

Introducción a la Teledetección de la Calidad del Aire

Herramientas para el Análisis de Conjuntos de Datos Satelitales de la Calidad del Aire de Alta Resolución

Pawan Gupta y Melanie Follette-Cook, 17 al 22 de enero de 2018



Objetivos de Aprendizaje

Al finalizar esta presentación, Ud. podrá:

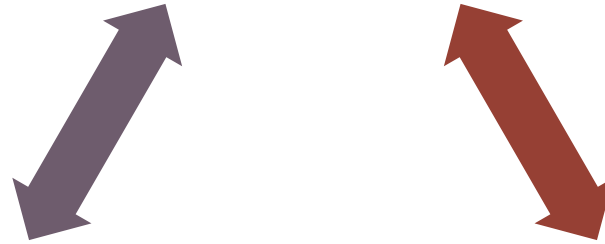
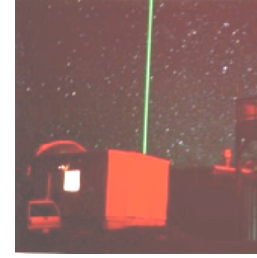
- dar un resumen de los productos de aerosoles y gases trazadores
- Identificar posibles aplicaciones para el monitoreo de la calidad del aire
- Describir las herramientas para leer mapas y conjuntos de datos



El Monitoreo de la Contaminación Aérea



Mediciones en la Superficie

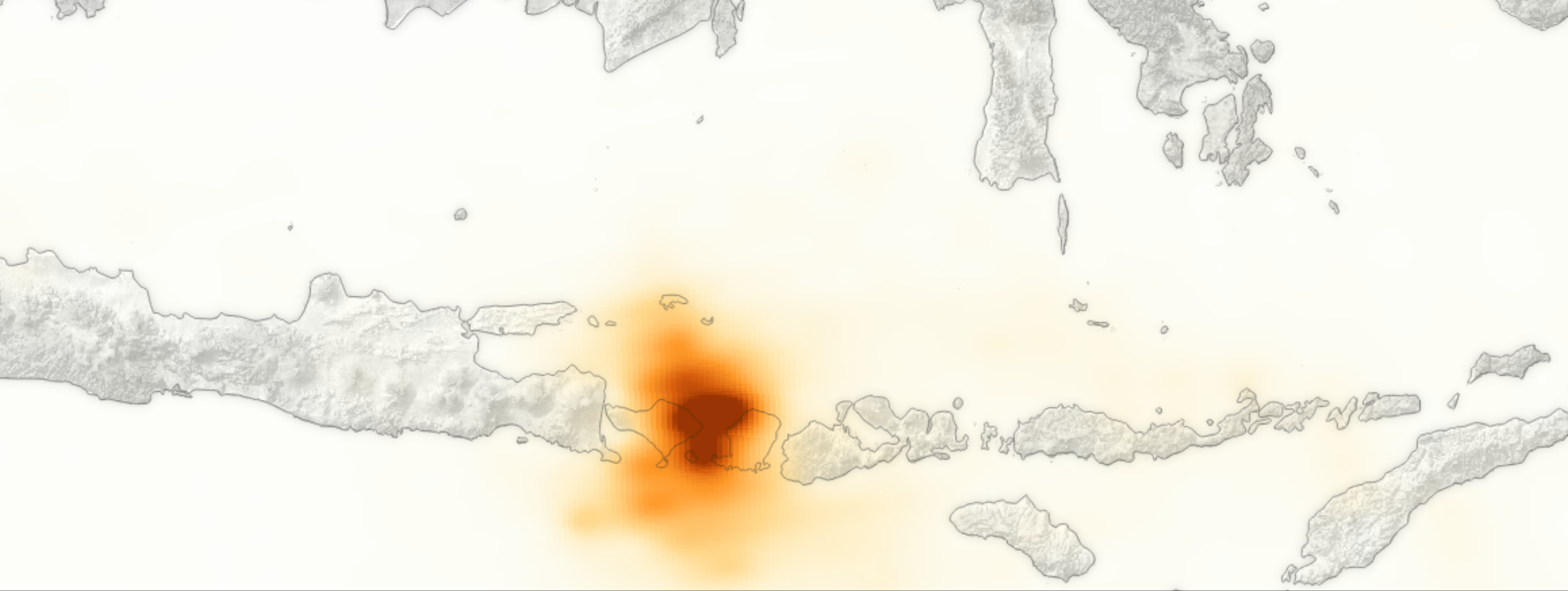


Observaciones desde el Aire y el Espacio



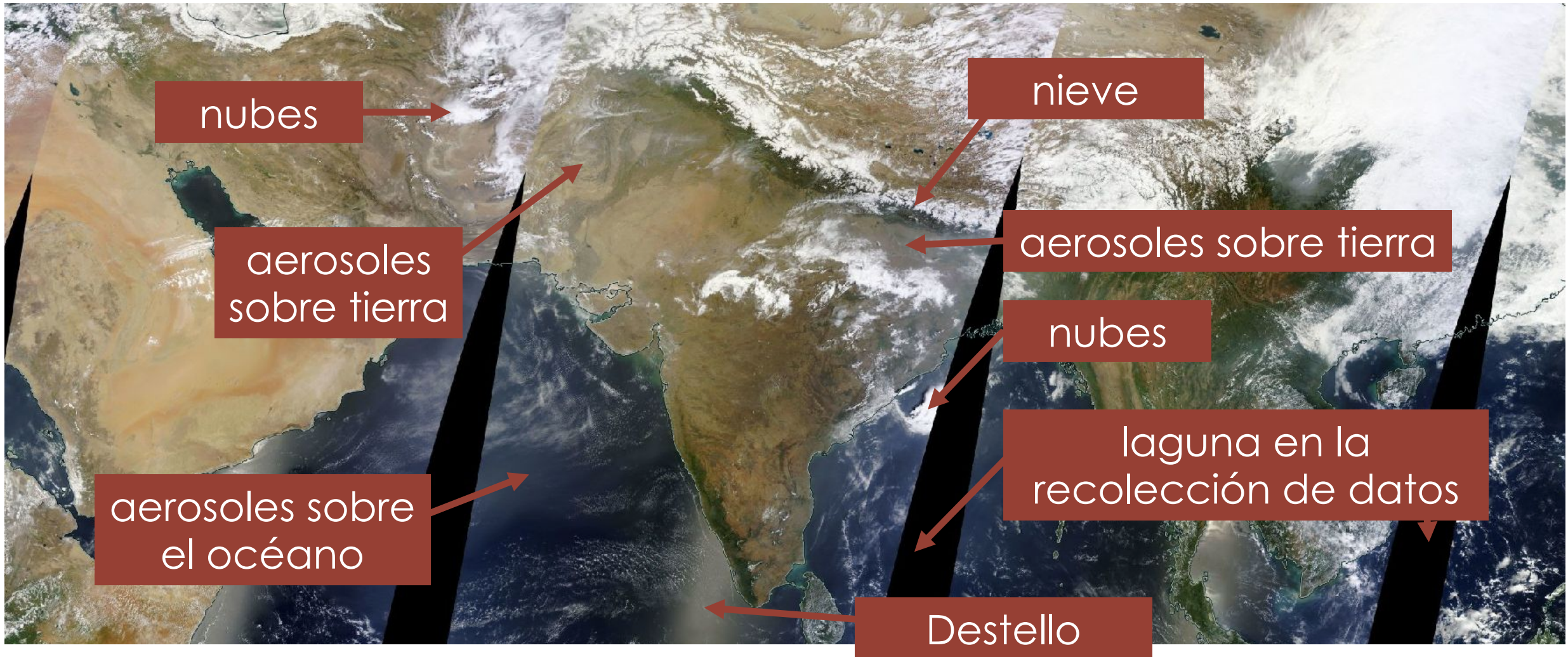
Modelos





¿Por qué utilizamos datos satelitales?

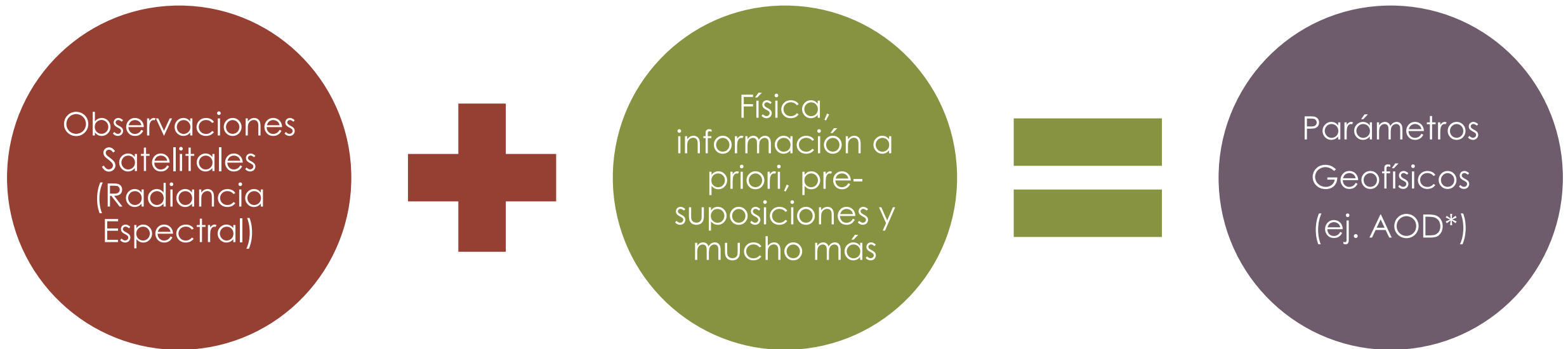
¿Qué podemos aprender de las imágenes en color real?



Terra (MODIS) image, April 19, 2013



Radiancia Convertida en Parámetros Geofísicos



*AOD- siglas en inglés de Aerosol Optical Depth (Espesor Óptico de Aerosoles)

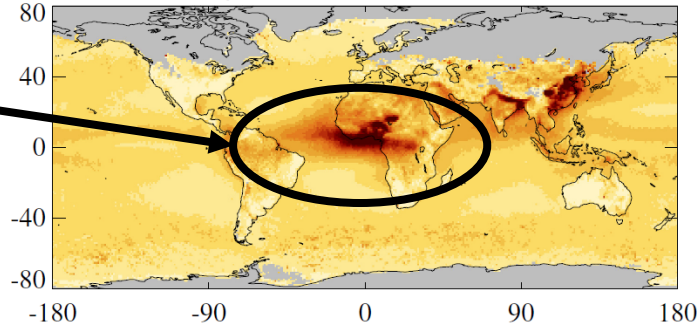


Aerosoles desde los Satélites

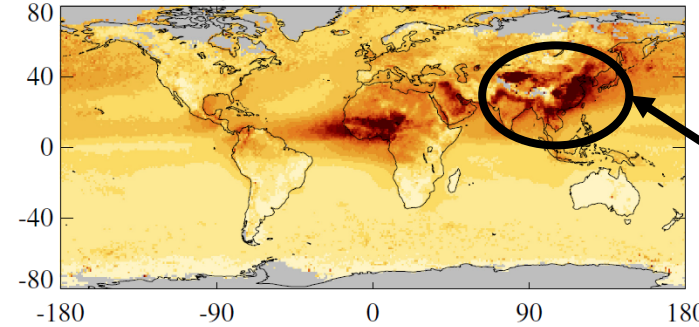
- A diario, varios satélites brindan observaciones de aerosoles fiables a nivel mundial

Espesor Óptico de Aerosoles (Aqua MODIS)

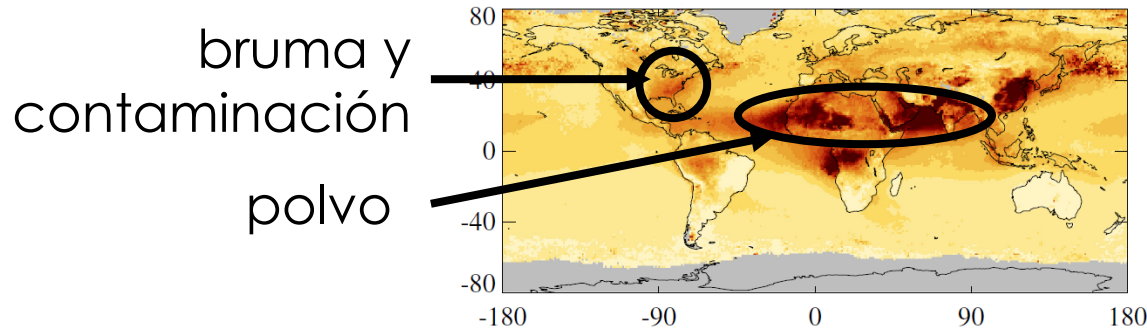
Invierno



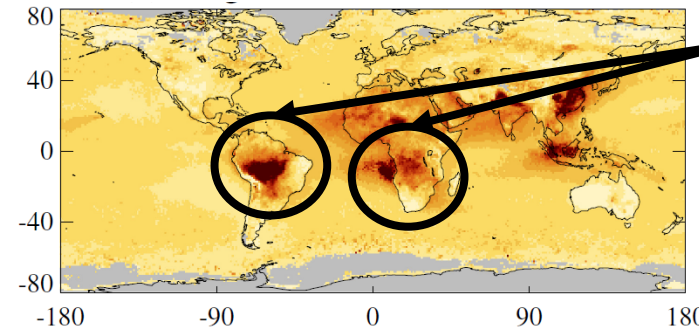
Primavera



Verano

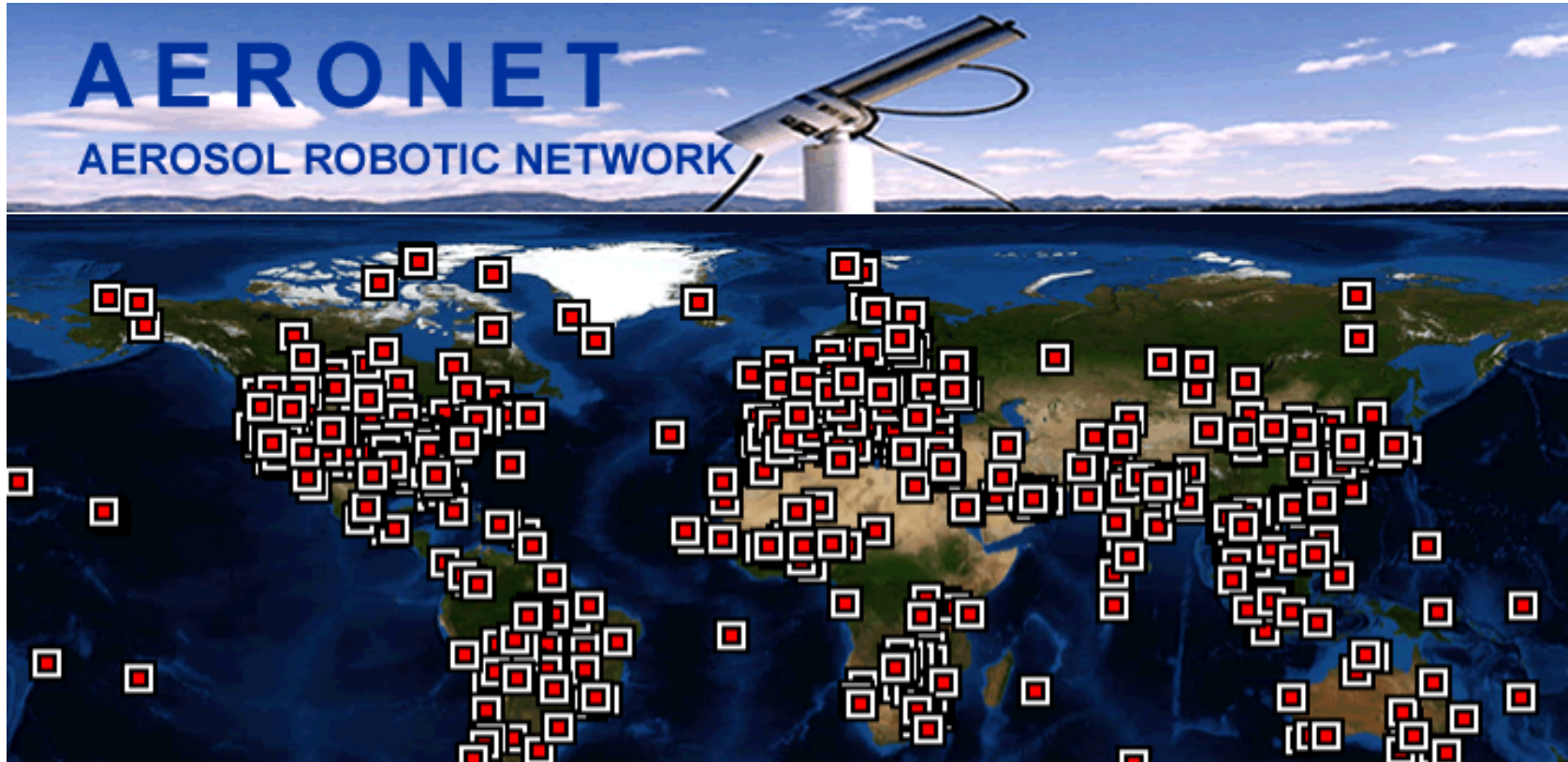


Otoño



AERONET

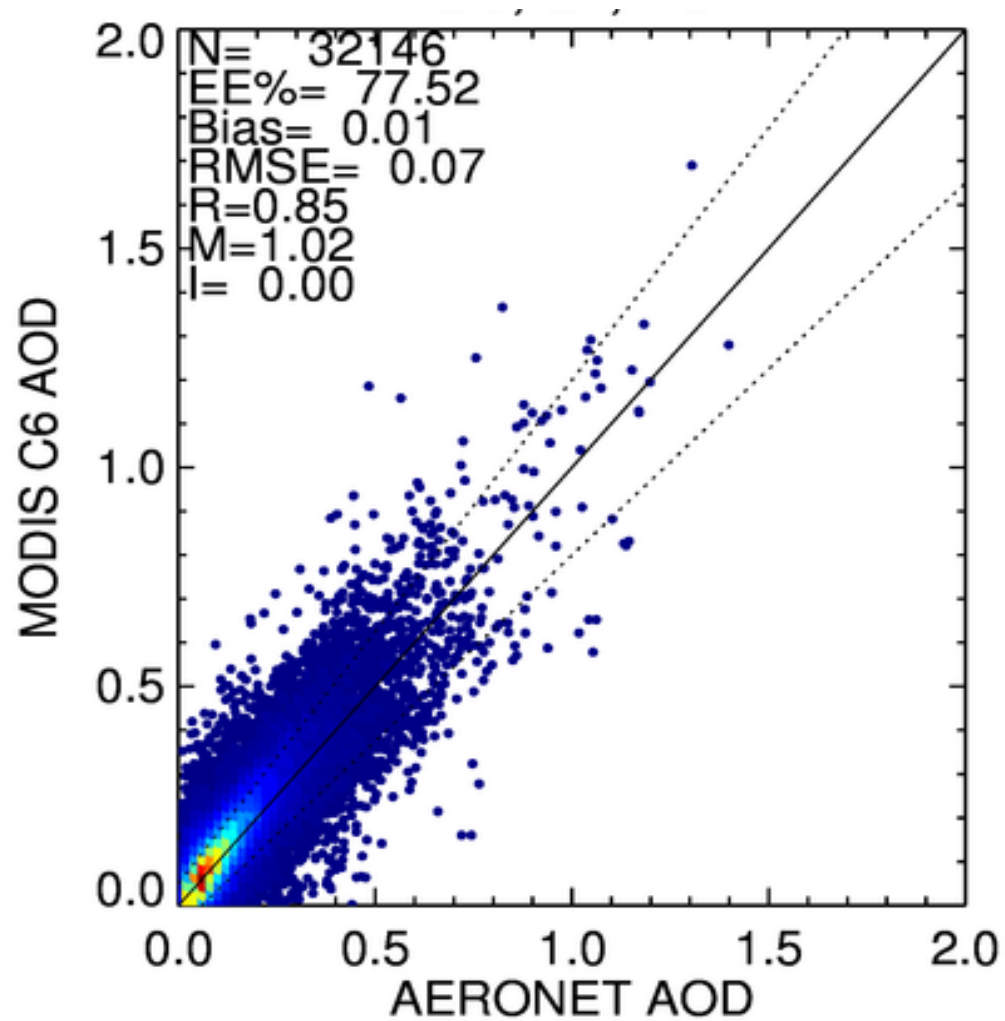
<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>

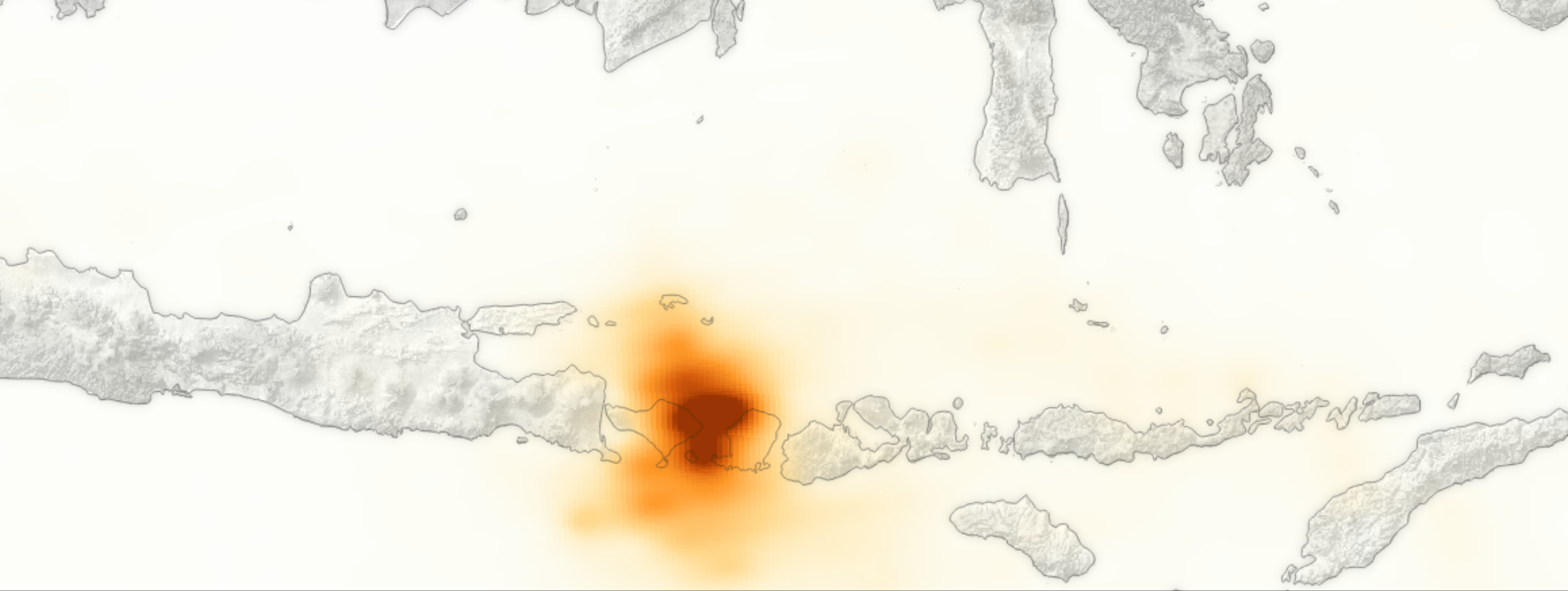


Las mediciones de AERONET se consideran verídicas a nivel del suelo y se usan para validar datos de aerosoles recuperados por satélites



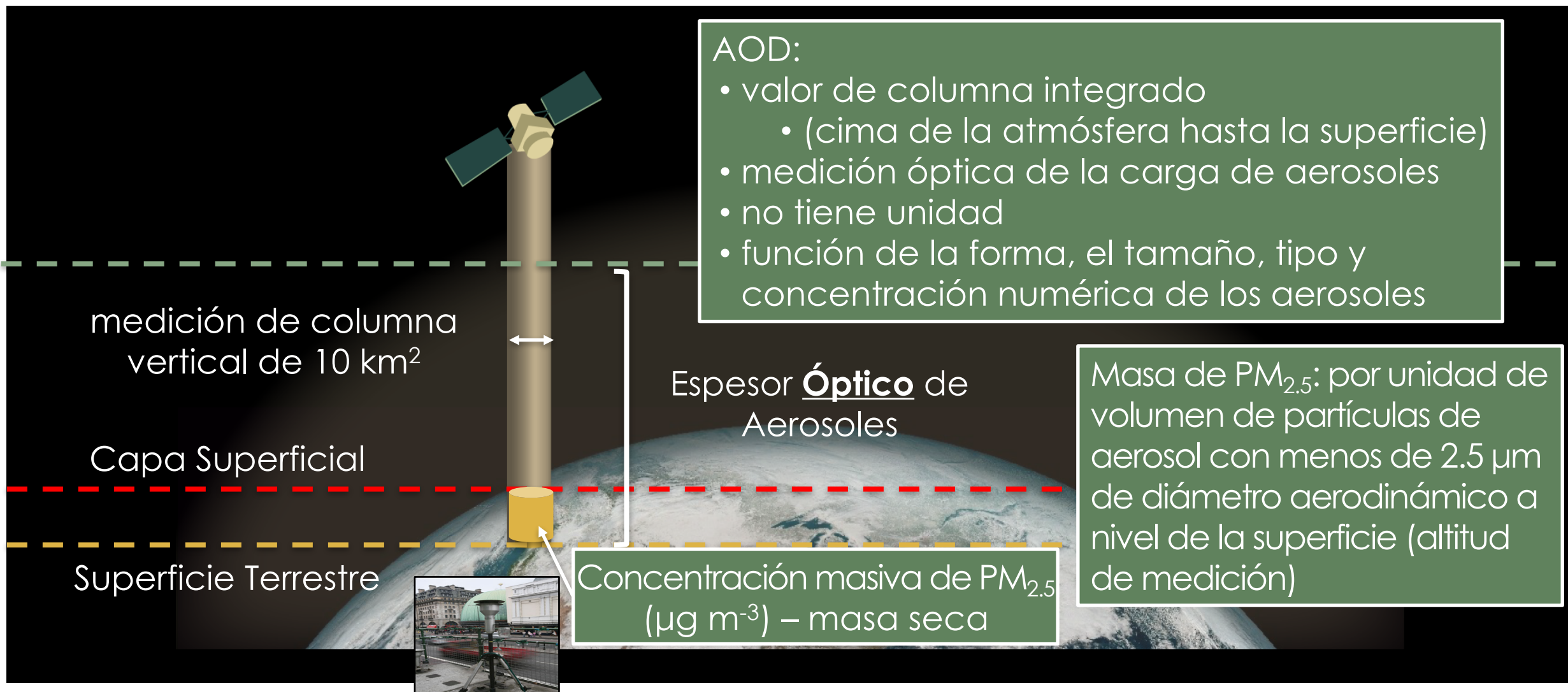
MODIS - Validación de Aerosoles





Aplicaciones

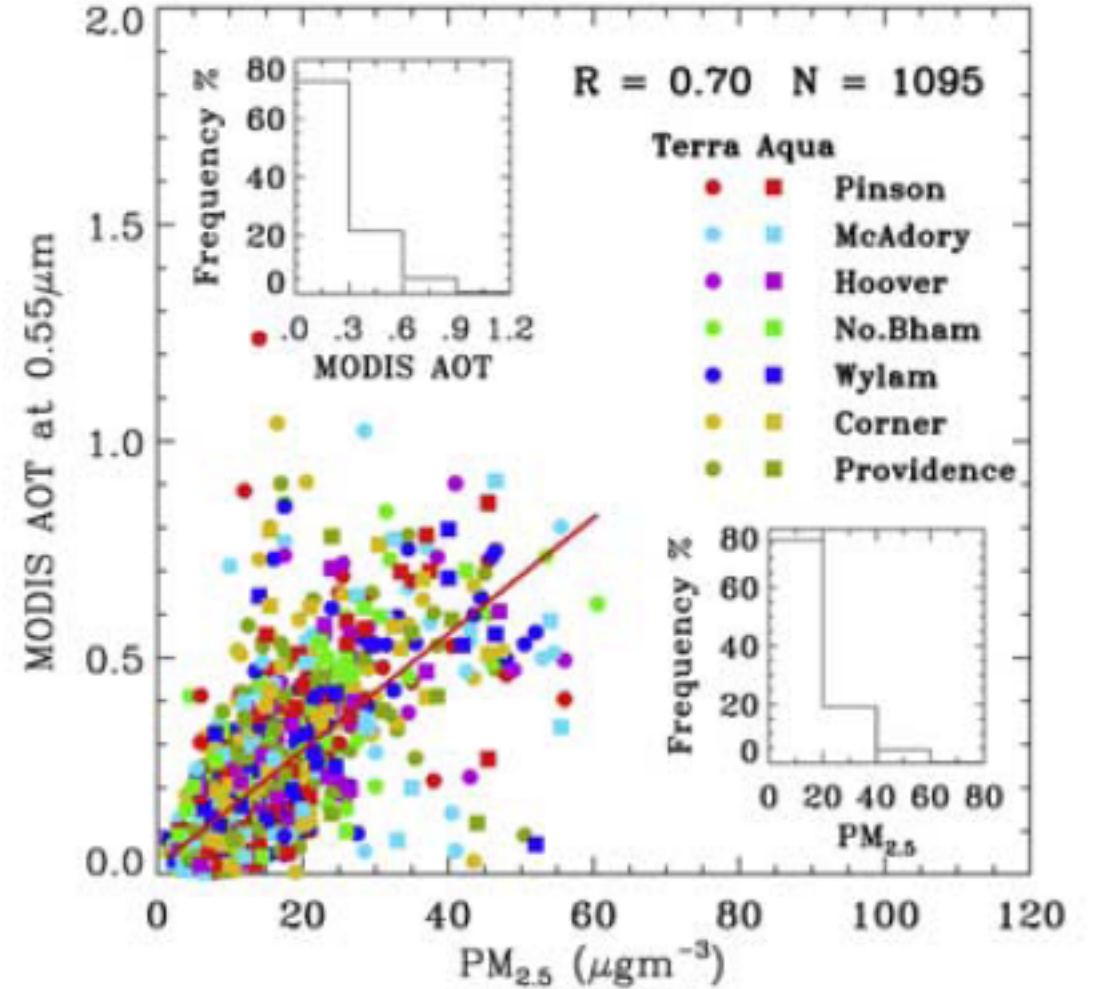
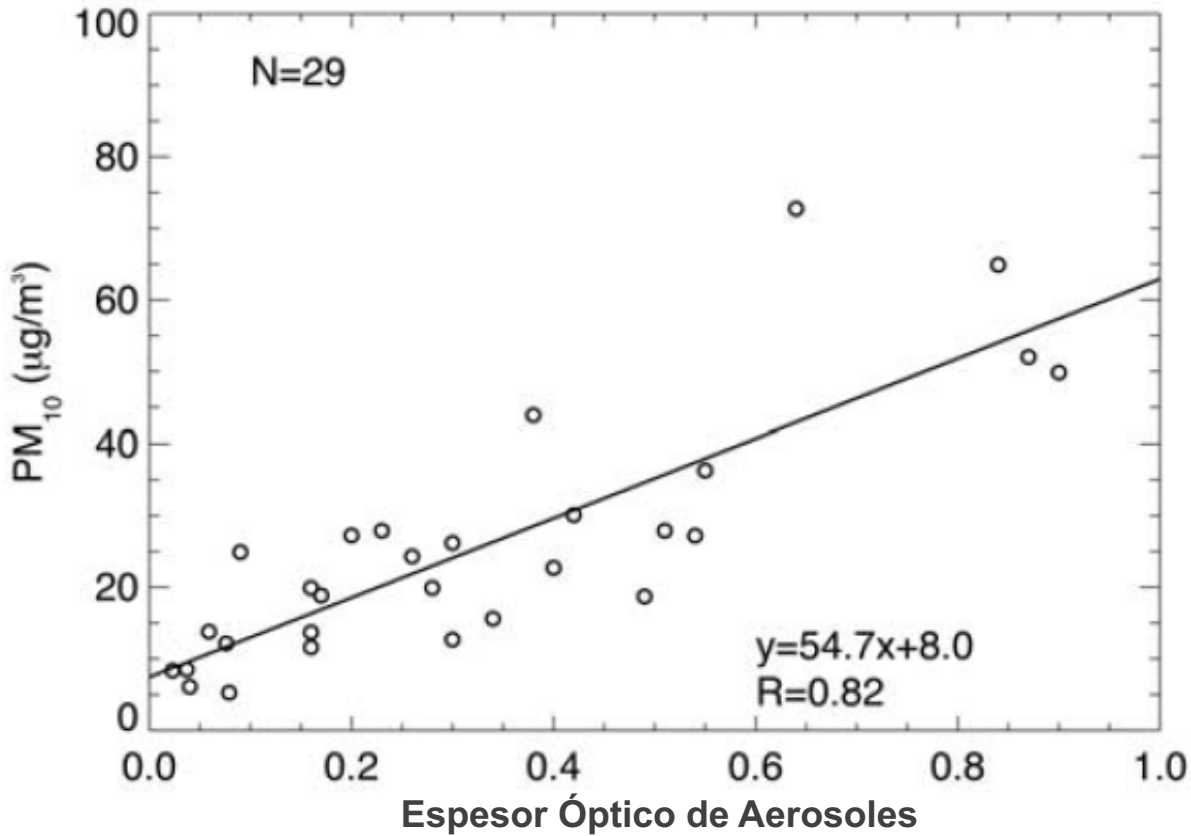
Observaciones Satelitales vs. en la Superficie



Observaciones Satelitales vs. en la Superficie



Modelos Sencillos de Días Pasados



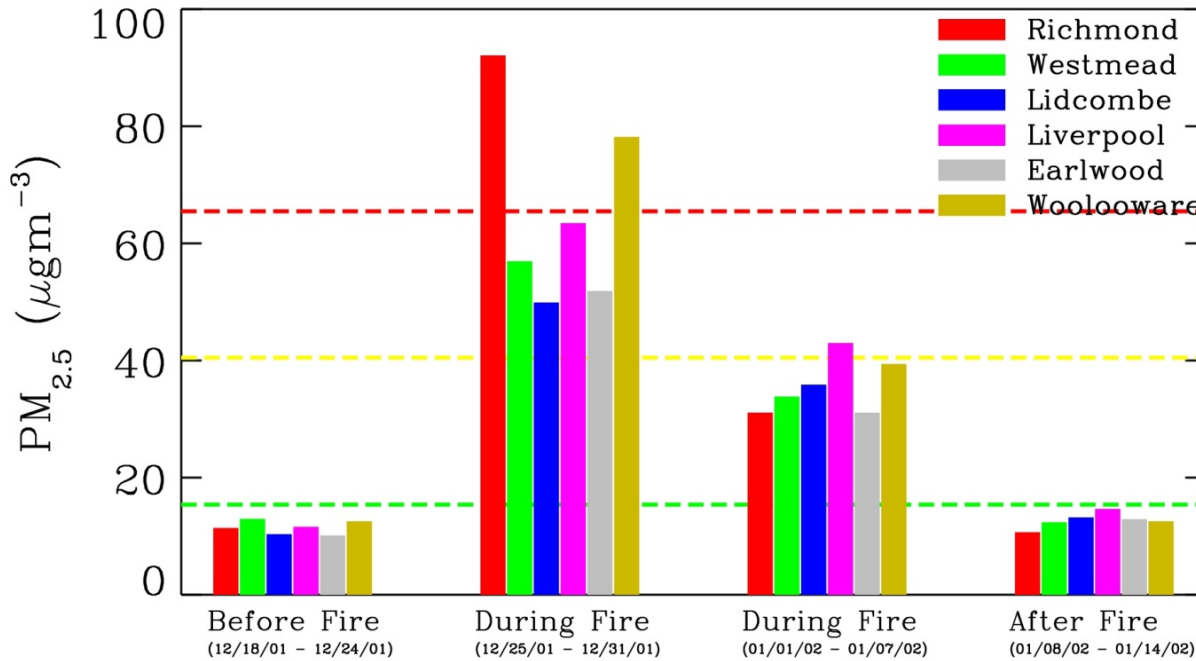
Fuente (der.): Wang et al., 2003 y Chu et al., 2003 (izq.)



Aplicación de Observaciones Satelitales

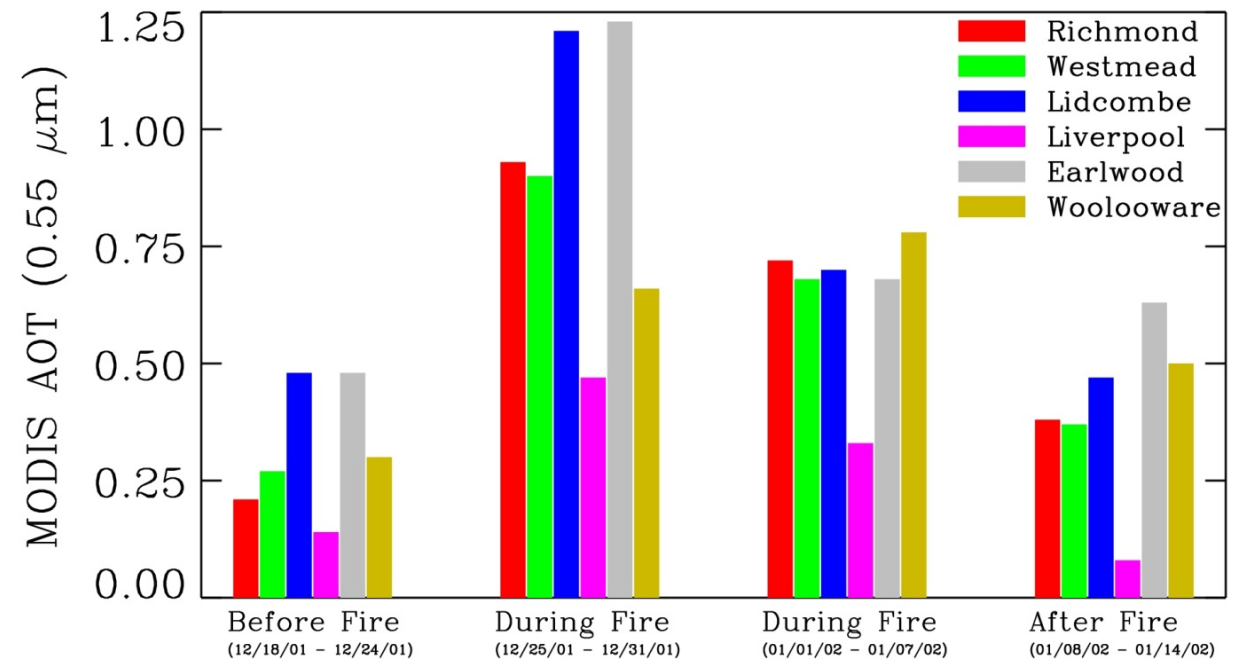
Incendios Forestales en Sídney, Australia

PM_{2.5} en la Superficie



Before Fire= Antes del Incendio
 During Fire= Durante el Incendio
 After Fire= Después del Incendio

AOD según los Satélites



Fuente: Gupta y Christopher, 2007

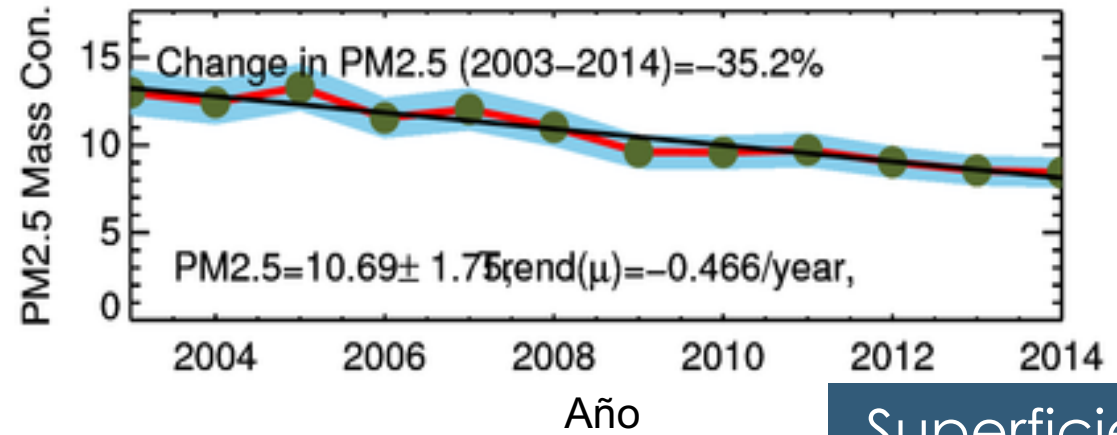


Mediciones: Superficiales vs. Satelitales



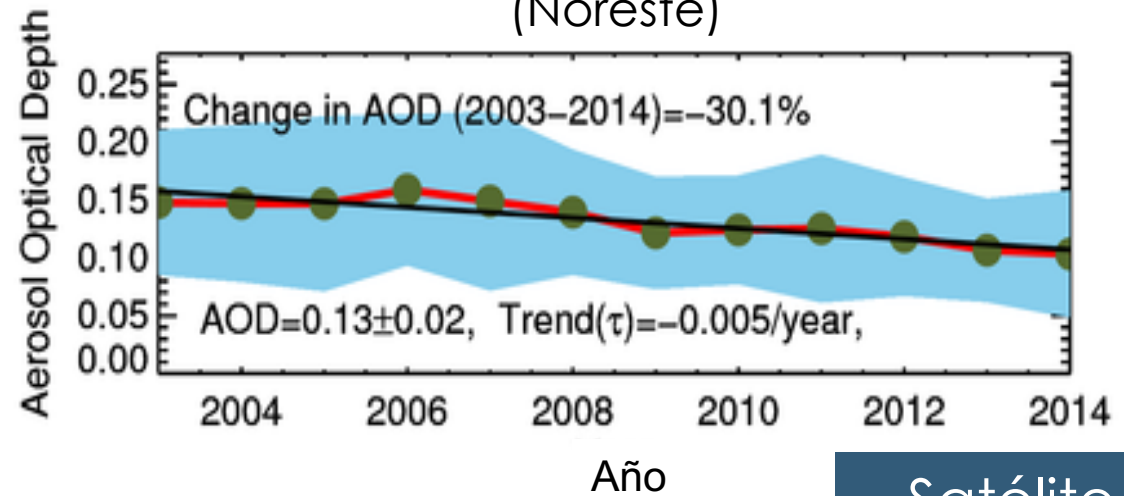
Fuente del Mapa: Zonas Climáticas de EEUU, NOAA

(Noreste)



Superficie

(Noreste)

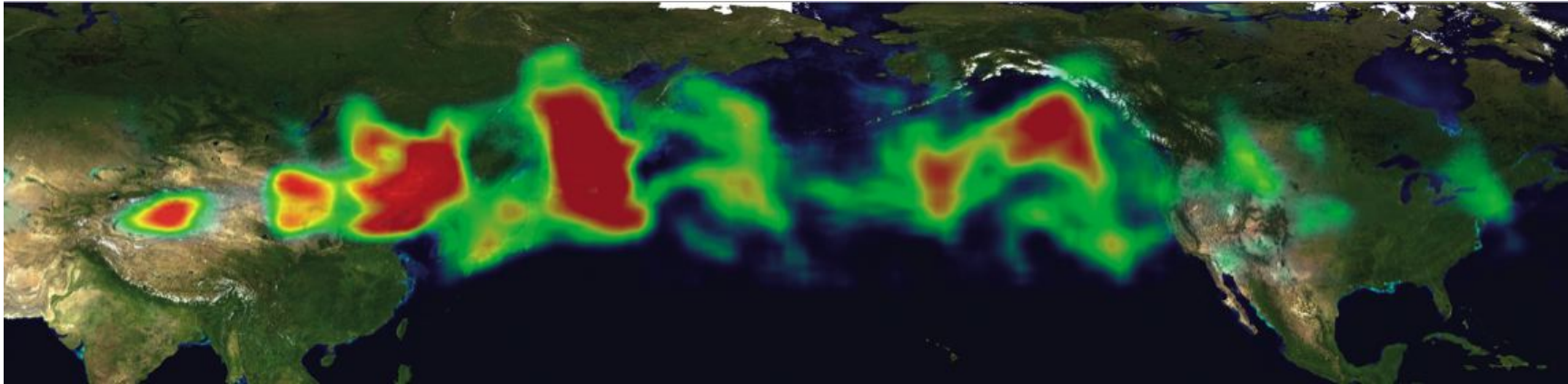


Satélite

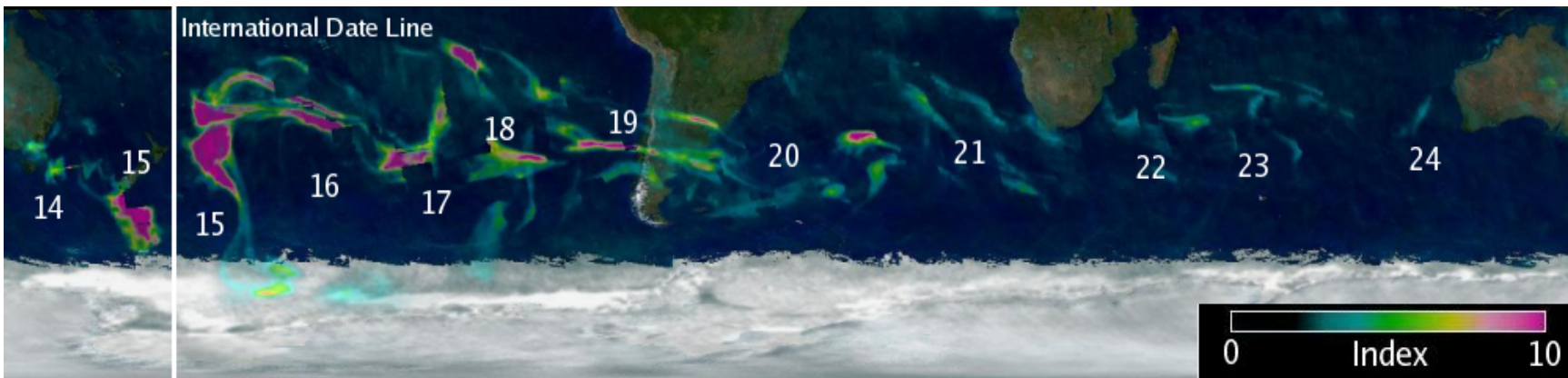


Transporte a Largas Distancias

Polvo de los Desiertos de Mongolia Llega a EE UU

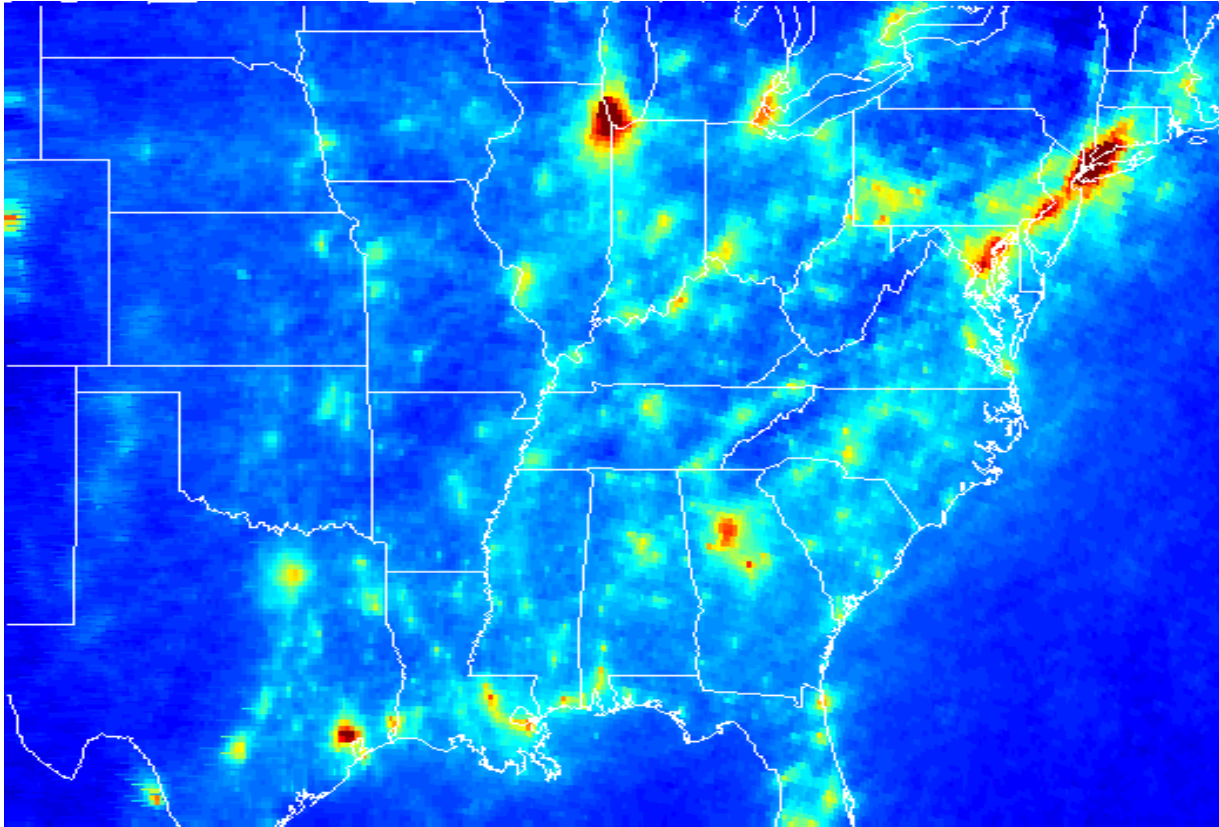


El Humo Da La Vuelta al Mundo Entero en 11 Días

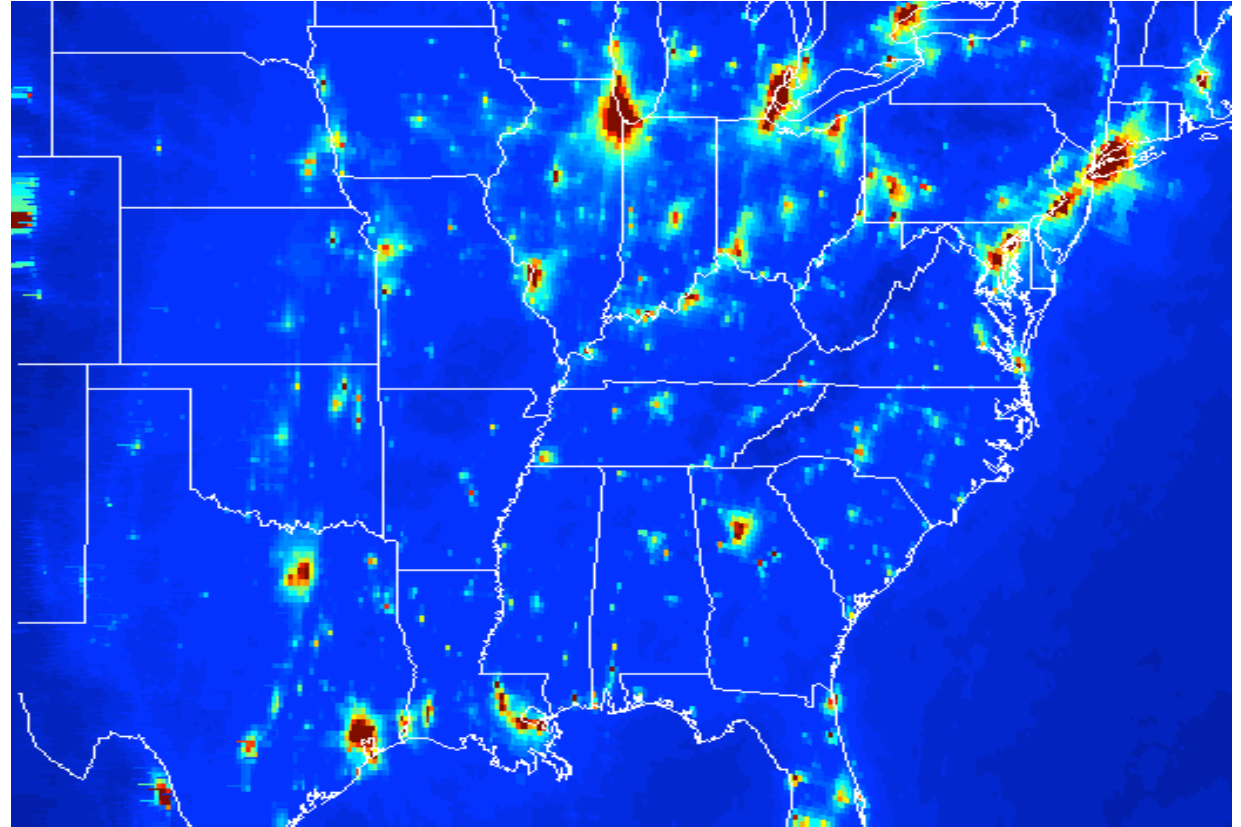


Intercomparación Modelo-Satélite

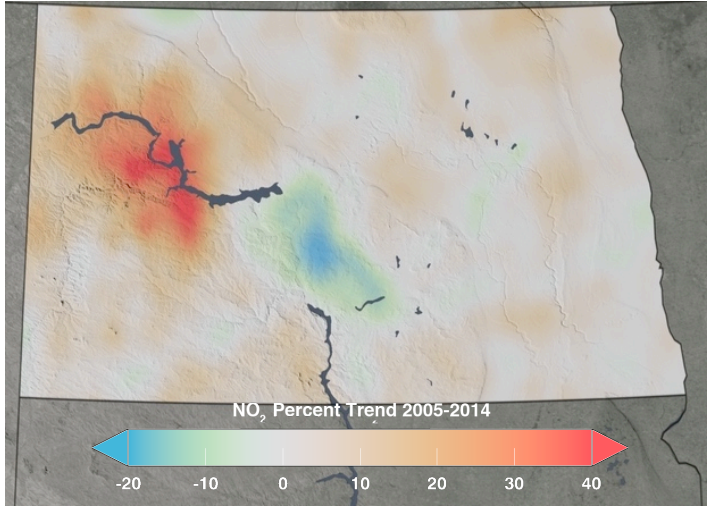
NO₂ según el Modelo CMAQ



NO₂ según OMI



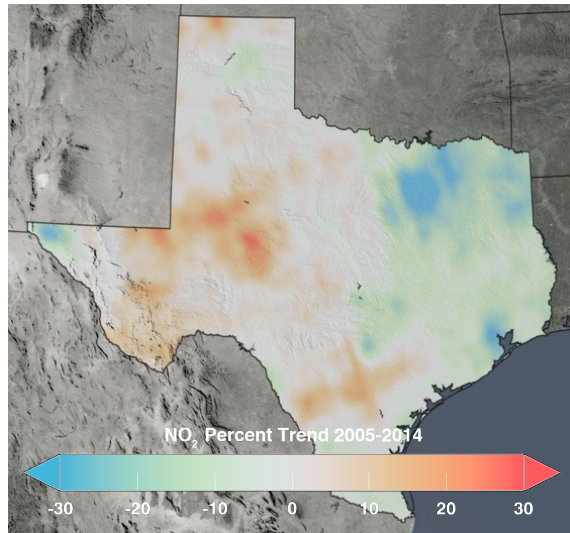
OMI Detecta Incrementos en el Nivel de NO₂ Como Resultado de Actividades Relacionadas con el Petróleo y el Gas Natural 2005-2014



North
Dakota



Luces de Noche de Suomi NPP



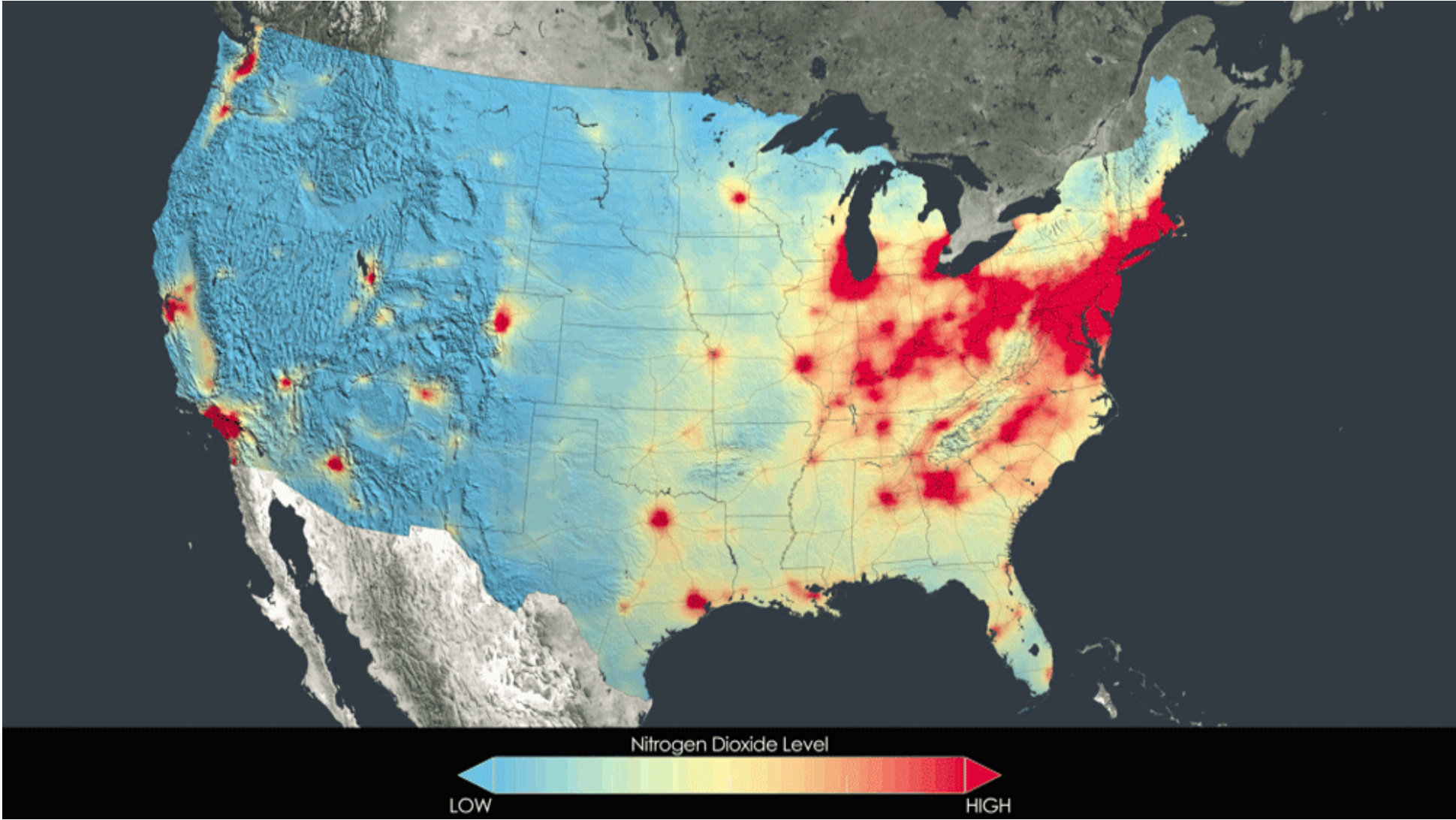
Texas



Diap. cortes. de: Bryan Duncan

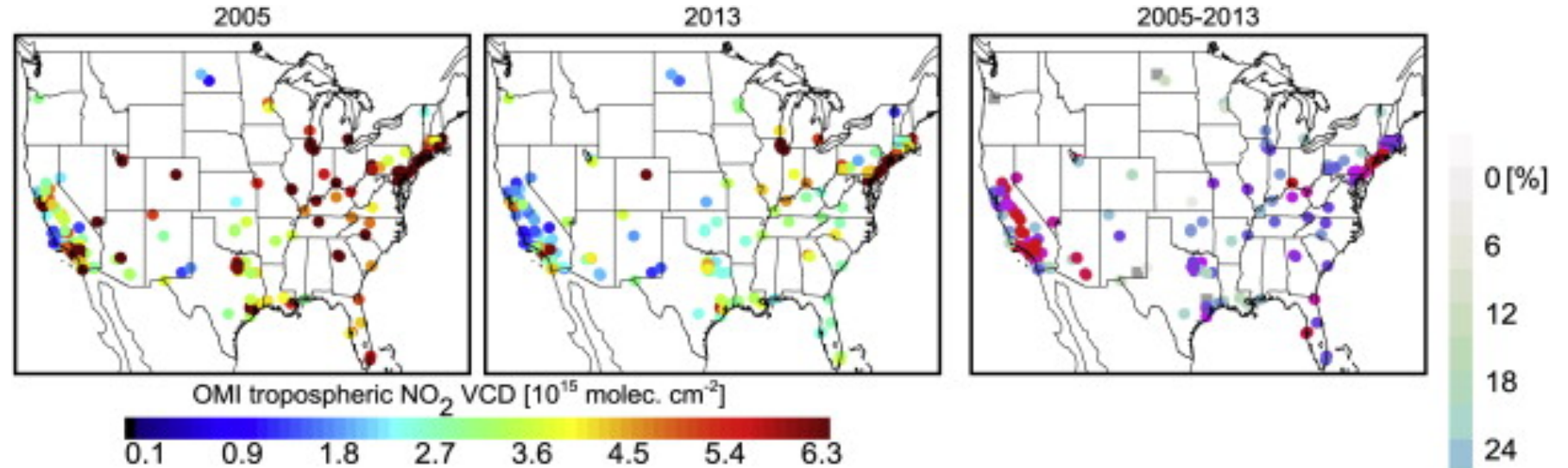


Tendencias del NO₂ sobre Estados Unidos

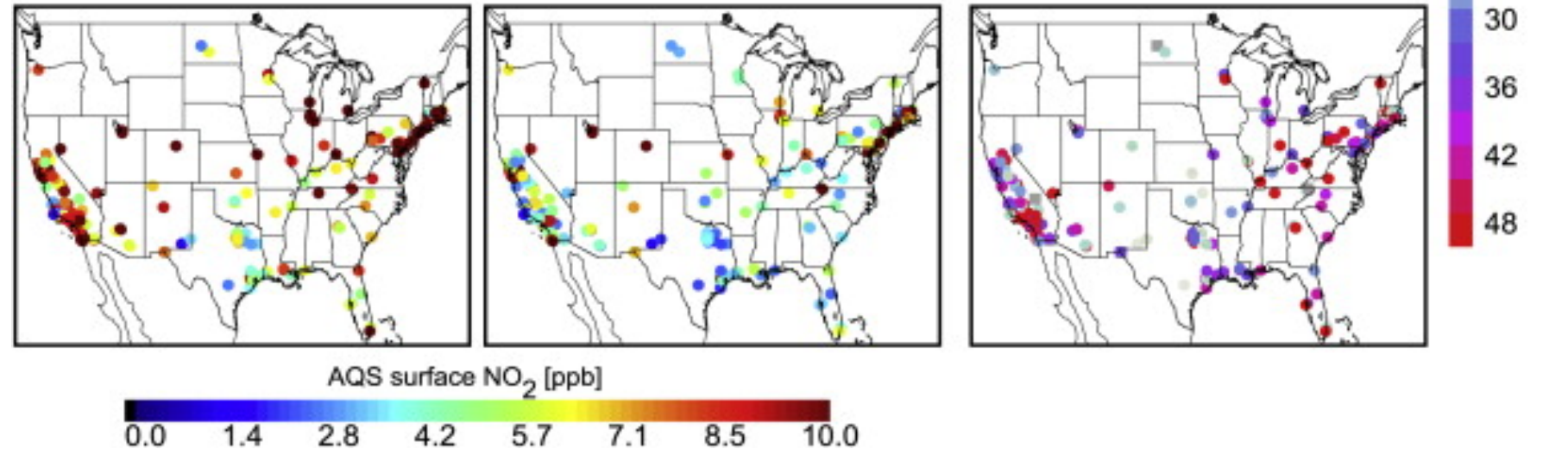


Hay Una Correlación Estrecha Entre las Tendencias del NO₂ según OMI y Aquéllas según Mediciones en la Superficie

OMI (Satélite)

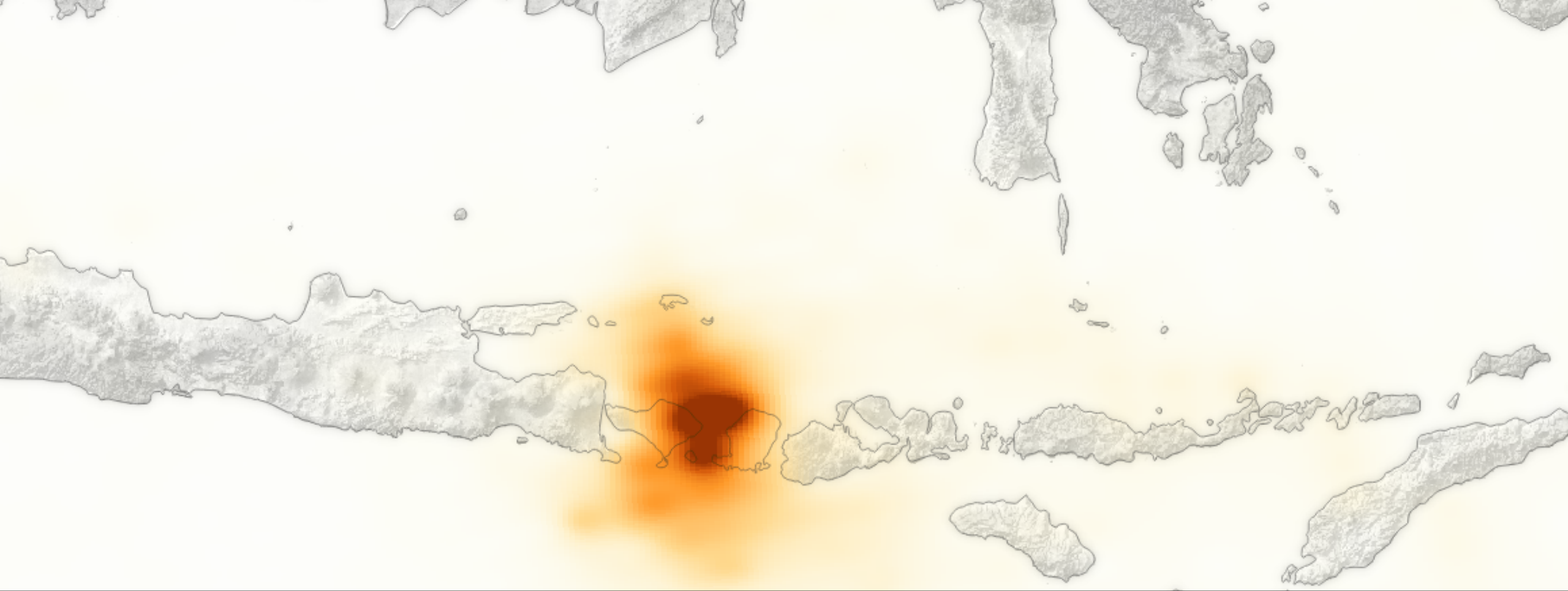


AQS (Superficie)



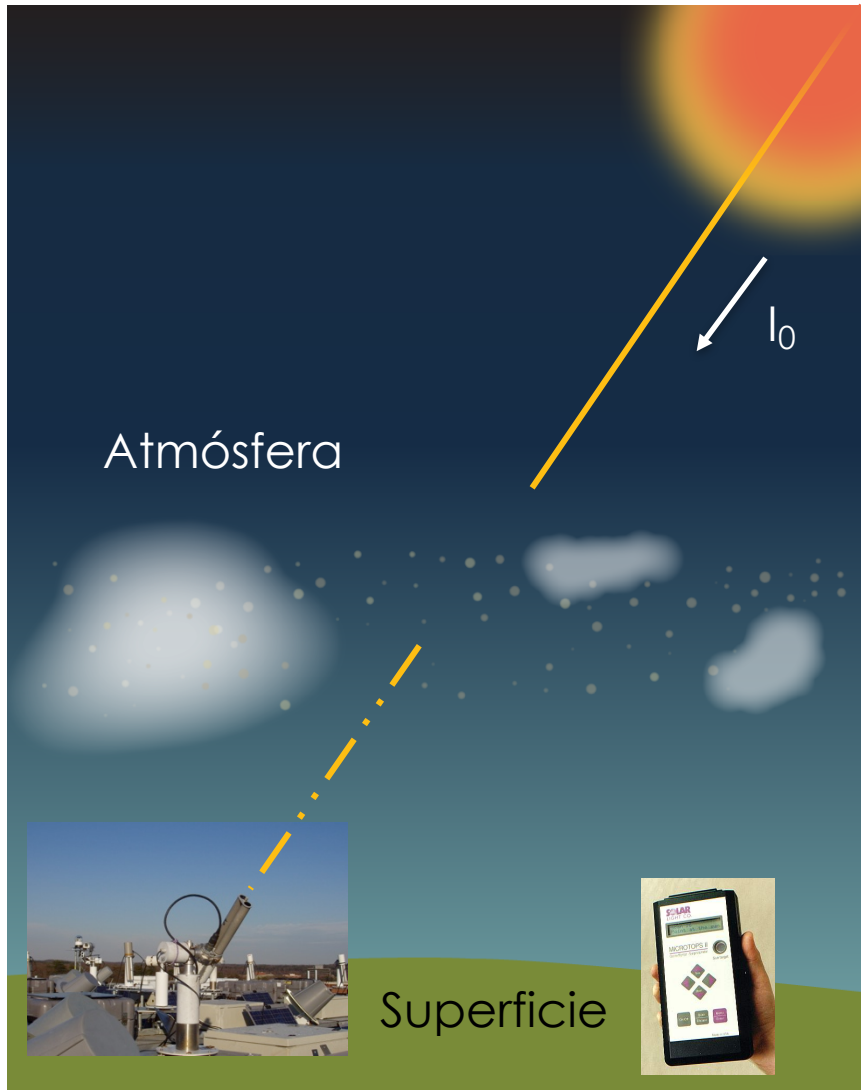
Source: Lamsal, L.N. et al. (2016)





Producto de Aerosoles de MODIS

Espesor Óptico



El espesor óptico expresa la cantidad de luz removida de un rayo de luz mediante la **dispersión** y/o **absorción** durante su trayecto por un medio

espesor óptico τ :

$$I = I_0 e^{-m\tau}$$

$$m = \sec \theta_0$$

$$\tau = \tau_{Rayl} + \tau_{aer} + \tau_{gas}$$



MODerate resolution Imaging Spectroradiometer

(Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada)

- 2000 - actualidad
- Resolución Espacial
 - 250 m, 500 m, 1 km
- Plataforma
 - Terra y Aqua
- Resolución Temporal
 - Diaria, 8 días, 16 días, mensual, trimestral, anual
- Formato de Datos
 - Formato de Datos Jerárquico – Formato de Observación Terrestre (Hierarchical Data Format – Earth Observing System o HDF-EOS)



- Cobertura Espectral
 - 36 bandas (bandas principales incluyen roja, azul, IR, casi IR, IR media)
 - Bandas 1-2: 250 m
 - Bandas 3-7: 500 m
 - Bandas 8-36: 1,000 m



Detección de Aerosoles

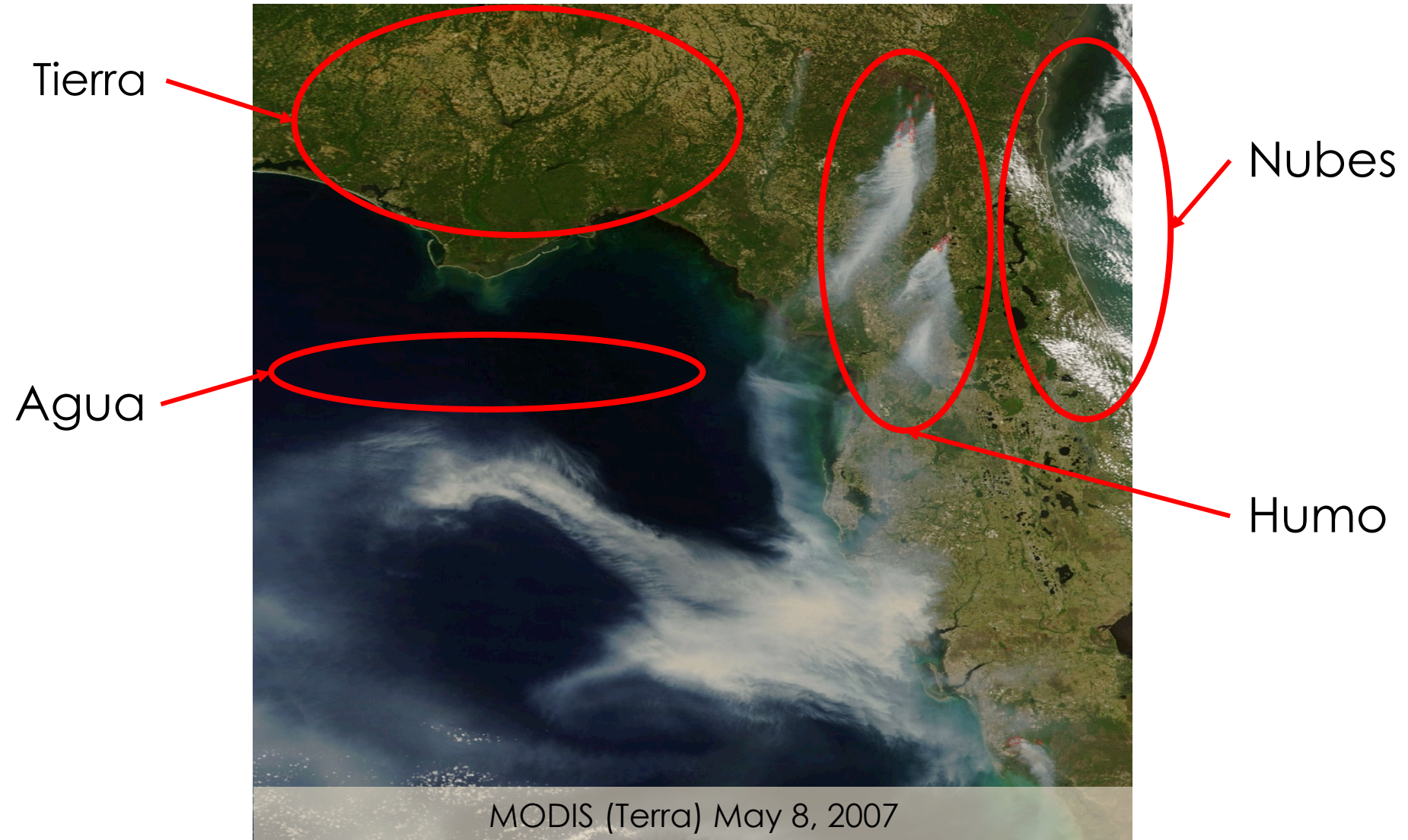
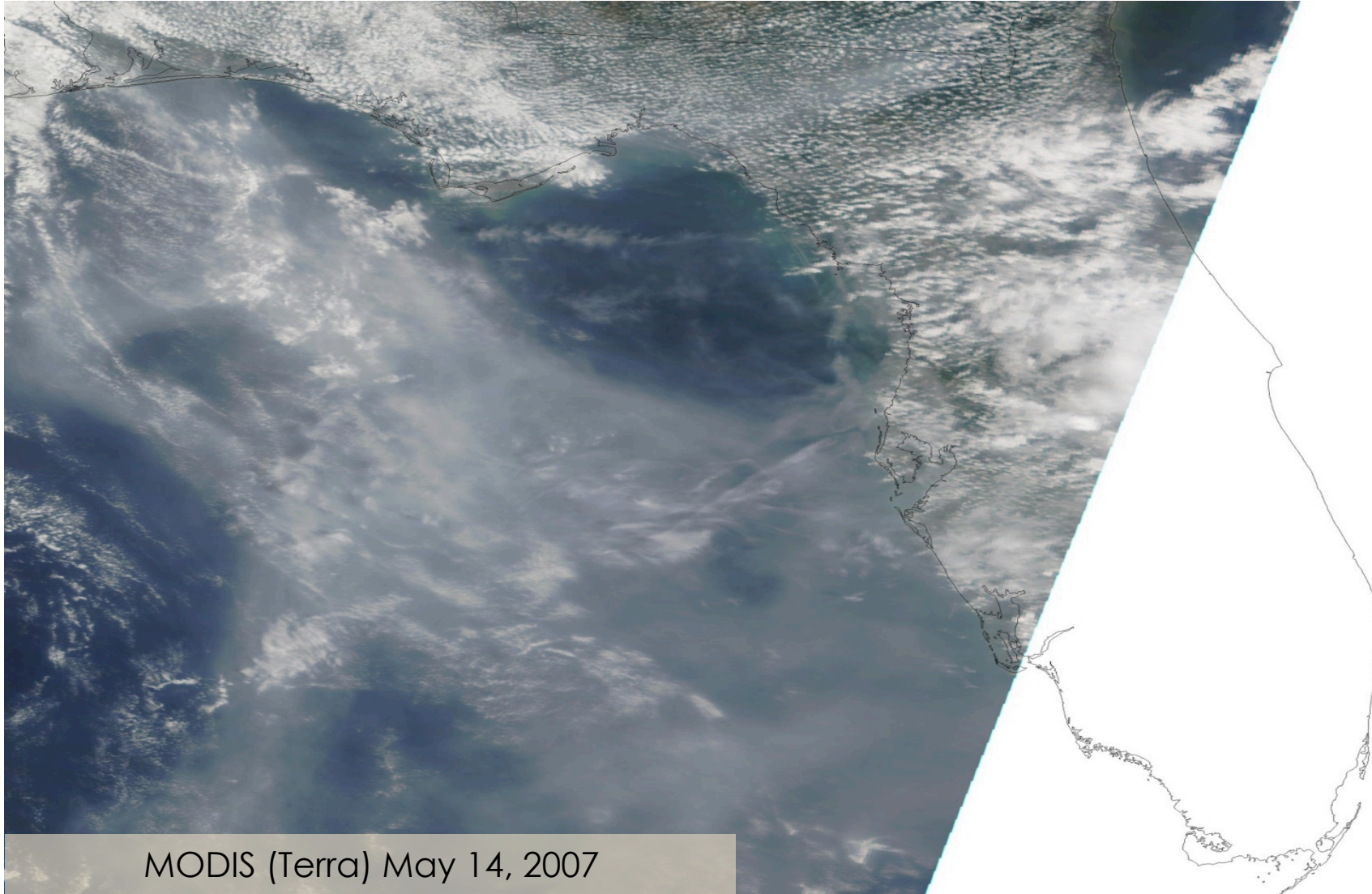


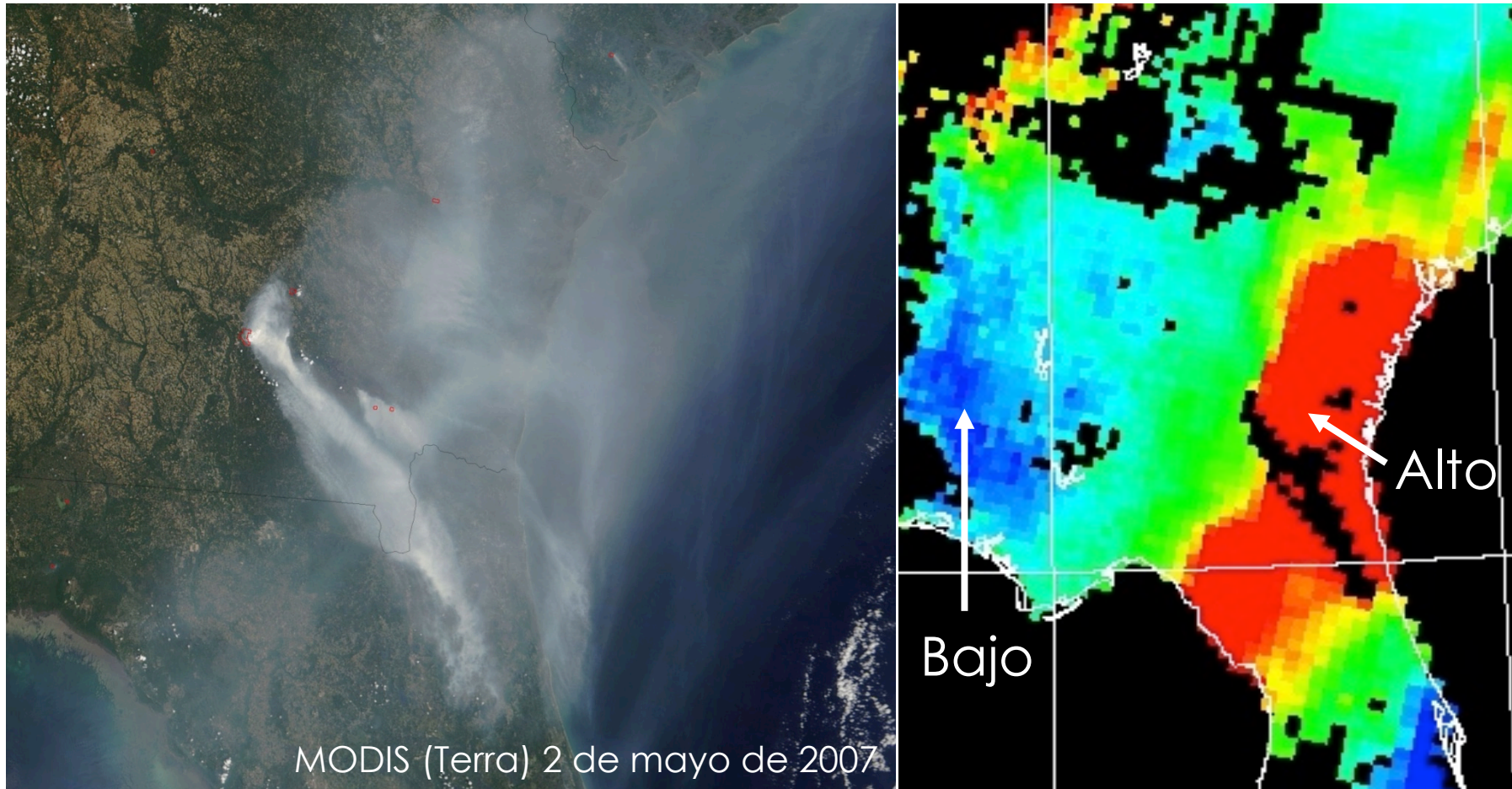
Imagen Compleja: Humo y Nubes



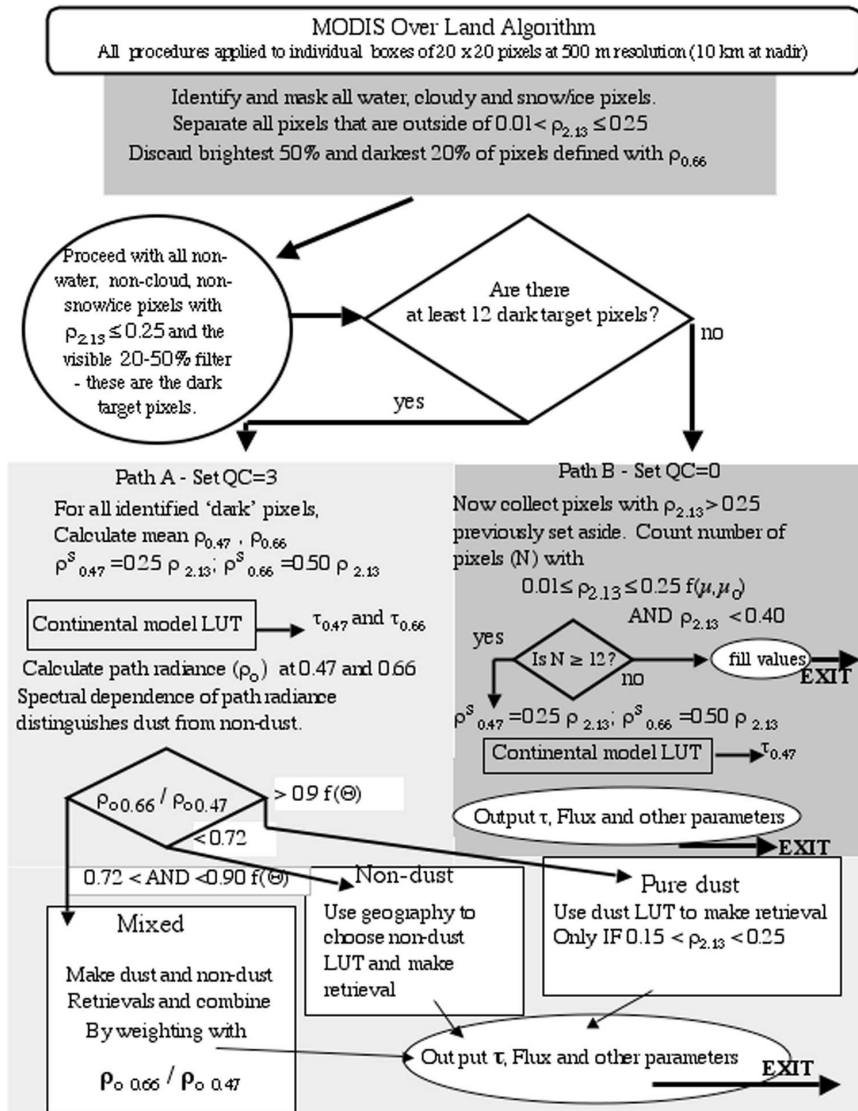
MODIS (Terra) May 14, 2007



Radiancia Convertida en Productos de Aerosoles



Algoritmo de Recuperación de Aerosoles



El algoritmo para la recuperación de aerosoles es un esquema de inversión compleja en el que se hacen suposiciones al simular observaciones satelitales mediante cálculos de transferencia radiativa avanzados para recuperar las propiedades de aerosoles atmosféricos

Sources: Remer et al., 2005, Levy et al., 2013



Productos de Aerosoles de MODIS

Tres Algoritmos Distintos

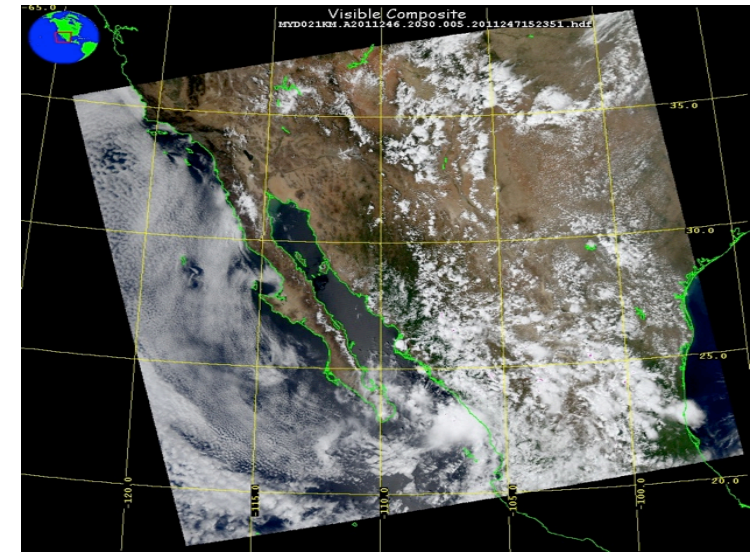


- Los productos de objetivo obscuro y azul profundo son separados y cuando ambos están disponibles, hay que elegir cuál de los dos utilizar
- En la colección 6 (y 6.1), hay un producto en conjunto que usa un proceso automatizado para elegir el producto apropiado

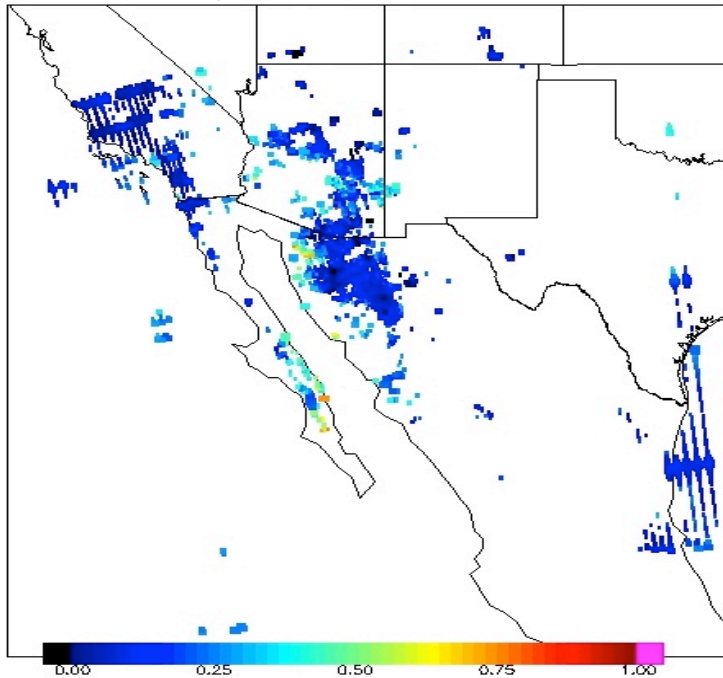


Productos de Aerosoles de MODIS

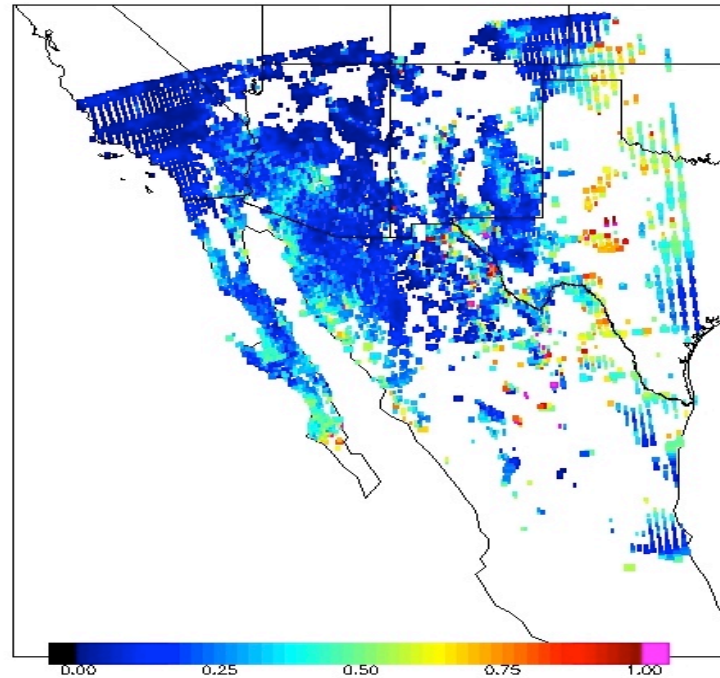
Dos Algoritmos



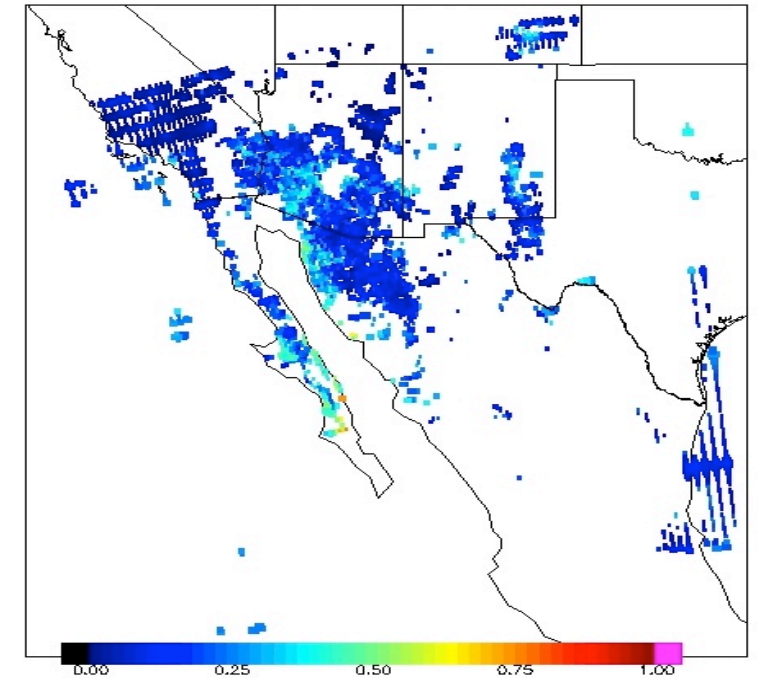
Objetivo Oscuro



Azul Profundo

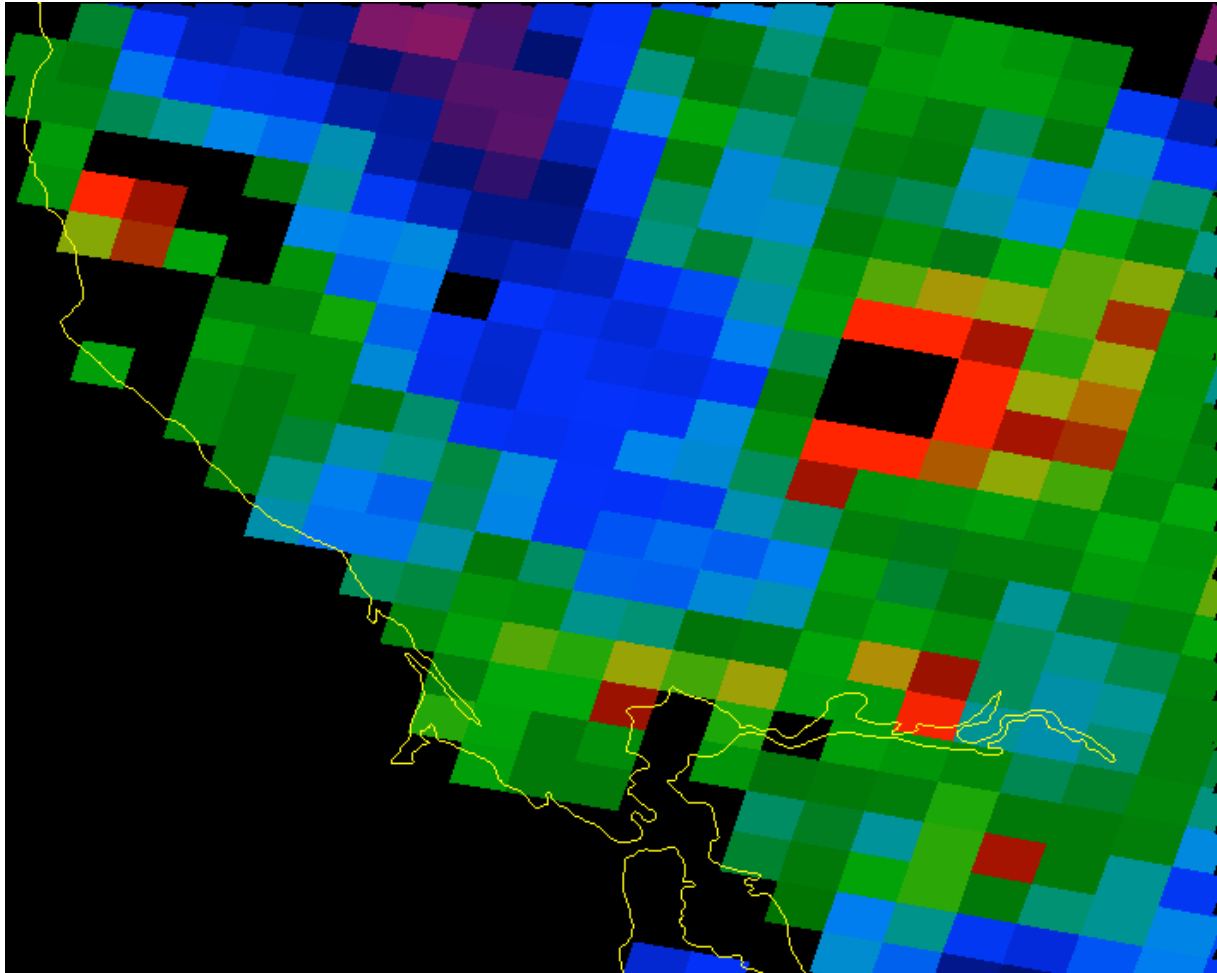


Combinado Profundo Oscuro

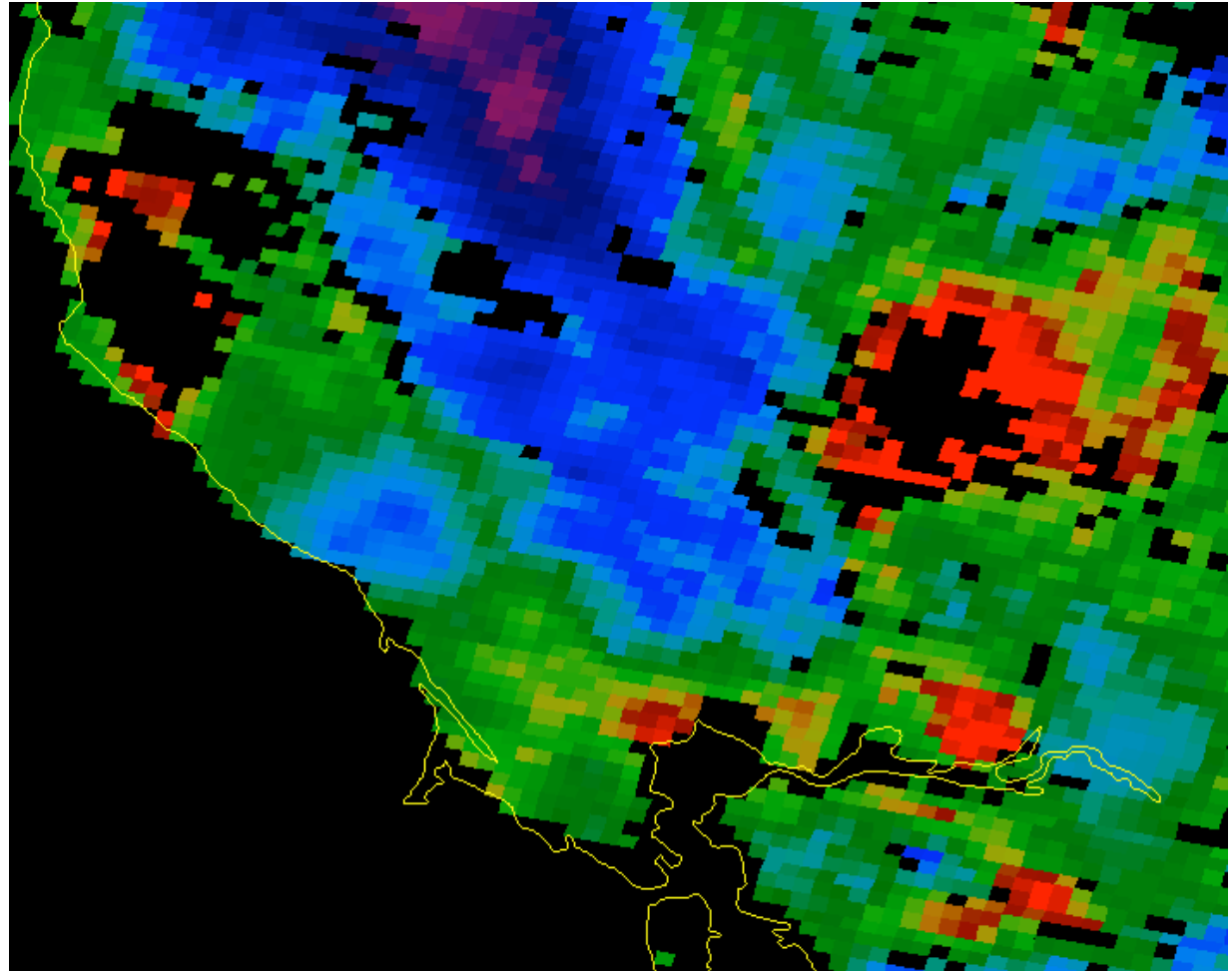


Productos de MODIS de 10 km vs. 3k m

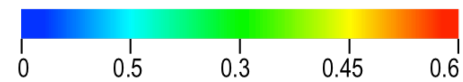
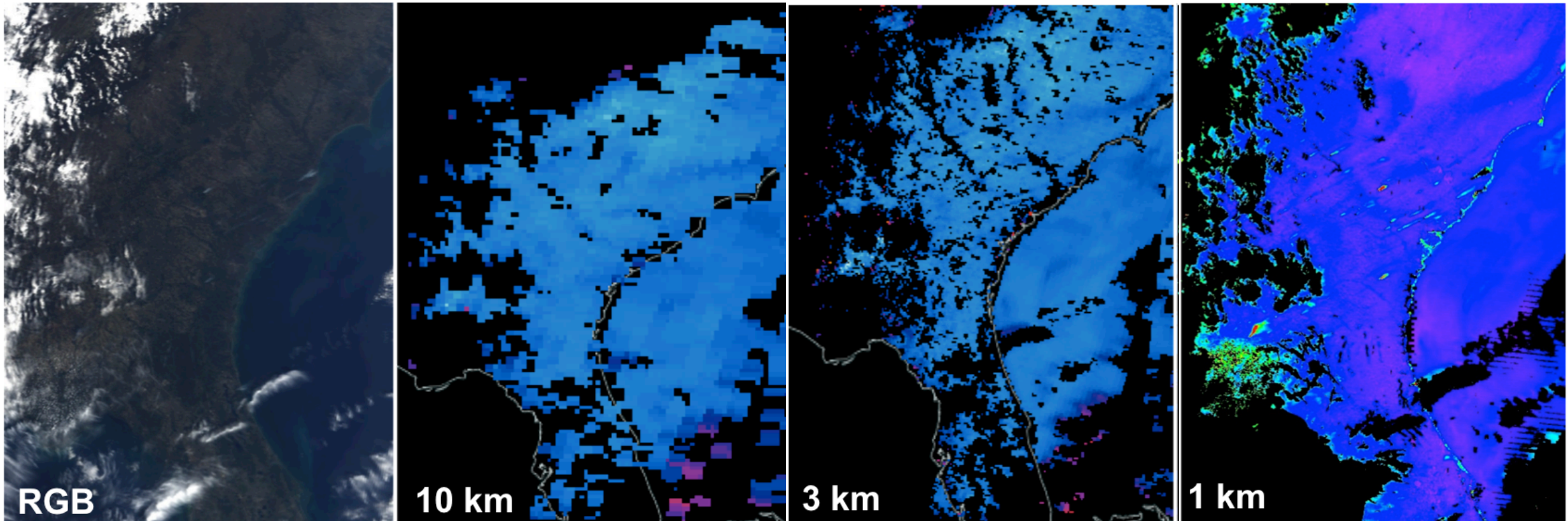
10km



3 km

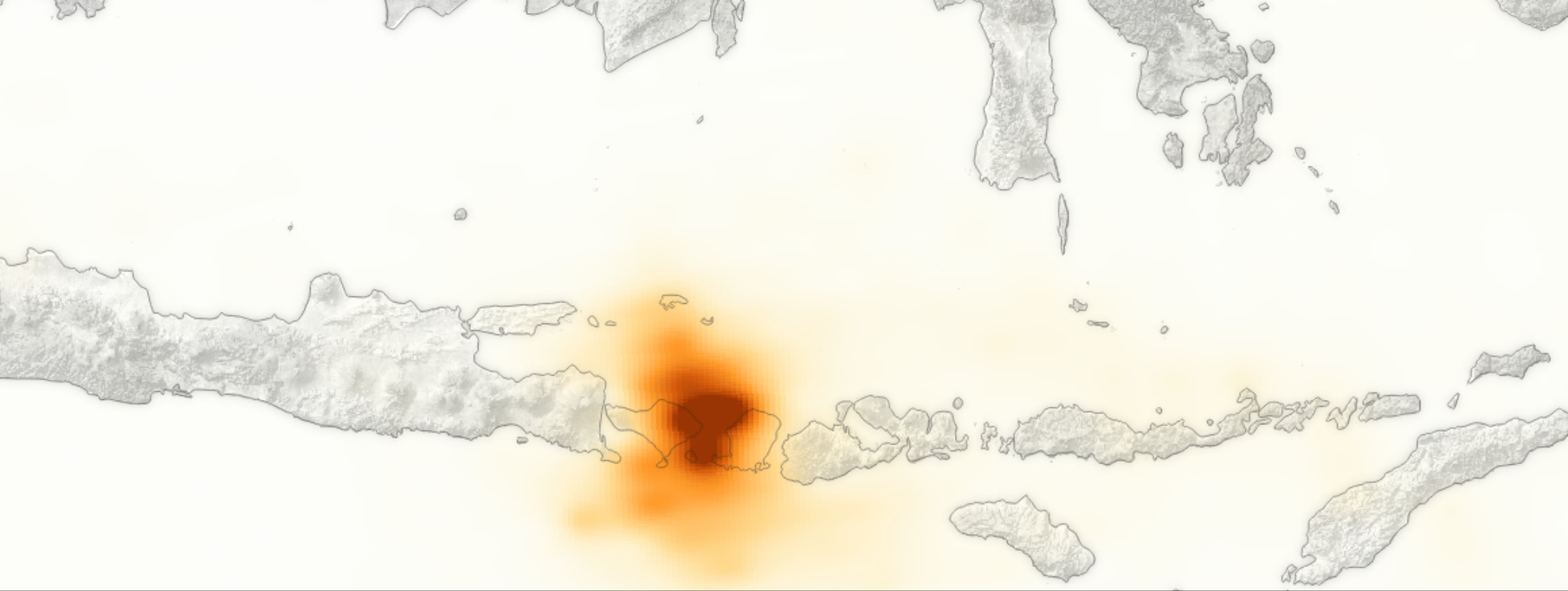


Producto de Aerosoles de Resolución Alta



Productos de Aerosoles Satelitales

	MODIS	MISR	OMI	VIIRS
Fuertes	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura • Resolución • Calibración • Exactitud 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibración • Exactitud • Forma de Partículas • Altitud de aerosoles para capa gruesa o columna 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de partículas absorbentes o dispersantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura • Resolución • Calibración • Menor efecto mariposa
Debilidades	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies brillantes • Destello oceánico • Partículas no esféricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución • Contaminación nubosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies brillantes* • Destello oceánico
Productos Principales	<ul style="list-style-type: none"> • AOD • Océano-5 long. de onda • Tierra-3 long. de onda • Fracción Fina (Sólo océano) 	<ul style="list-style-type: none"> • AOD • 4 long. de onda • Relación esféricas/no esféricas • Tamaño de Partículas (3 categorías) 	<ul style="list-style-type: none"> • AOD • AAOD • Índice de Aerosoles 	<ul style="list-style-type: none"> • AOD • Tipos de Aerosoles
Resolución de Producto(s)	<ul style="list-style-type: none"> • 10 km • 3 km 	<ul style="list-style-type: none"> • 17.6 km 	<ul style="list-style-type: none"> • 13 x 24 km 	<ul style="list-style-type: none"> • 0.75 km • 6 km
Agregados Globales N3	<ul style="list-style-type: none"> • Diario • 8 días • 30 días 	<ul style="list-style-type: none"> • Mensual • 3 meses • Anual 	<ul style="list-style-type: none"> • Diario • Mensual 	<ul style="list-style-type: none"> • Diario • Mensual

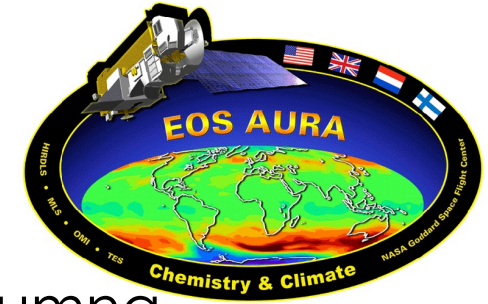


OMI

Ozone Monitoring Instrument (OMI)

(Instrumento para el Monitoreo del Ozono)

- Lanzado el 15 de julio de 2004
- Satélite NASA EOS Aura
- UV/Visible con vista al nadir
 - 270 – 310 nm a 0.6 nm
 - 310 – 500 nm a 0.45 nm
- 13h45 hora de cruce ecuatorial
- 13x24 km² en el nadir
- Cobertura global diaria

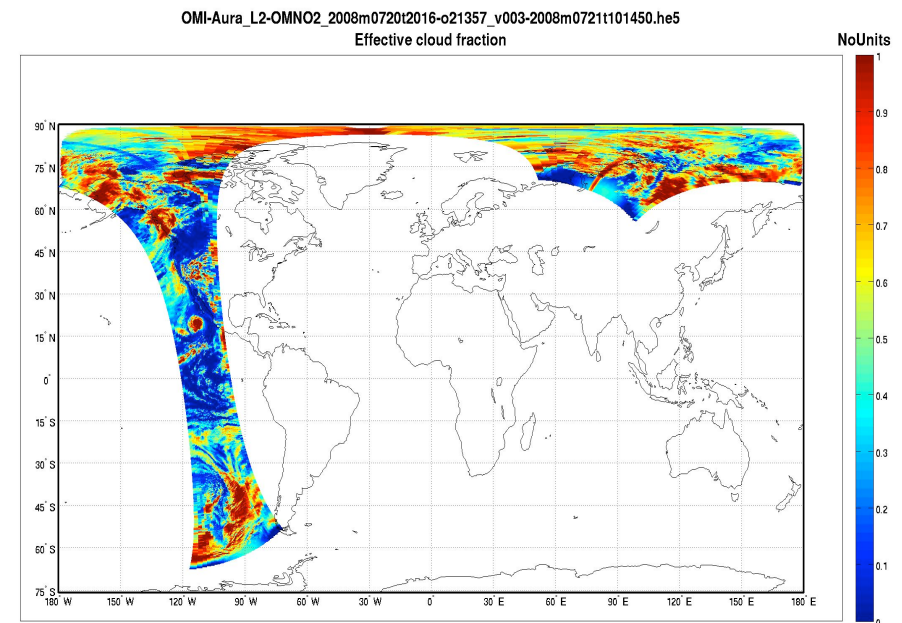
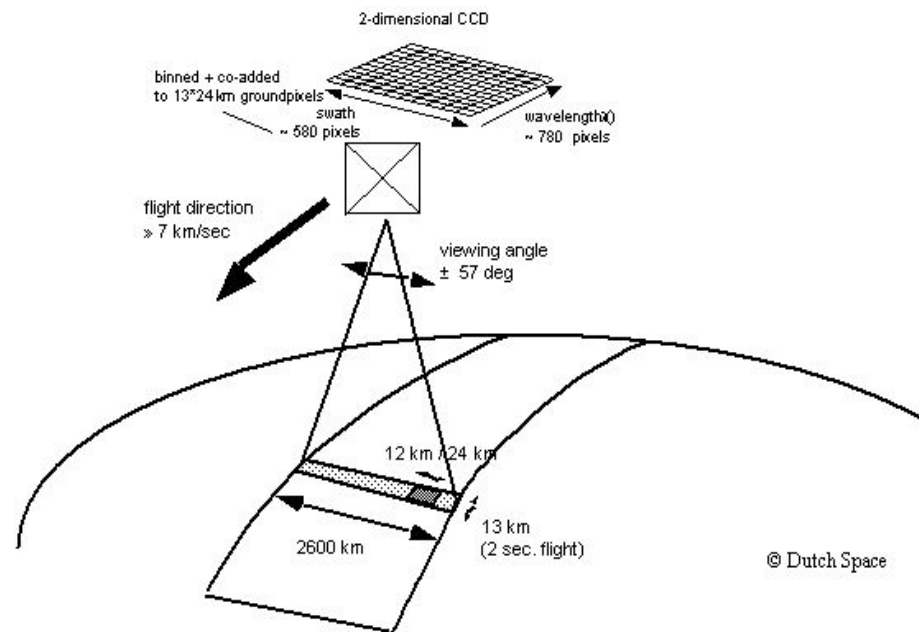


- Productos
 - Total de O₃ en la Columna
 - O₃ Troposférico en la Columna
 - Espesor óptico de aerosoles (en UV)
 - Total de Formaldehído en la Columna
 - Total de NO₂ en la Columna
 - NO₂ Troposférico en la Columna
 - Total de SO₂ en la Columna



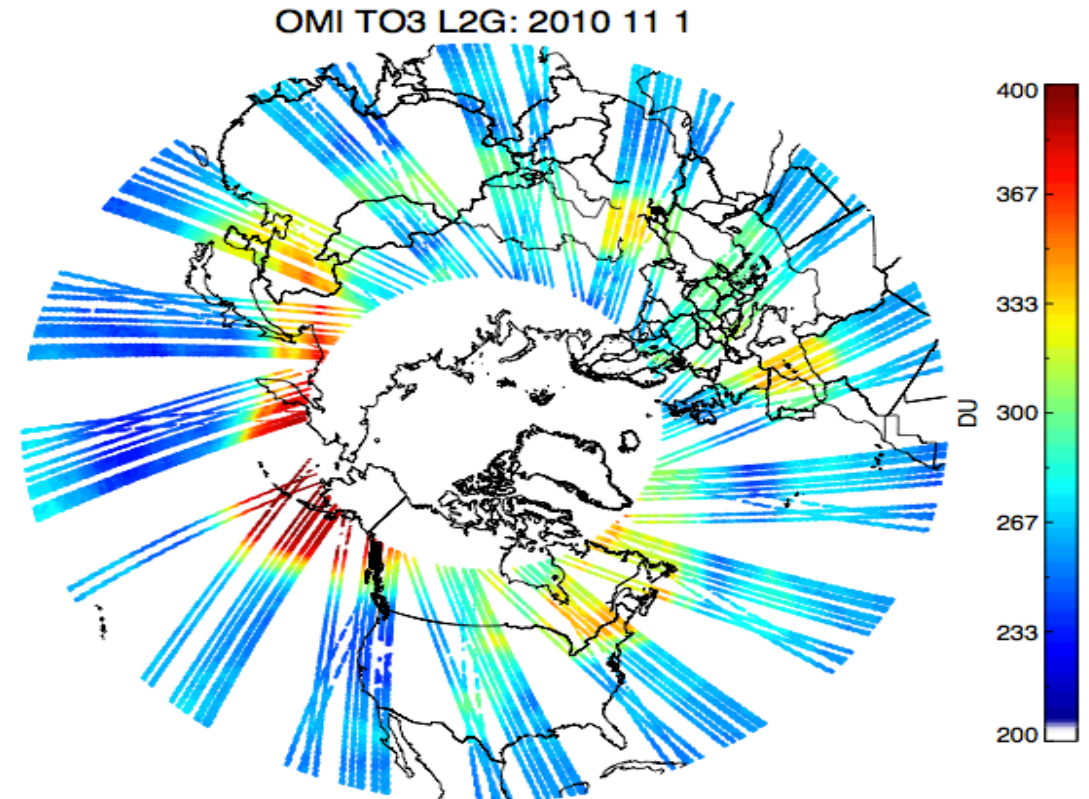
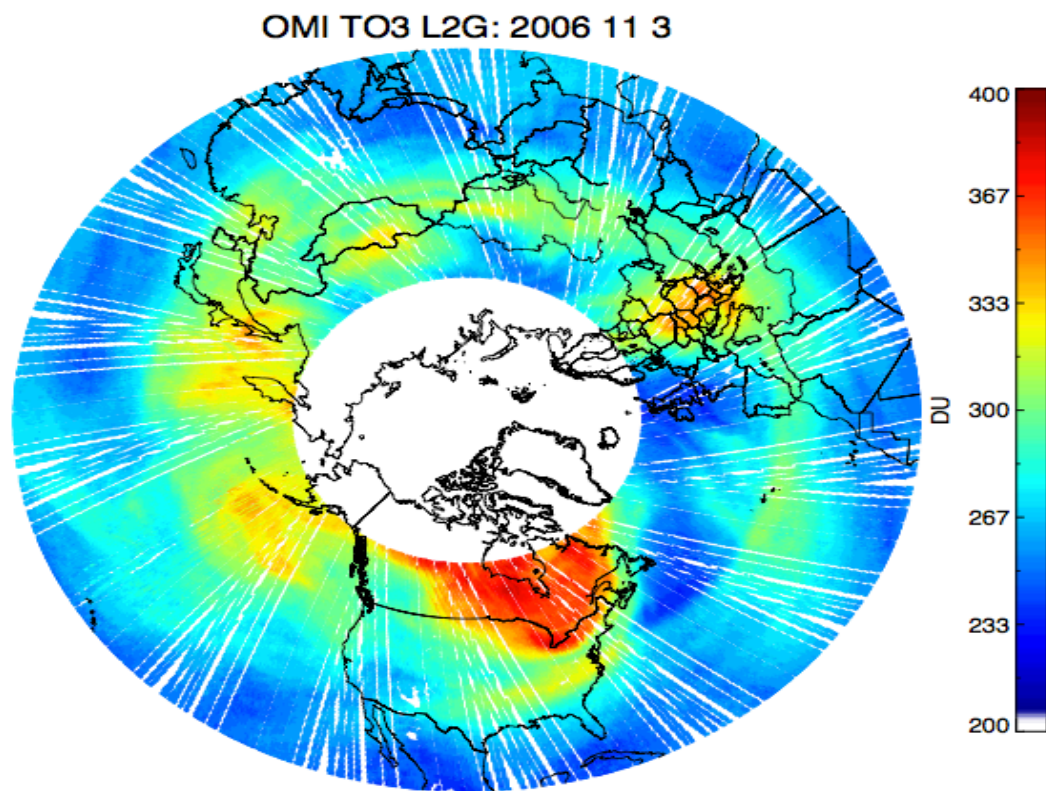
Gránulos de Datos

- Archivo producido
 - cubre la porción de la órbita iluminada por el sol mediante un barrido que tiene aproximadamente 2.600 km de ancho
 - contiene 60 píxeles o escenas categorizados por línea visual
- Se producen 14 o 15 gránulos a diario, brindando una cobertura contigua del mundo



Datos Importantes sobre OMI

- Pérdida de datos de casi un 50% desde 2008 (efecto de anomalía de fila)
- Afecta los productos de OMI de O_3 , SO_2 y hasta cierto punto, los de NO_2



Cuantificación de la Abundancia de Gases - Unidades

Trazador Satelital	Unidades
OMI O ₃ , SO ₂	Unidades Dobson (DU)
OMI NO ₂	Moléculas/cm ²

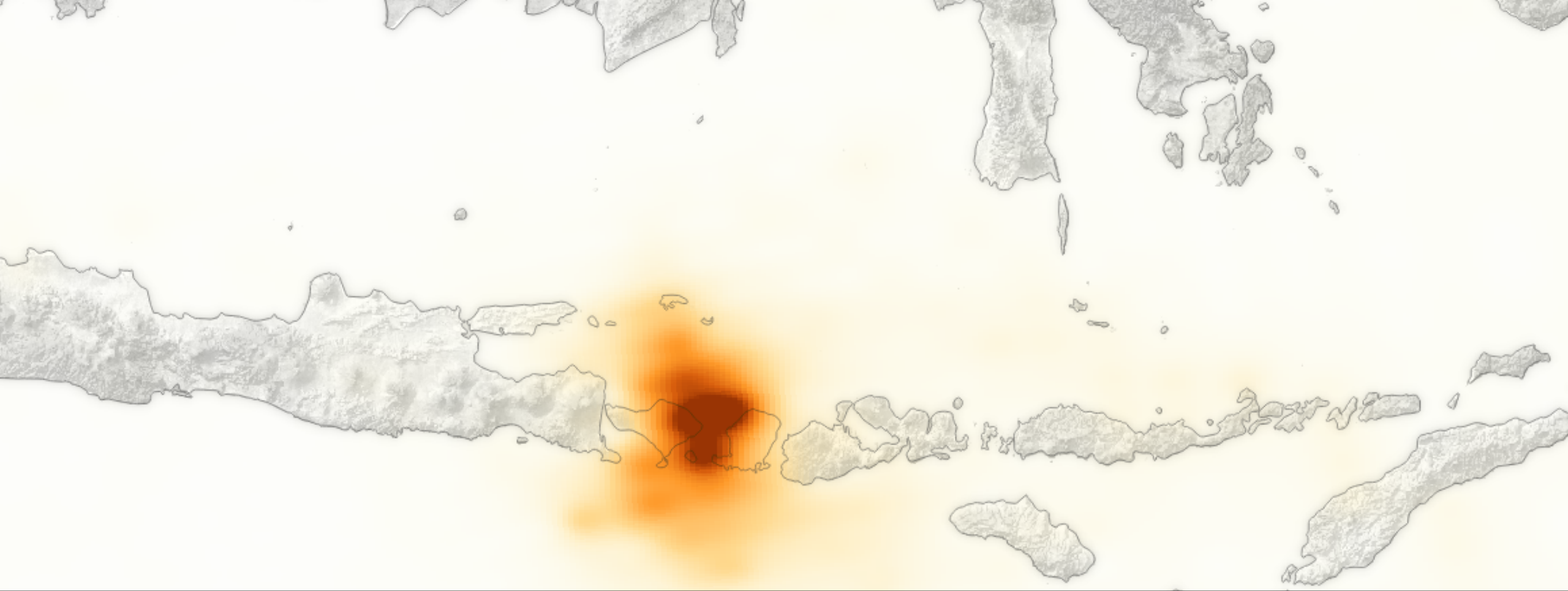
$$1 \text{ DU} = 2.69 \times 10^{16} \text{ moléculas/cm}^2$$



Referencias y Enlaces

- ARSET- página de la calidad del aire
 - <http://arset.gsfc.nasa.gov/airquality>
- NASA- calidad del aire
 - <http://airquality.gsfc.nasa.gov>
- MODIS Atmos
 - <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/>
- OMI- datos
 - <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/Aura/data-holdings/OMI>

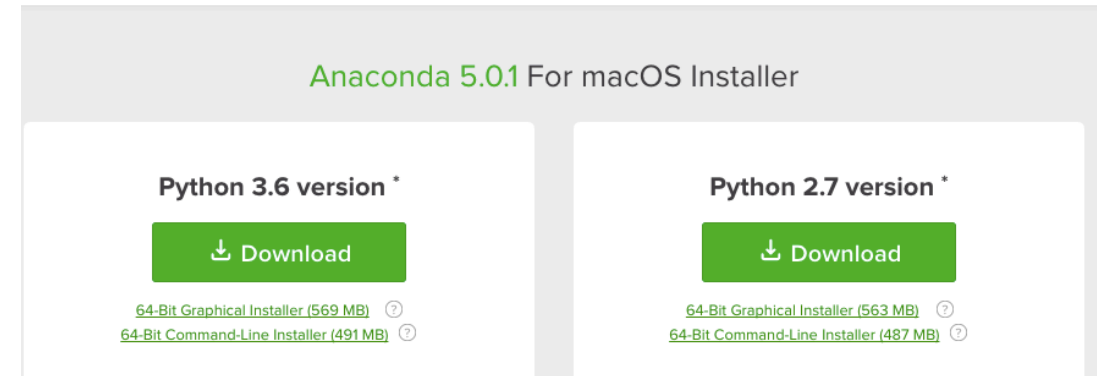




Cosas que hacer antes de la Sesión 2

Requisitos Computacionales

- Instalar Python 2.7 usando [Anaconda](#)
- Instalar todos los paquetes (packages) de Python requeridos
 - Lista de paquetes (derecha)
- Probar la instalación de Python y los paquetes usando el siguiente código de prueba para Python
 - test_python.py
- Descargar los datos de MODIS Data y códigos de Python de la página en línea de la capacitación
 - <https://arset.gsfc.nasa.gov/airquality/webinars/2018-hiresdatasets>
- Para más detalles sobre el código, visite:
<https://arset.gsfc.nasa.gov/airquality/python-scripts-aerosol-data-sets-merra-modis-and-omi>



- Lista de paquetes de Python:
 - pyhdf
 - numpy
 - sys
 - mpl_toolkits.
basemap
 - matplotlib
 - linearSegmentedC
olormap
 - h5py
 - time
 - calendar



Prueba de Python

- Abra el editor “spyder” dentro de Anaconda
- Abra **test_python.py**
- Asegúrese que el directorio tenga el código Python y el archivo HDF
- Abra la consola **ipython** en el spider
- Ejecute el código usando la **flecha verde** en la parte superior
- Debe producirse una imagen como la que se muestra aquí

The screenshot displays the Spyder Python IDE interface. The top toolbar features a green play button (run) circled in red. The editor window shows a Python script named `test_python.py` with the following code:

```
1#!/usr/bin/python
2'''
3Module: read_and_map_mod_aerosol.py
4=====
5Disclaimer: The code is for demonstration purposes only. Users are responsible to check for acc
6
7Author: Justin Roberts-Pierel, 2015
8Organization: NASA ARSET
9Purpose: To extract AOD data from a MODIS HDF4 file (or series of files) and create a map of th
10
11See the README associated with this module for more information.
12=====
13'''
14
15#Import necessary modules
16from pyhdf import SD
17import numpy as np
18from mpl_toolkits.basemap import Basemap, cm
19import matplotlib.pyplot as plt
20import sys
21import h5py
22import time
23import calendar
24
25
26 FILE_NAME='MYD04_L2_A2017249.2105.006.2017250160535.hdf'
27
28 hdf=SD(FILE_NAME)
29 # Get lat and lon info
30 lat = hdf.select('Latitude')
31 latitude = lat[:]
32 min_lat=latitude.min()
33 max_lat=latitude.max()
34 lon = hdf.select('Longitude')
35 longitude = lon[:]
36 min_lon=longitude.min()
37 max_lon=longitude.max()
38 SDS_NAME='Image_Optical_Depth_Land_And_Ocean'
39 sds=hdf.select(SDS_NAME)
40 #get scale factor for AOD SDS
41 attributes=sds.attributes()
42 scale_factor=attributes['scale_factor']
43 #get valid range for AOD SDS
44 range=sds.get_range()
45 min_range=min(range)
46 max_range=max(range)
47
48 #get SDS data
49 data=sds.get()
50 #get data within valid range
51 valid_data=data.ravel()
52 valid_data=[x for x in valid_data if x>=min_range]
53 valid_data=[x for x in valid_data if x<=max_range]
```

The IPython console on the right shows the execution of `runfile('/Users/gupta/Desktop/CA_TRN/test_python.py', wdir='/Users/gupta/Desktop/CA_TRN')`, resulting in a map titled "MYD04_L2_A2017249.2105.006.2017250160535 Image_Optical_Depth_Land_And_Ocean". The map displays Aerosol Optical Depth (AOD) data over a geographic region, with a color scale on the right ranging from 0 (blue) to 5 (red). A red arrow points from the text "imagen producida" to the map. Another red arrow points from the text "archivo HDF" to the line `FILE_NAME='MYD04_L2_A2017249.2105.006.2017250160535.hdf'` in the code editor.



Descarga de Datos

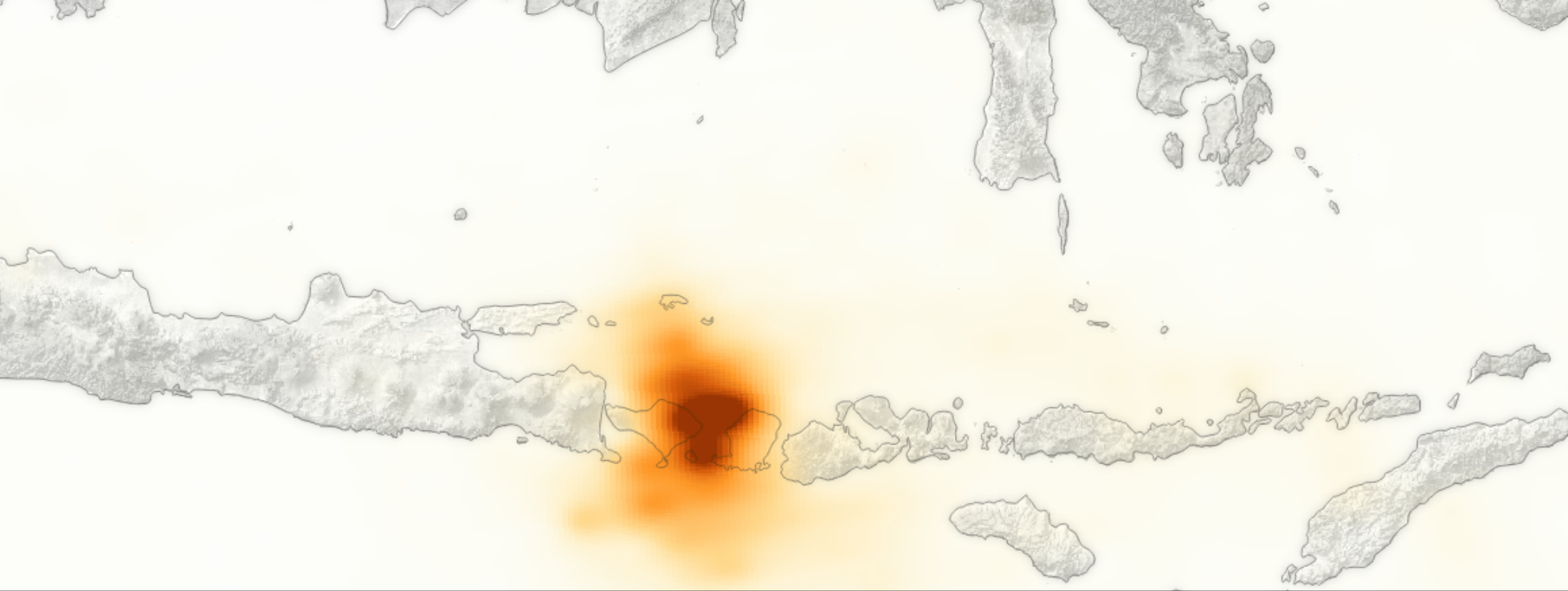
- Parámetros de Aerosoles de MODIS de 10 km, 3 km
- Laadsweb – Ingreso a Earth Data
- Seleccione y descargue datos para los estudios de caso sugeridos:
https://arset.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/airquality/webinars/18-hires/week2_code_data.zip



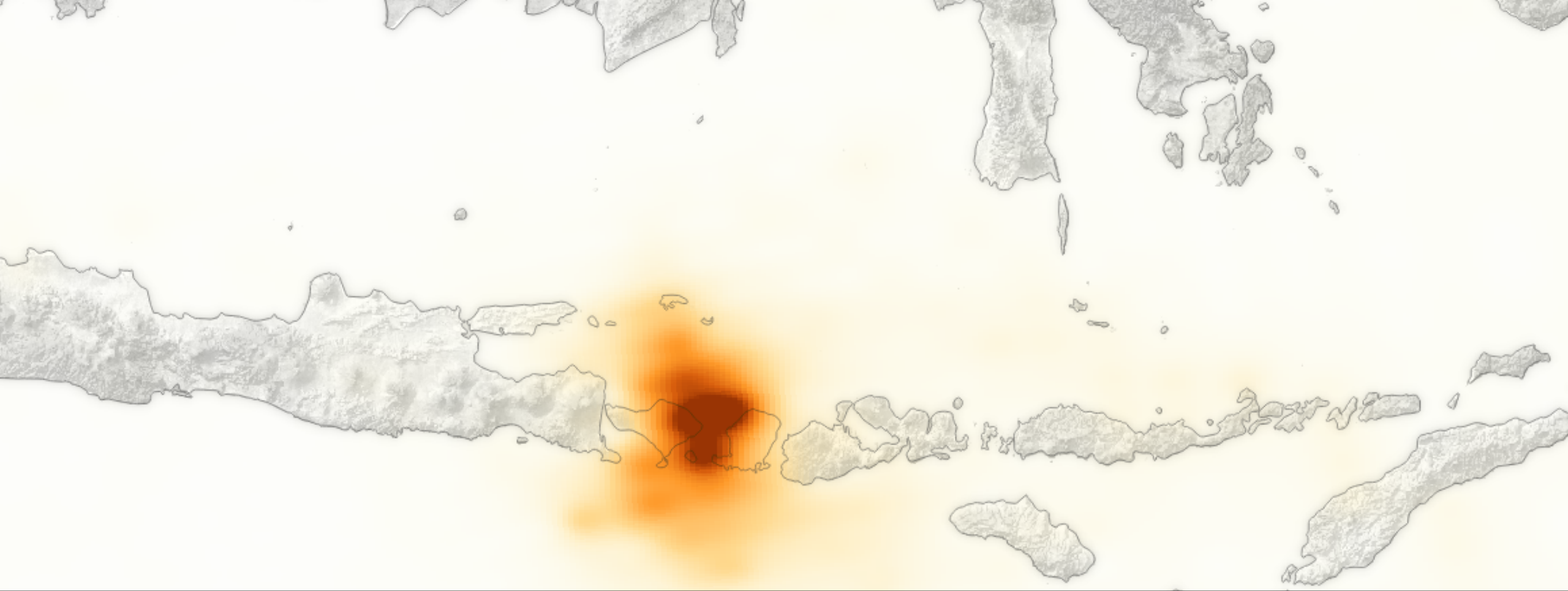
Datos de MODIS de Casos Sugeridos

- Siga las instrucciones indicadas en el ejercicio disponible en la página en línea de la capacitación: <https://arset.gsfc.nasa.gov/airquality/webinars/2018-hiresdatasets>
- Detalles de los Datos:
 - Satélite: MODIS- Aqua
 - Nombres de los productos: MYD04_L2 y MYD04_3K
 - Fecha: 2017/10/08 a 2017/10/09
 - Región de interés: -123 E a -121 E y 36 N a 39 N





Preguntas y Discusión



Diapositivas Extras