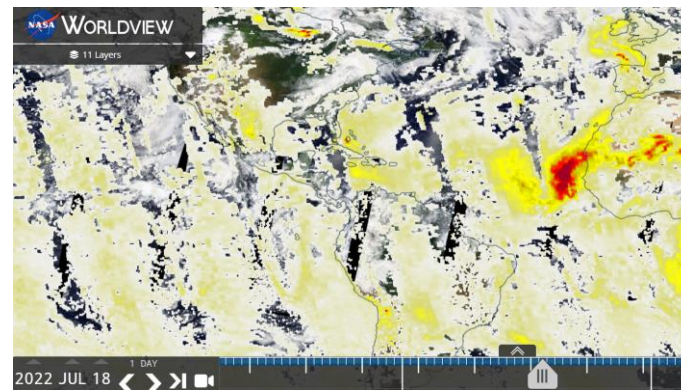
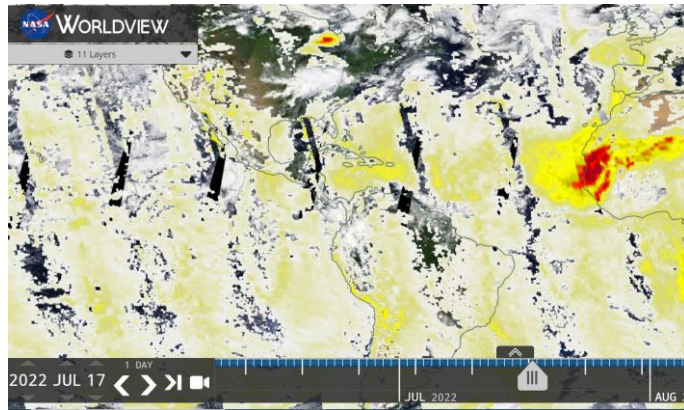
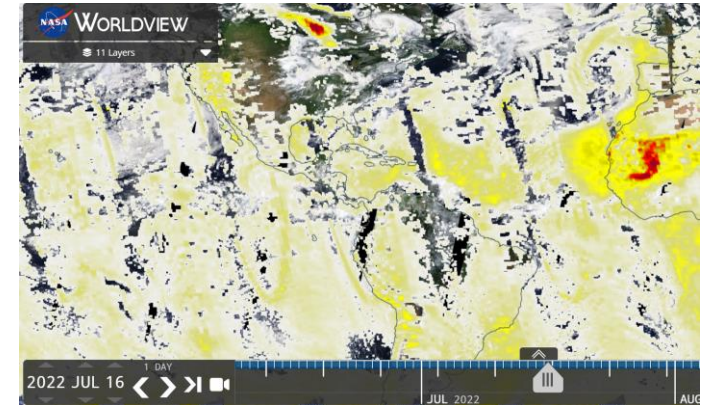
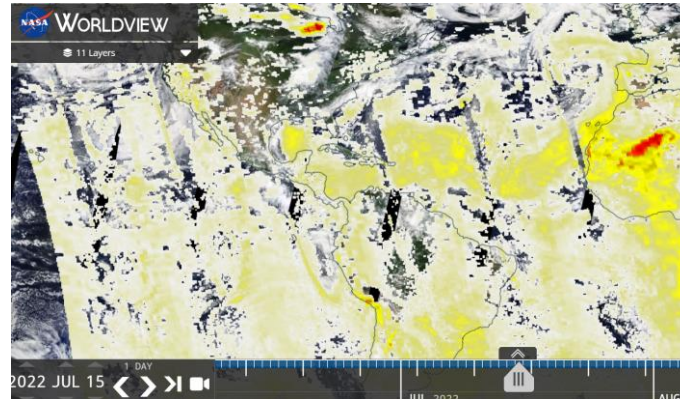
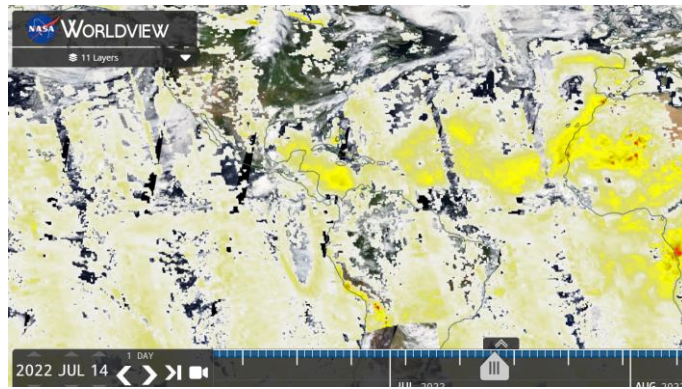
El rango del índice y su interpretación puede variar ligeramente según el instrumento que se utilice, pero en general valores negativos indican ausencia de aerosoles troposféricos mientras que cuanto mayor sea el índice mayor concentración de estos habrá, siendo el límite 'fiable' en torno a 5. Algunos satélites que calculan este producto son:

- Sentinel – 5P: instrumento TROPOMI, se calcula para dos bandas UV: 340/380 nm y 354/388 nm.
- Suomi-NPP: instrumento Ozone Mapping and Profiling Suite Nadir-Mapper (OMPS-NP) (NM), usa dos bandas UV: 340 y 378.5 nm



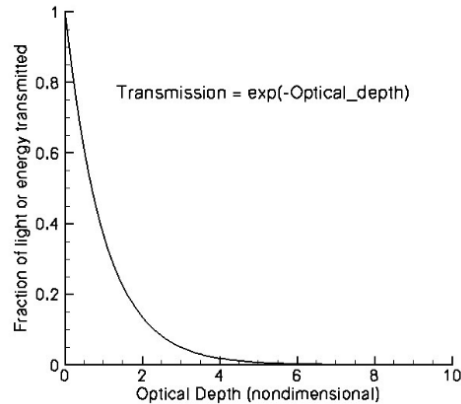
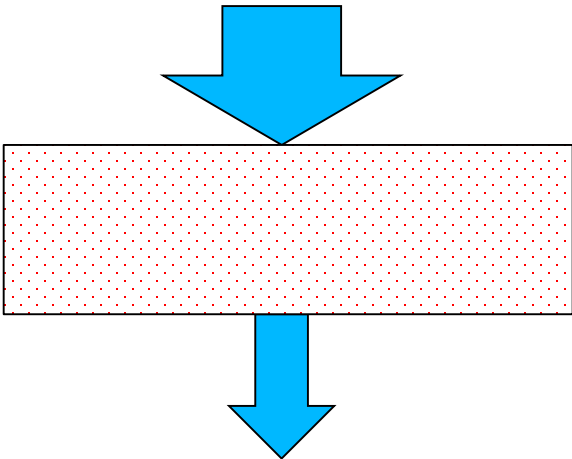
Índice de aerosoles (AI)

Producto Aerosol Index derivado del satélite Suomi NPP (instrumento OMPS-NP). Imágenes globales del 14 al 22 de julio 2022.



Espesor óptico de aerosoles

El espesor óptico de aerosoles (AOD, Aerosol Optical Depth, Aerosol Optical Thickness) es una cantidad adimensional que proporciona información sobre la potencia por el cual las partículas de aerosol atenúan la radiación a una longitud de onda específica (Rybicki y Lightman, 1985).



<https://scool.larc.nasa.gov/Spanish/definitions-sp.html>

Los algoritmos de obtención son distintos según lo que haya en la superficie (desierto, océano, vegetación...), y se necesitan correcciones para el momento del día.

Inputs to the MODIS Dark Target Algorithm

MODIS Level 1B Reflectances



250 Meter



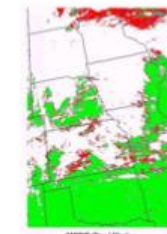
500 Meter



1000 Meter

MODIS Level 2 Product

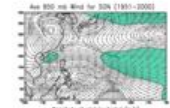
Wisconsin Cloud Mask - MOD035



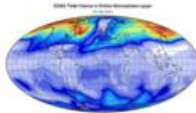
MODIS Cloud Mask



Model Data



Wind Speed



Ozone

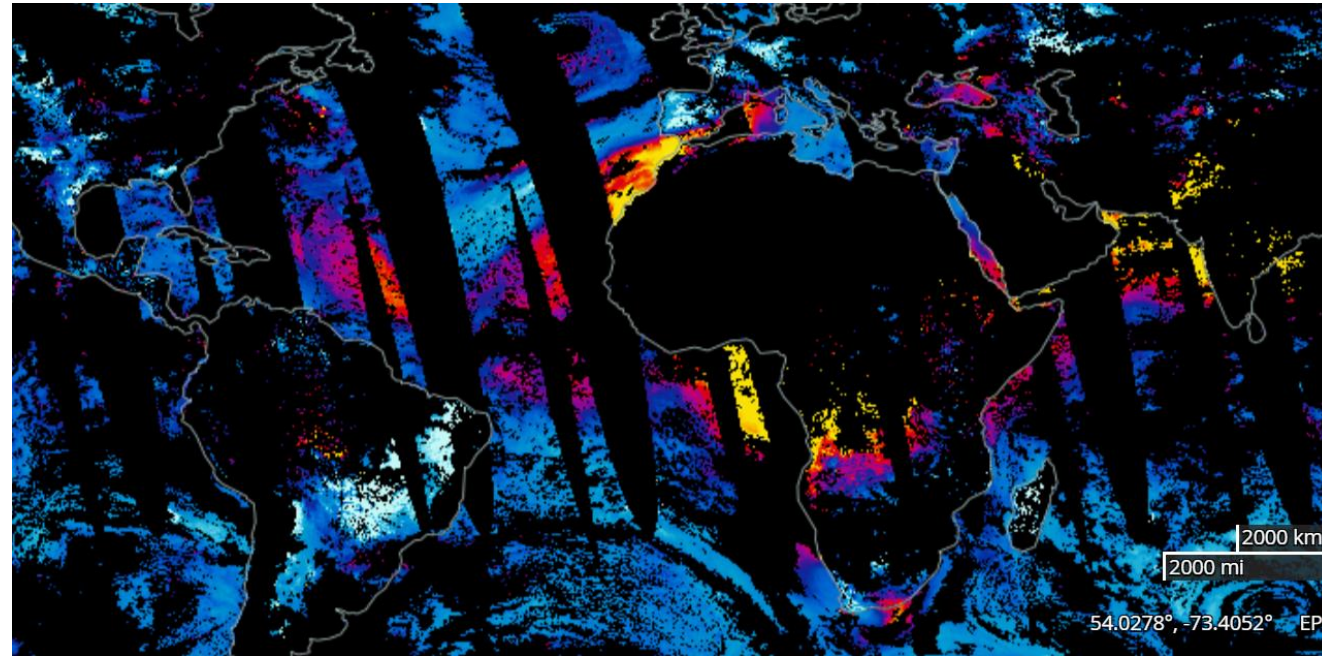


Water Vapor

<https://darktarget.gsfc.nasa.gov/algorithm-inputs>

Espesor óptico de aerosoles

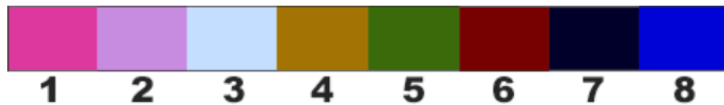
Espesor óptico de aerosoles obtenido de MODIS (Aqua) para el 10 de agosto de 2023. Valores inferiores a 0.1 indican que el cielo está completamente claro (visibilidad máxima). Valores mayores a 3 indican que hay tantos aerosoles que oscurecen la luz solar. Áreas en negro son zonas donde no se han podido obtener valores fiables para su estimación.



RGB de polvo

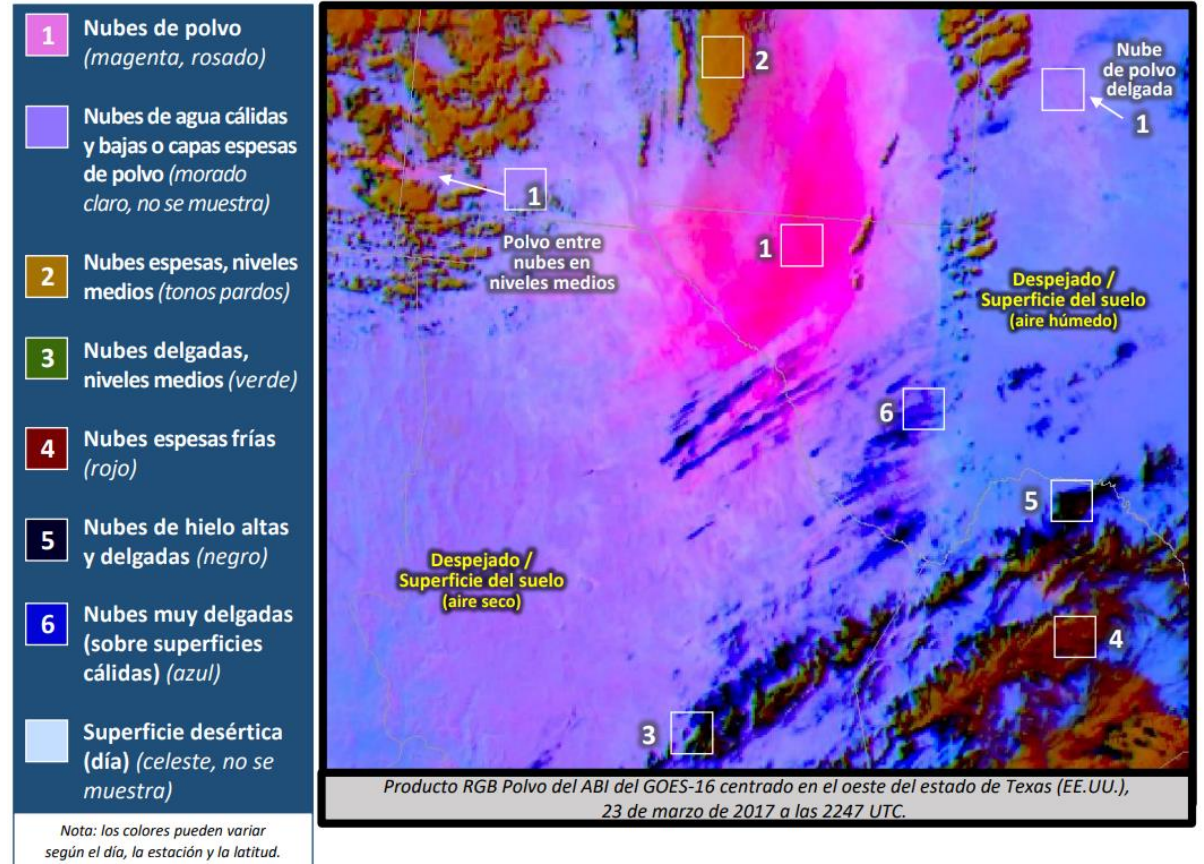
Para el satélite GOES-R:

Color	Banda / Dif. de bandas (µm)	Rango (mín. – máx.)	Se relaciona físicamente con...	Aporte <u>pequeño</u> a píxeles indica...	Aporte <u>grande</u> a píxeles indica...
R - rojo	12.3-10.3	-6.7 a 2.6 °C	Espesor óptico / espesor de nubes	Nubes delgadas	Nubes gruesas o polvo
G - verde	11.2-8.4	-0.5 a 20.0 °C	Fase de las partículas	Hielo y partículas uniformes (polvo)	Part. de agua o cirros delgados sobre desiertos
B - azul	10.3	-11.95 a 15.55 °C	Temperatura de la superficie	Superficies frías	Superficies cálidas



Dust RGB key:

- 1 - Dust plume, day (bright magenta, pink) Note: Dust at night becomes purple shades below 3 km
- 2 - Low, water cloud (light purple)
- 3 - Desert surface, day (light blue)
- 4 - Mid, thick clouds (tan shades)
- 5 - Mid, thin cloud (green)
- 6 - Cold, thick clouds (red)
- 7 - High, thin ice clouds (black)
- 8 - Very thin clouds, over warm surface (blue)

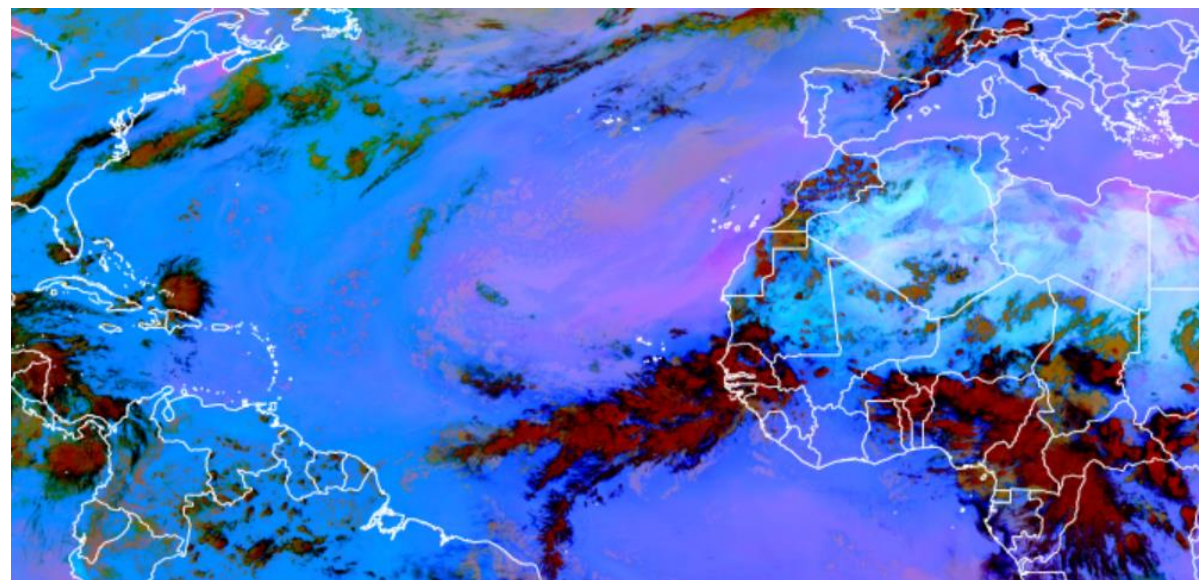
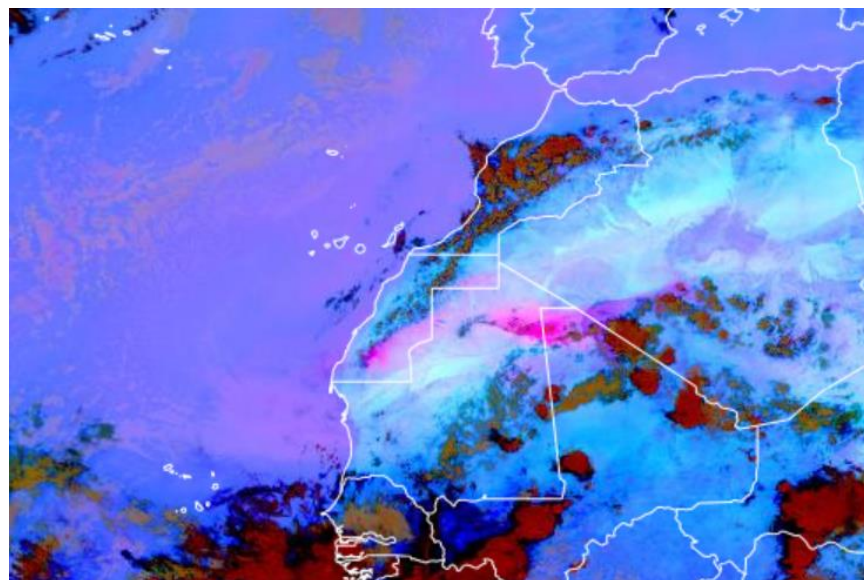


RGB de polvo

Composición global del RGB de polvo con satélites GOES y METEOSAT.

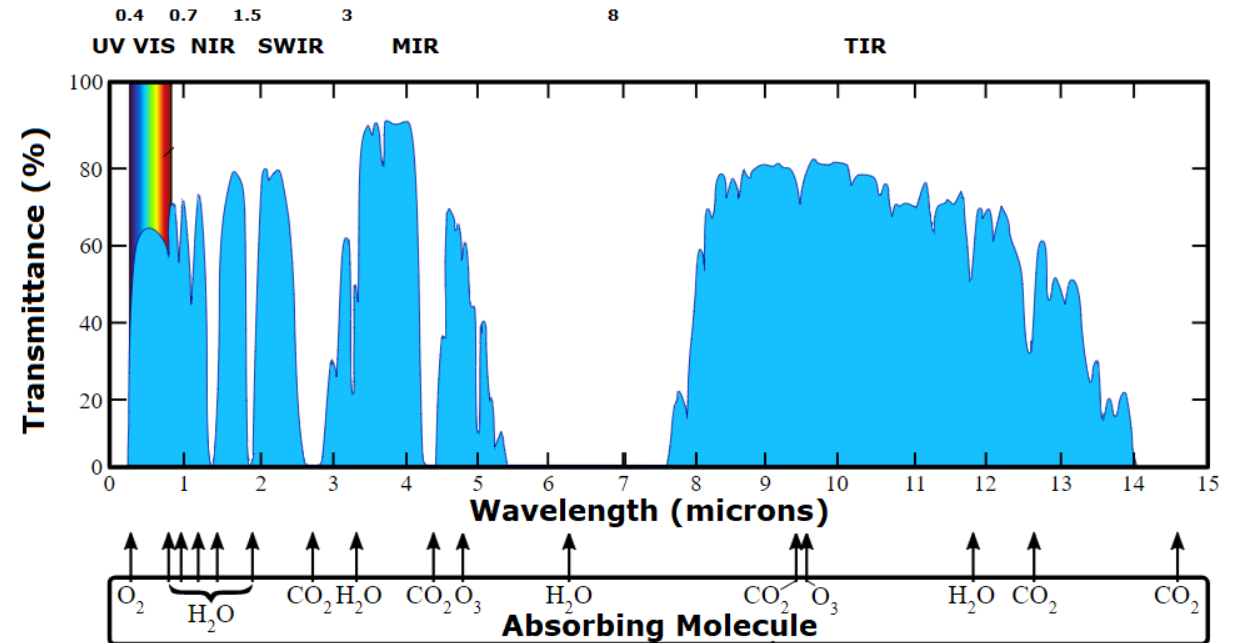
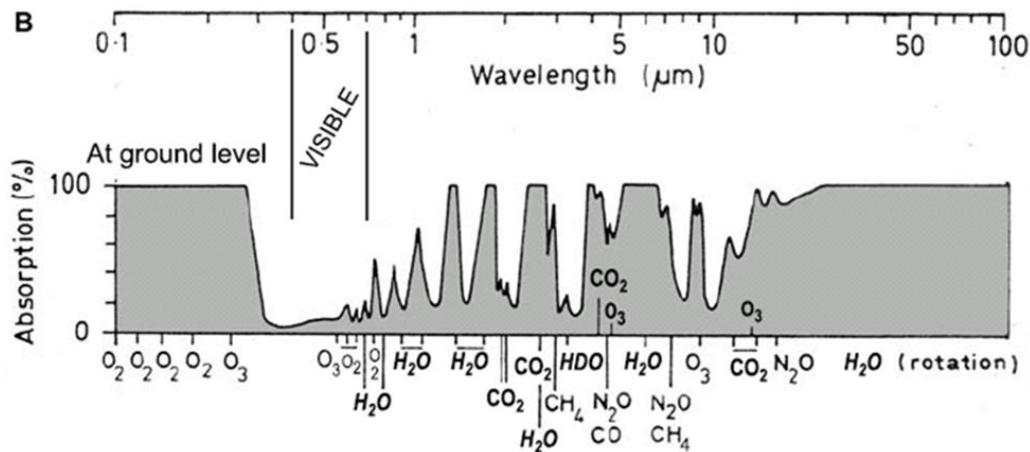
20 julio 2022
18:00 UTC

22 julio 2022
18:00 UTC



Contaminación: Fundamentos teóricos

La atmósfera está compuesta de una mezcla de gases que absorbe y dispersa una gran proporción de la radiación del total del espectro electromagnético.

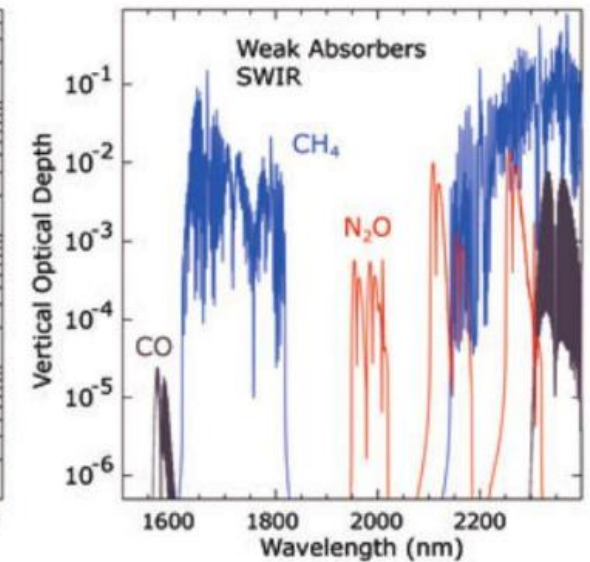
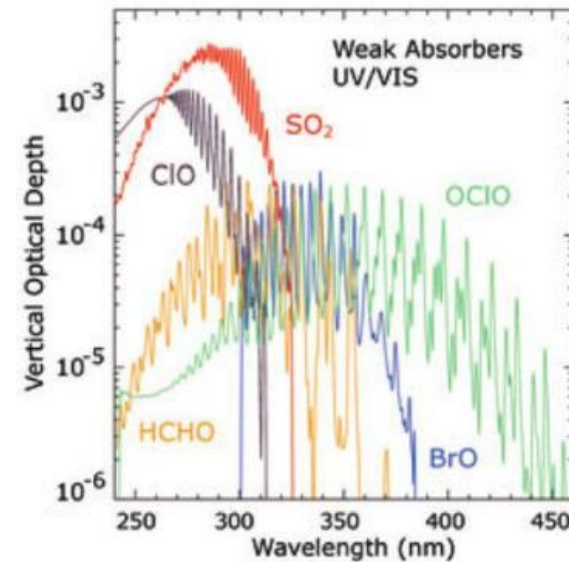
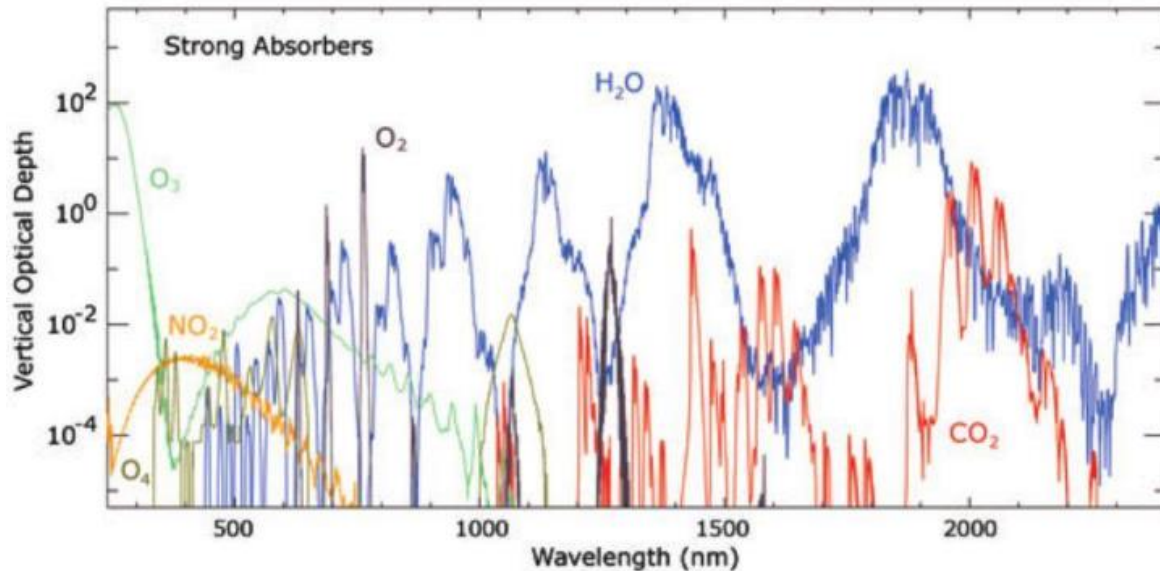


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmosfaerisk_spredning-ru.svg

Contaminación: Fundamentos teóricos

Los gases contaminantes se detectan fundamentalmente en el rango del UV y visible (rango en el que absorben). También hay compuestos que se pueden detectar en el infrarrojo cercano.

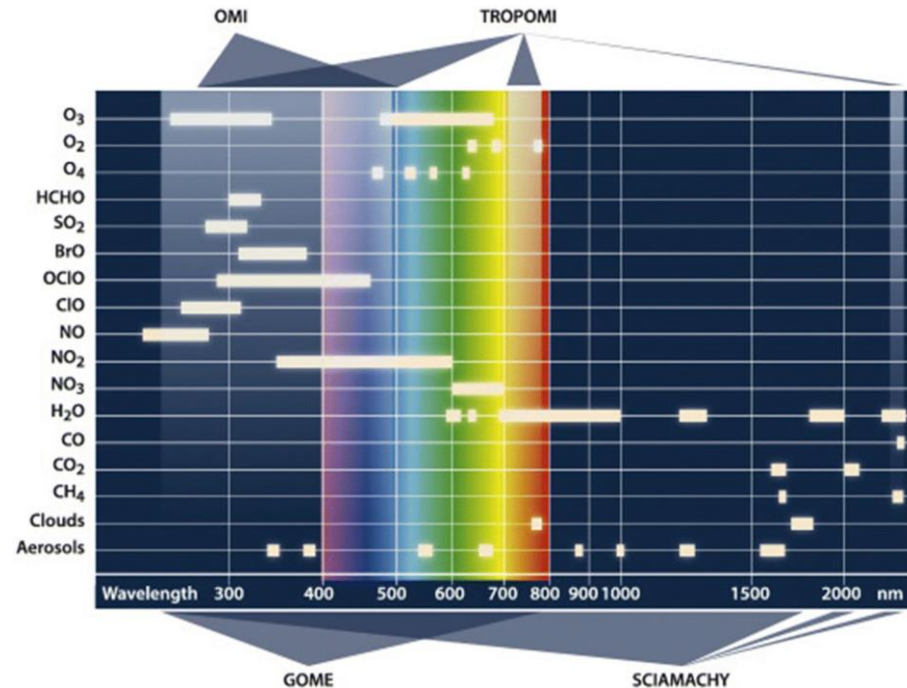
Espesor óptico para diferentes compuestos presentes en la atmósfera (a mayor espesor, mayor será la absorción de la radiación para esa longitud de onda)



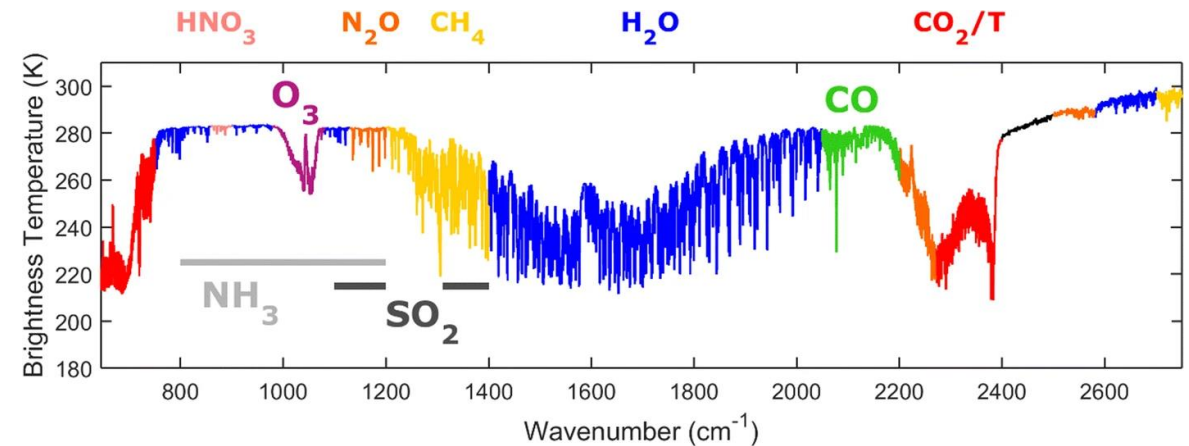
<https://docplayer.org/110368140-Messung-von-spurengase-der-atmosphaere-mit-satelliten-getragenen-sensoren.html>

Contaminación: Fundamentos teóricos

Resumen de las bandas donde dan señal diferentes compuestos presentes en la atmósfera, y que instrumentos son capaces de detectarles.



Ejemplo de un espectro IASI que contiene características de absorción de diferentes especies importantes para la contaminación del aire.



<https://link.springer.com/article/10.1007/s10712-020-09599-0>

Contaminación: Fundamentos teóricos



Bandas utilizadas con instrumento TROPOMI (Sentinel-5P) para obtener los productos de composición atmosférica.

Optical channel	Full spectral range [nm]	Full performance range [nm]	Spectral sampling [nm] / oversampling	Products
UV1	270 - 320	270 - 310	0.27 / 4	O ₃
UV2	295 - 380	310 - 370	0.12 / 4	O ₃ , SO ₂ , HCHO
VIS	360 - 495	370 - 490	0.18 / 4	NO ₂ ; O ₂ -O ₂ cloud fraction / pressure
NIR	710 - 775	710 - 775	0.12 / 4	cloud optical thickness / pressure / fraction; aerosol height distribution, H ₂ O
SWIR	2305 - 2385	2305 - 2385	0.125 / 2	CO, CH ₄

https://www.researchgate.net/figure/TROPOMI-optical-channels-and-their-products_tbl1_38288351

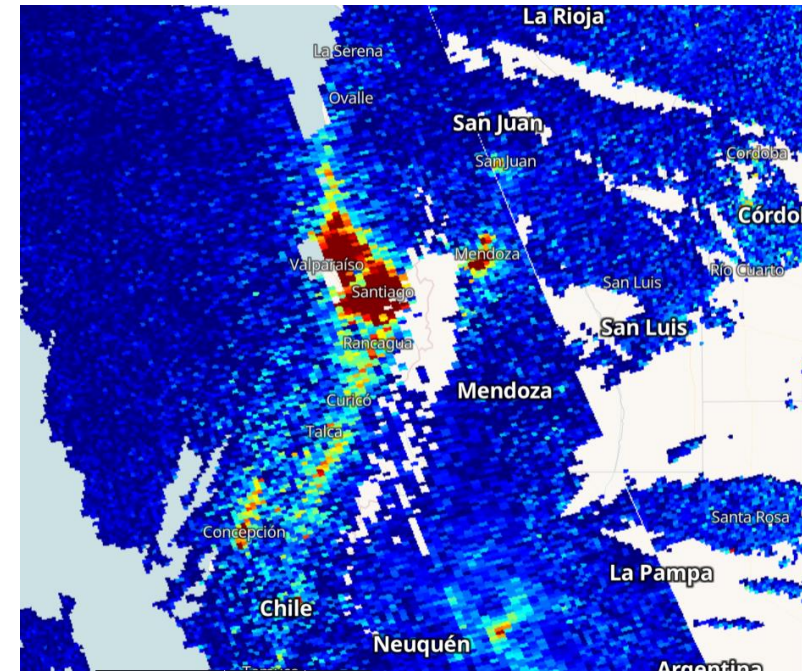
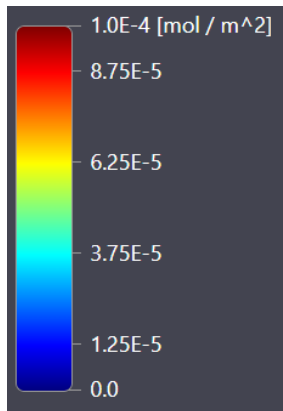
Bandas utilizadas con instrumento GOME-2 (Metop) para obtener los productos de composición atmosférica.

Product	Wavelength region
Ozone column	325.0-335.0 nm
NO ₂ column*	425.0-450.0 nm
BrO column	332.0-359.0 nm
HCHO column	328.5-346.0 nm
SO ₂ column**	312.0-325.0 nm

https://acsaf.org/docs/atbd/Algorithm_Theoretical_Basis_Document_NTO_OTO_Nov_2019.pdf

Contaminación: NO₂

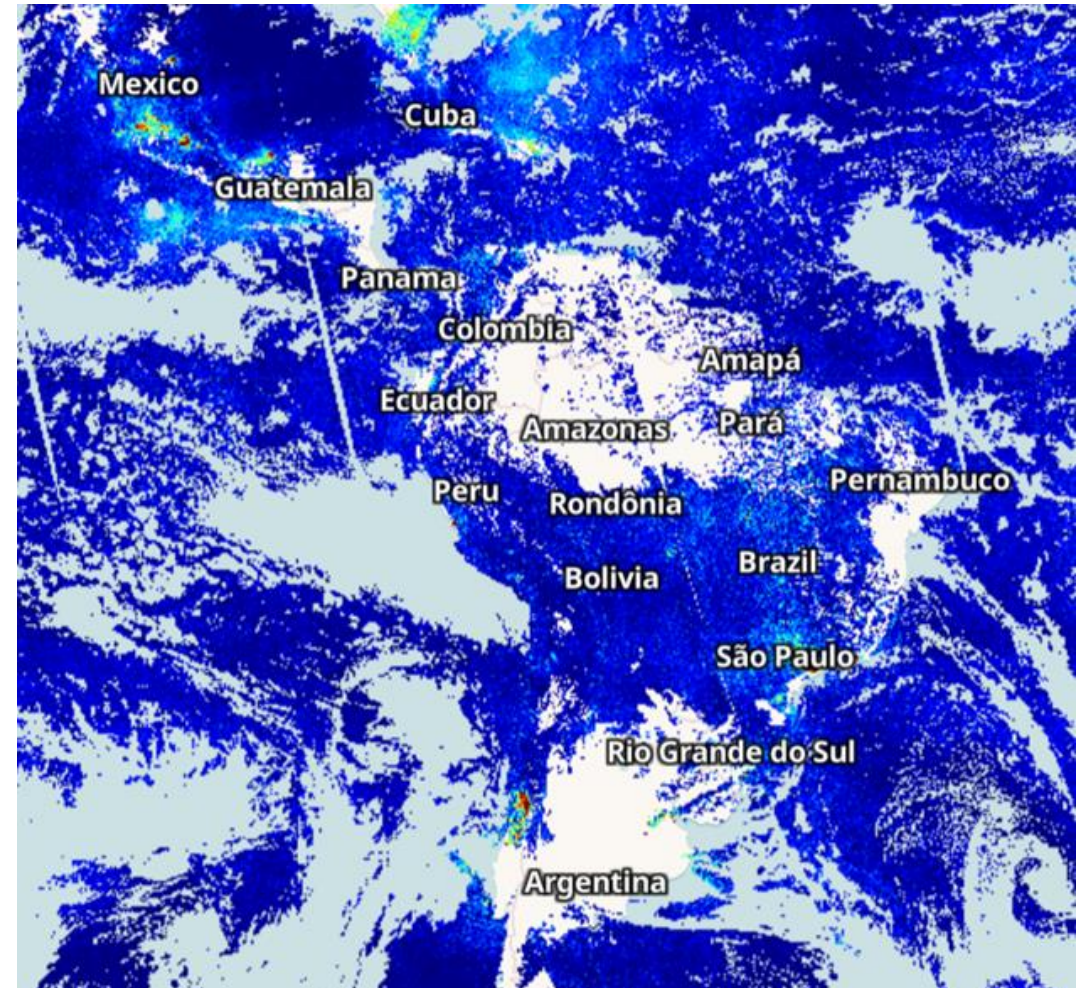
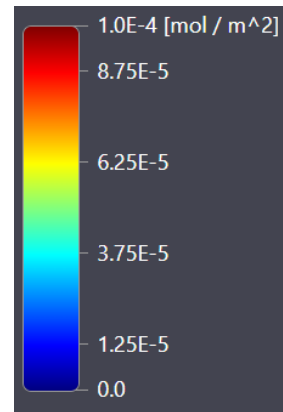
Columna Troposférica de NO₂ (mol/m²) medido con TROPOMI, del satélite Sentinel-5P para el 9 de mayo de 2023



Contaminación: NO₂

Columna Troposférica de NO₂ (mol/m²) medido con TROPOMI, del satélite Sentinel-5P

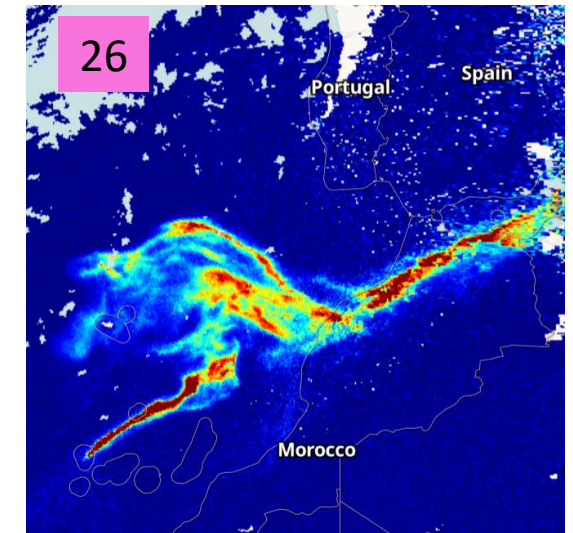
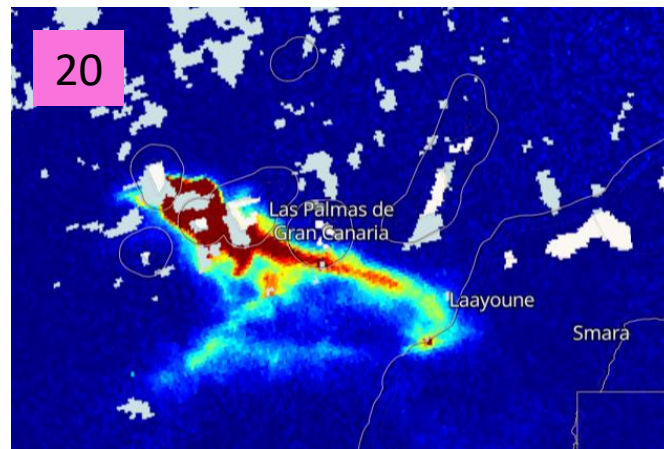
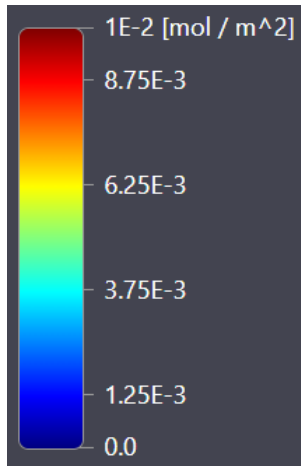
Sudamérica el 19 de junio 2023



Contaminación: SO₂

Columna Total de SO₂ (mol/m²)
medido con TROPOMI, del satélite
Sentinel-5P

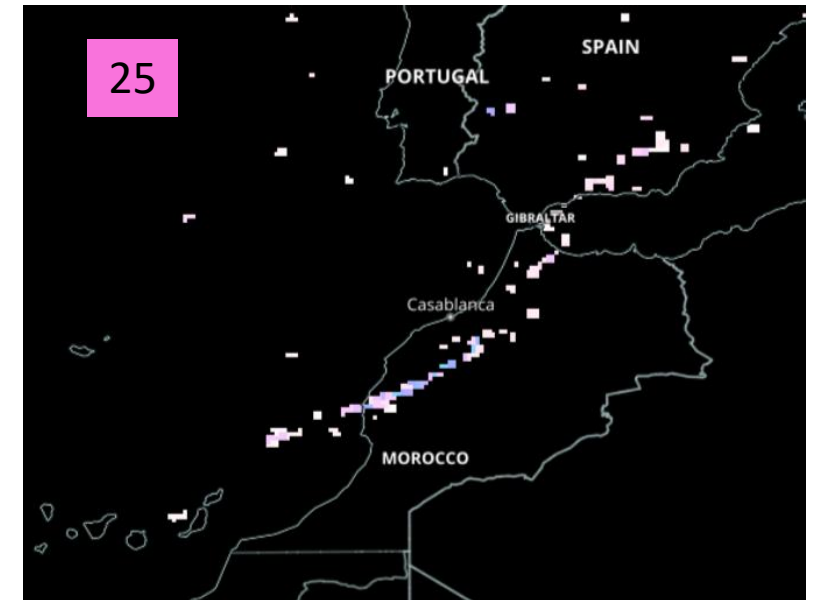
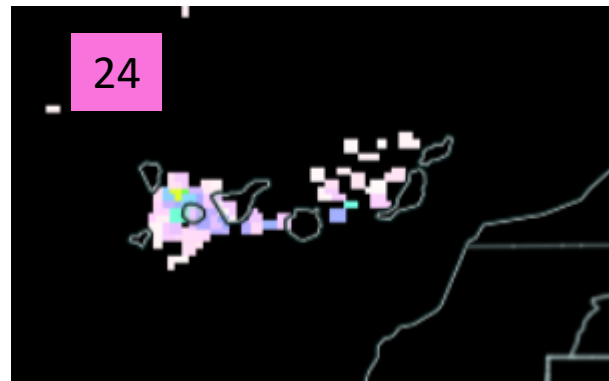
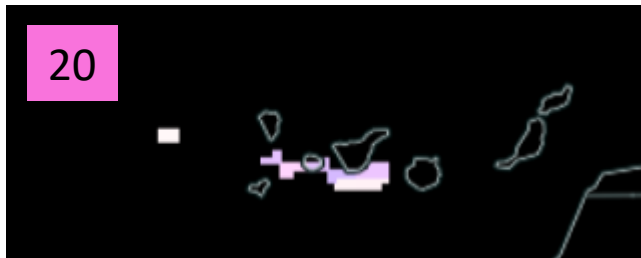
Septiembre de 2021, explosión
volcán de La Palma, Canarias
(España) (19 septiembre)



Contaminación: SO₂

Producto: Dióxido de azufre (Día, Prata algoritmo) obtenido con el instrumento AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) a bordo del satélite Aqua *.

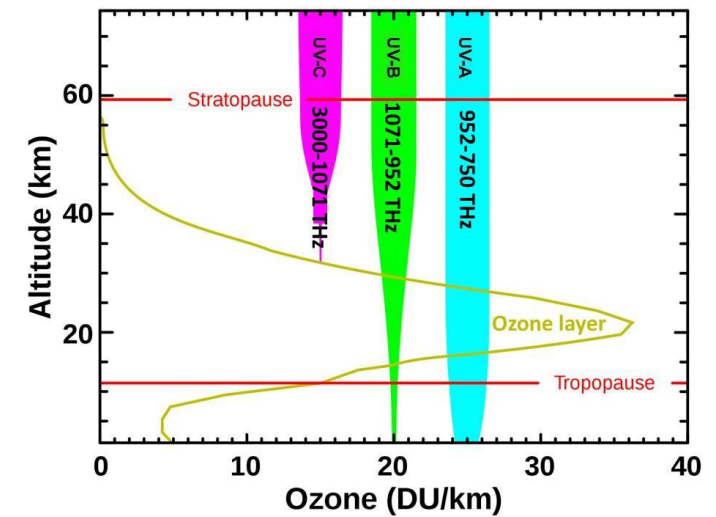
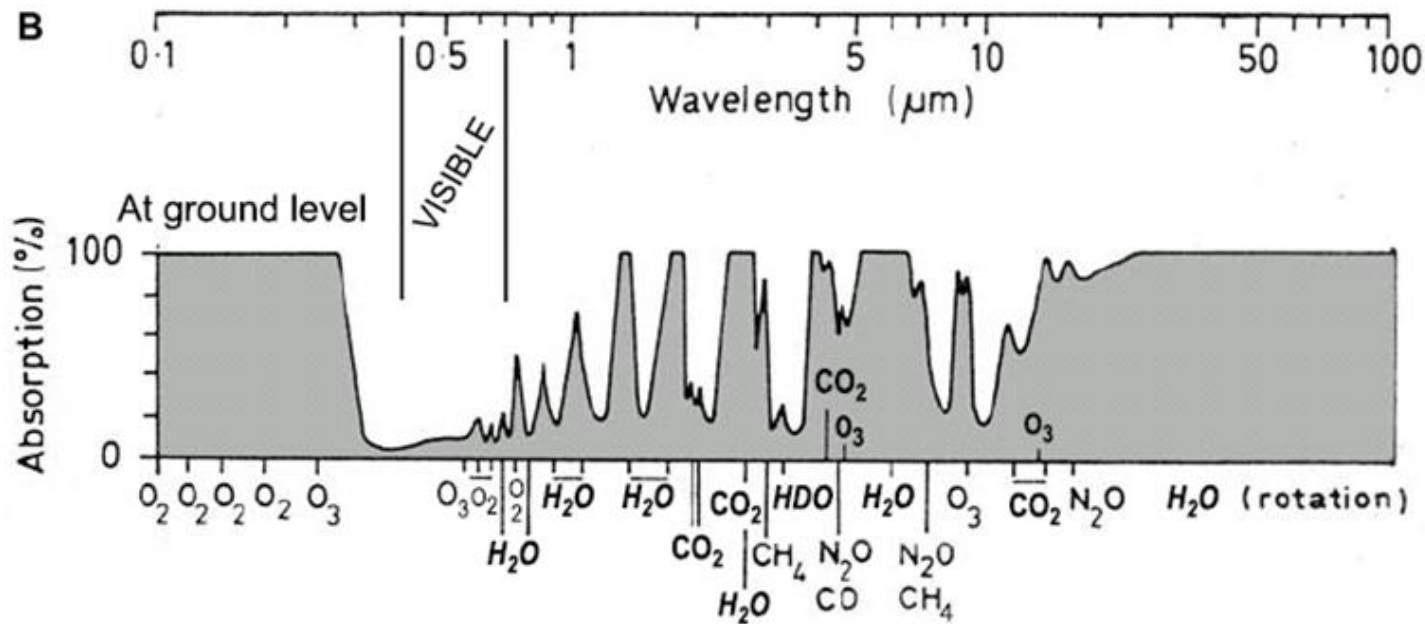
Septiembre de 2021, explosión volcán de La Palma, Canarias (España) (19 septiembre)



* El algoritmo de detección de SO₂ en imágenes multispectrales en el infrarrojo térmico fue descrito por primera vez por Realmuto et al. (1994) para el espectrómetro aerotransportado TIMS (Thermal Infrared Multispectral Scanner). Posteriormente, esta técnica ha sido utilizada por diversos autores para aplicarla a otros sensores satelitales.

Ozono: Fundamentos teóricos

La estratosfera contiene aproximadamente el 90% del ozono total de la atmósfera (ozono bueno que nos protege). El otro 10% se encuentra en la troposfera (ozono malo, impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud). El ozono puede ser detectado en varias longitudes de ondas del espectro.



<https://ozonedepletiontheory.info/ImagePages/ozone-altitude-uv/>

Columna total de ozono

Columna total de ozono (DU) medido con TROPOMI, del satélite Sentinel-5P

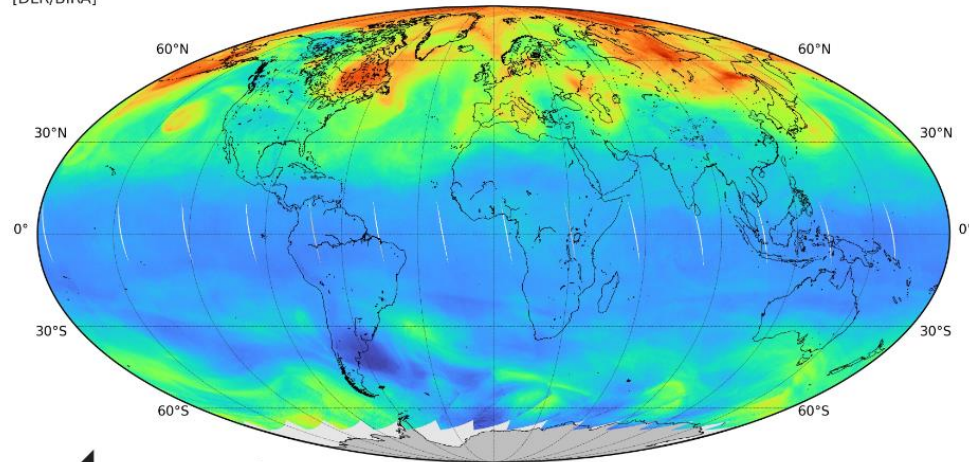
TROPOMI / S5P – Ozone

TROPOMI / S5P – Ozone

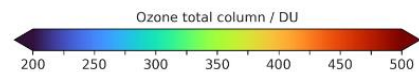
O₃

Ozone total column
[DLR/BIRA]

Acquisition Time	Satellite/Sensor	L2/iL3 Algorithms
15-MAY-2023 23:09:16	Sentinel-5P [ESA/EU]	UPAS-O3-DOAS_CAL-5.1.0
17-MAY-2023 00:29:29	TROPOMI	UMAS 3.2.1



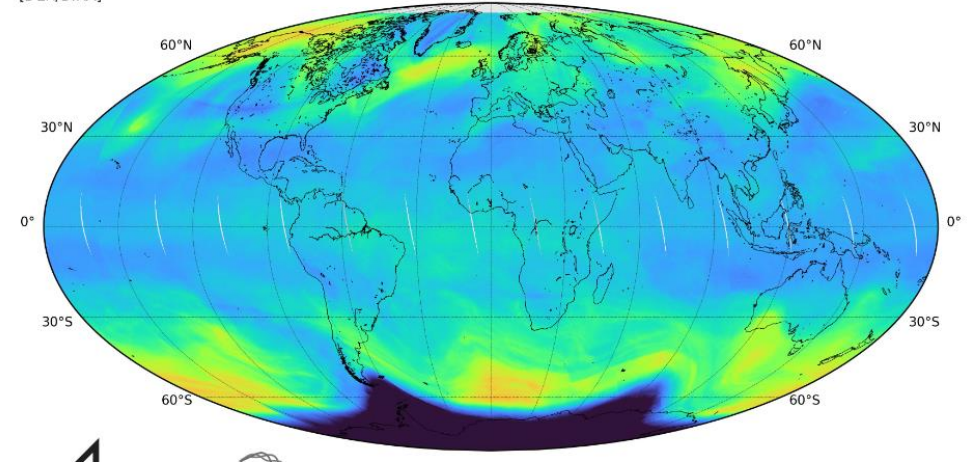

<https://atmos.eoc.dlr.de/tropomi>



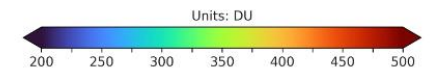
O₃

Ozone total column
[DLR/BIRA]

Acquisition Time	Satellite/Sensor	L2/iL3 Algorithms
11-OCT-2022 23:05:50	Sentinel-5P [ESA/EU]	UPAS-O3-DOAS_CAL-5.1.0
13-OCT-2022 00:34:15	TROPOMI	UMAS 3.1.2




<https://atmos.eoc.dlr.de/tropomi>



Columna total de ozono

Columna total de ozono (DU) medido con TROPOMI, del satélite Sentinel-5P y con GOME-2 (Metop)

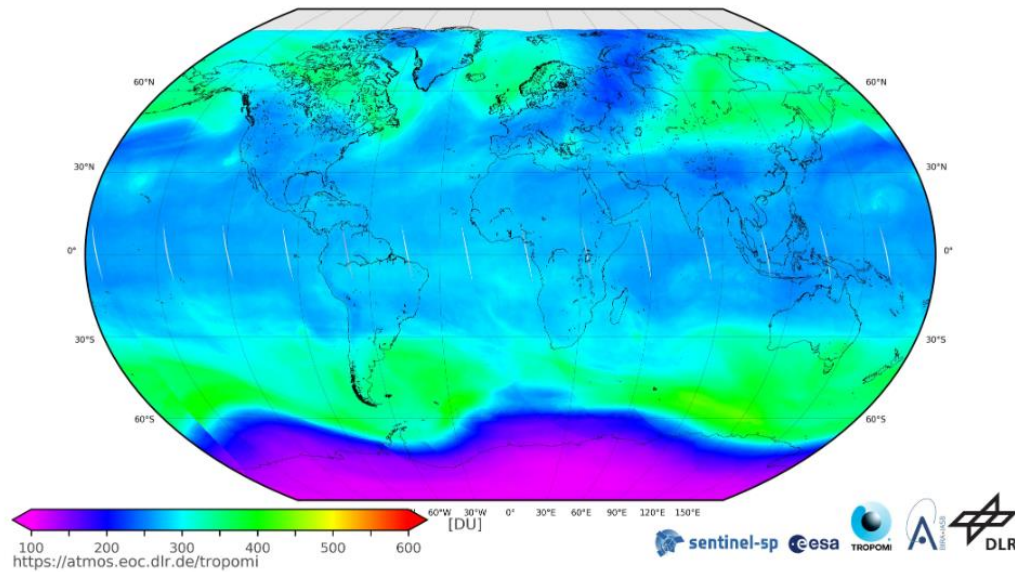
El agujero de ozono antártico de 2020, de los mayores y más profundos de los últimos años

TROPOMI / S5P – Ozone



Ozone total column

Acquisition Time	Plot Range	Sensor	Algorithm
08-October-2020 23:04:31 10-October-2020 00:19:44	Min: 38.72073 - Max: 6806.635	TROPOMI S5P	UPAS-03-DOAS_CAL-5.1.0 UPAS2 02.01.03

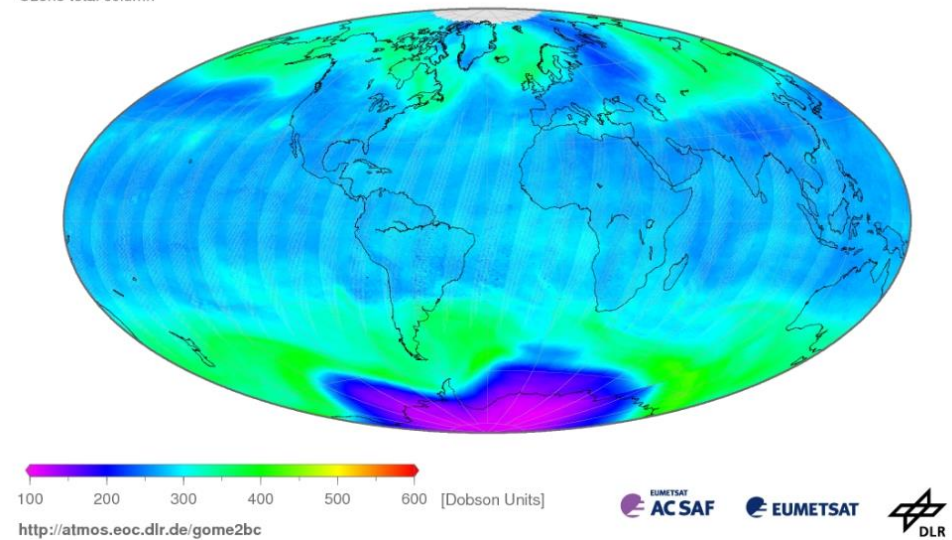


GOME-2 / MetOp-BC – Ozone



Ozone total column

Acquisition Time	Sensor	Plot Range	Algorithm
08-OCT-2020 23:55:58 10-OCT-2020 01:13:43	GOME-2 MetOp-BC	100.3 : 463.7 281.8 ± 58.1	GDP 4.9 UPAS 1.4.0



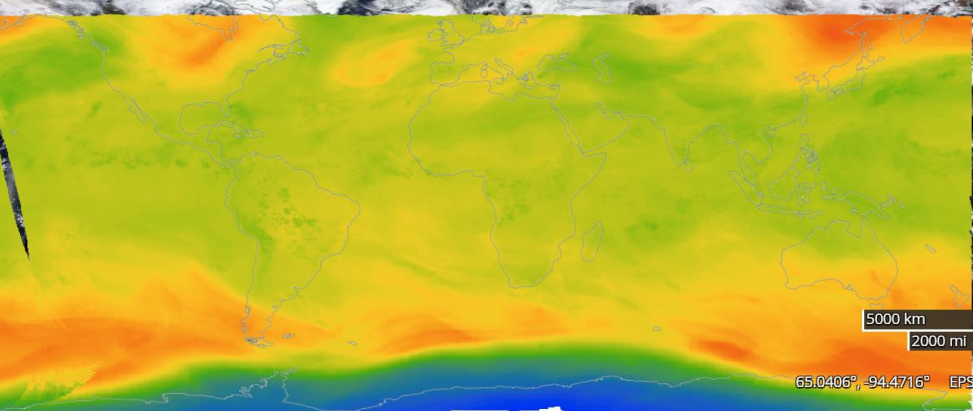
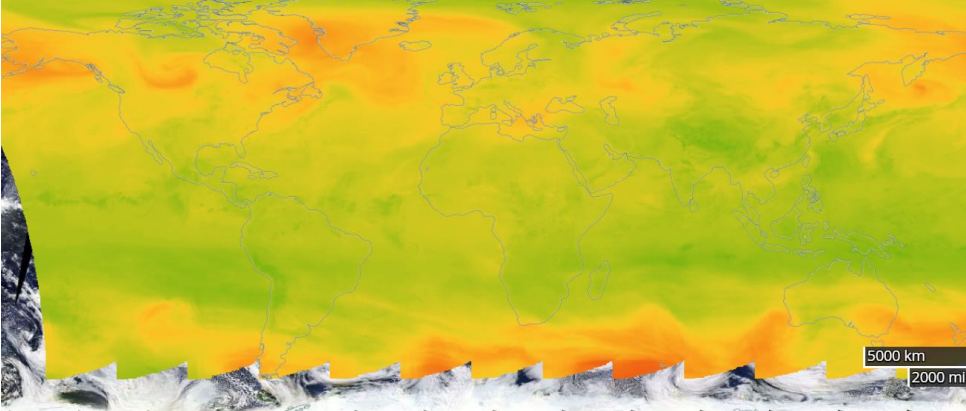
Columna total de ozono

Columna total de ozono (DU) medido con OMPS-NP, del satélite SUOMI NPP



9 agosto 2020

18 octubre 2020



Ejercicios



- 1- Abre el EO Browser: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>
- 2- Busca la ciudad de Puebla (México)
- 3- Busca el producto del Sentinel-5 Sulfur Dioxide entre el 1 de mayo de 2023 y el 1 de junio de 2023
- 4- Ve al 5, 10, 25 de mayo, ¿Hay contaminación por SO₂? ¿A qué puede ser debido?
- 5- Busca la contaminación para NO₂ del Sentinel-5 en mayo (7, 19, 25...) ¿qué observas?

- 6- Abre la imagen DUST RGB del GOES-W y GOES-E para disco completo ¿hay alguna nube de polvo ahora? → <https://www.star.nesdis.noaa.gov/goes/index.php>

- 7- ¿Hay actualmente algún agujero en la capa de ozono? → <https://atmos.eoc.dlr.de/app/calendar>

Gracias por vuestra atención!

Lidia Cristina Escudero Fernández
lescudero@aemet.es

DIS-CTNDO

19-09-2023