

ARSET

Applied Remote Sensing Training

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

 @NASAARSET

Conjuntos de datos anuales de PM2.5 obtenidos por satélites en apoyo de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU

15 al 29 de marzo de 2017

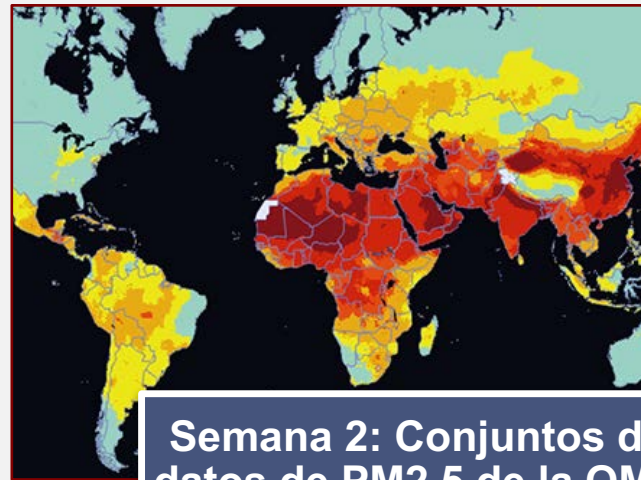
Pawan Gupta, and Melanie Follette-Cook

Agenda

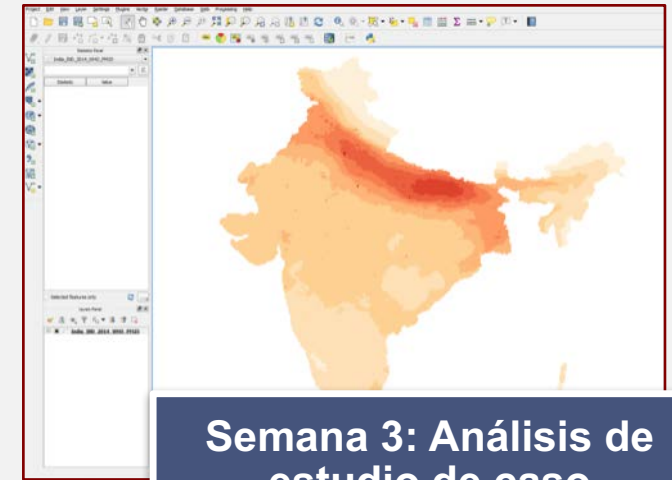
Serie de cursillos en línea de 3 semanas



Semana 1: ARSET, percepción remota y SDGs*



Semana 2: Conjuntos de datos de PM2.5 de la OMS



Semana 3: Análisis de estudio de caso

*SDG- siglas de “objetivo de desarrollo sostenible” (sustainable development goal) en inglés

Objetivos de aprendizaje


- Familiarizarse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y también con las observaciones satelitales de la calidad del aire que se usan para calcular los indicadores 3.9.1 y 11.6.2
- Aprender acerca de estimaciones de PM2.5 usando conjuntos de datos de satélites, de la superficie y de modelos
- Entender cómo usar el conjunto de datos de la OMS de 2014 y acceder a datos de indicadores para una ciudad o un país

Sesión 1: Reseña

1. Breve introducción al programa de ARSET
2. Introducción a las SDGs*
3. Fundamentos de la percepción remota satelital

Instructor de hoy: Pawan Gupta, Ph. D.
GESTAR/USRA, Code 614
Centro aeronáutico espacial NASA Goddard
Greenbelt, MD 20771 EEUU
pawan.gupta@nasa.gov
<http://arset.gsfc.nasa.gov/people/pawan-gupta-0>

*SDG- siglas de “objetivo de desarrollo sostenible” (sustainable development goal) en inglés

A world map with a semi-transparent white text box overlaid on the center. The map uses a color scale from light blue to red to represent different data points. The text box contains the title of the program in Spanish and English, followed by a horizontal line.

Programa de capacitación de percepción
remota aplicada (Applied Remote Sensing
Training Program o ARSET)

Applied Remote SEnsing Training Program (ARSET)

(Programa de capacitación de percepción remota aplicada)

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

- Empoderando a la comunidad global a través de la capacitación de percepción remota
- Parte del programa de Ciencias Aplicadas de la NASA
- Objetivo: fomentar el uso de las Ciencias Terrestres en la toma de decisiones a través de capacitaciones para:
 - formuladores de políticas
 - gestores ambientales
 - otros profesionales en los sectores público y privado
- Se ofrecen capacitaciones enfocadas en:



Desastres



Pronósticos
ecológicos



Salud y calidad del
aire



Recursos hídricos

ARSET- Niveles de capacitación

Fundamentos, Nivel 0

- Sólo por internet
- No supone ningún conocimiento anterior de la percepción remota

Capacitación básica, Nivel 1

- Capacitación en línea y presencial
- Requiere capacitación nivel 0 o conocimiento equivalente
- Aplicaciones específicas

Capacitación avanzada, Nivel 2

- En línea y presencial
- Requiere capacitación nivel 1 o conocimiento equivalente
- Temas más profundizados o enfocados

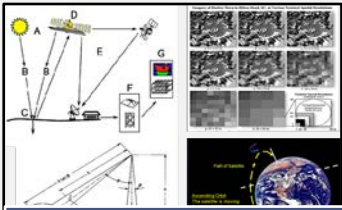


Fundamentos de la percepción remota: Fundamentos de la percepción remota

Capacitación básica: Introducción a la percepción remota para aplicaciones de la calidad del aire para el subcontinente indio y regiones circundantes

Capacitación avanzada: Cursillo en línea avanzado: La percepción remota satelital de la calidad del aire de partículas

ARSET- Capacitaciones de la calidad del aire



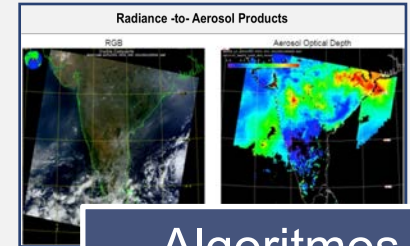
Percepción remota



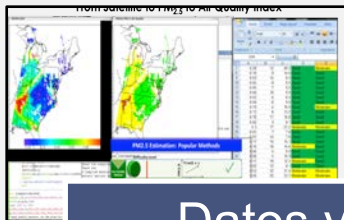
Satélites



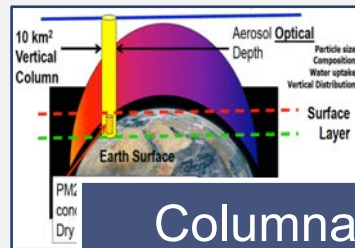
Imágenes



Algoritmos



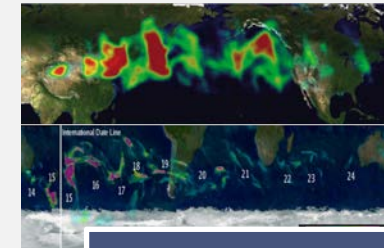
Datos y herramientas



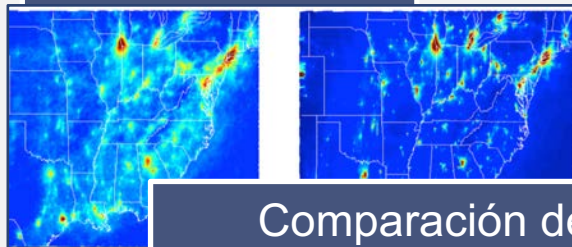
Columna a superficie



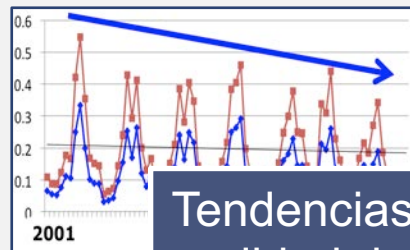
Polvo y humo



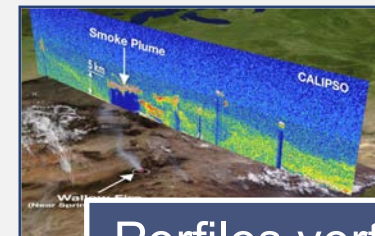
Transporte



Comparación de satélites y modelos



Tendencias de la calidad del aire



Perfiles verticales

ARSET- Página en línea

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

Earth Sciences Division Applied Sciences ASP Water Resources

NASA **ARSET**
Applied Remote Sensing Training

Search this site

Home About Trainings

Applied Remote Sensing Training

Satellite Derived Annual PM2.5 Data Sets in Support of United Nations Sustainable Development Goals

Mar 15-29, 2017
Wednesdays
11 a.m.-12 p.m. or
8-9 p.m. EDT/UTC-4

Learn More

<< >>

The ARSET program offers satellite remote sensing training that builds the skills to integrate NASA Earth Science data into an agency's decision-making activities. Trainings are offered in air quality, climate, disaster, health, land, water resources, and wildfire management. Through **online** and **in person** training, ARSET has

ARSET

- Webinars
- Workshops
- Suggest a Training
- Personnel
- Resources

Upcoming Training


Airquality

Satellite Derived Annual PM2.5 Data Sets in Support of United Nations Sustainable Development Goals

03/15/2017 to 03/29/2017

Disasters

NASA Remote Sensing for

A world map with a color gradient overlay. The colors range from light yellow in the northern and southern poles to dark red in the equatorial regions, suggesting a temperature or climate-related theme. The map is semi-transparent, allowing the text to be clearly visible.

Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU

(SDGs por sus siglas en inglés)

Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (SDGs)

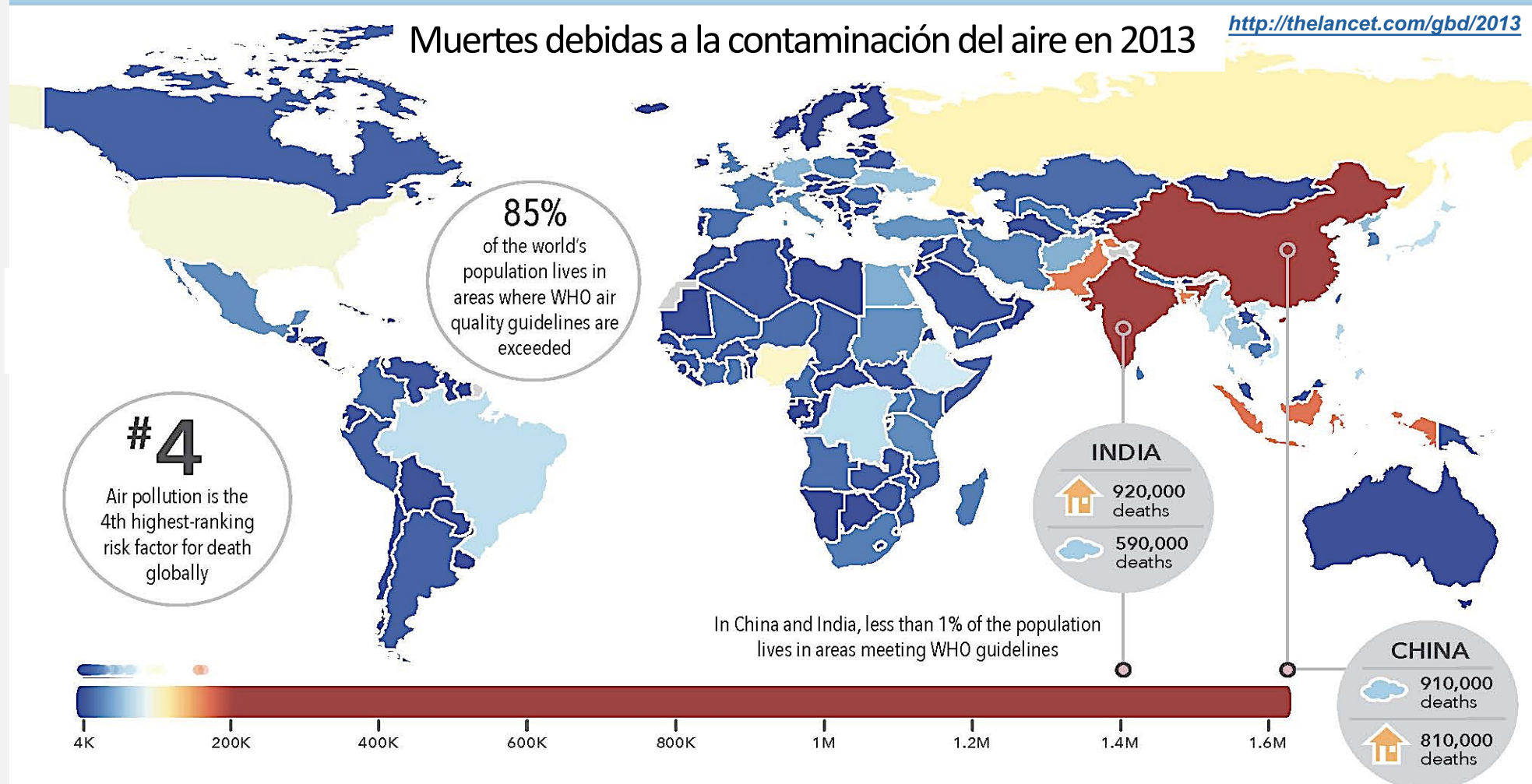
Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

- Un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad
- Todos los países y partes interesadas mediante una alianza de colaboración, implementarán este plan
- 17 SDGs y 169 metas bajo esta agenda
- Conjuga las tres dimensiones del desarrollo sostenible:
 - económica, social y **ambiental**
- En esta serie de cursos en línea, nuestro enfoque será la continuación del aire por partículas



Text adapted from “[Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible](#)”

Carga mundial de la contaminación del aire



- La contaminación del aire fue responsable por 5,5 millones de muertes en 2013
- Los datos satelitales pueden ayudar a cuantificar el impacto sobre la salud humana

Objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas

- **Objetivo 11, Meta 11.6, Indicador 11.6.2**

- **Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles**

- Meta 11.6: Para 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo

- Indicador 11.6.2: **Niveles medios anuales de partículas finas** (por ejemplo PM2.5 y PM10) en las ciudades (ponderados según la población)

- Metadatos (<http://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-11-06-02.pdf>)

- **Objetivo 3, Meta 3.9, Indicador 3.9.1**

- **Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades**

- Meta 3.9: De aquí a 2030, reducir considerablemente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y por la polución y contaminación del aire, el agua y el suelo

- Indicador 3.9.1: Tasa de mortalidad atribuida a la **contaminación** del hogar y **del ambiente**

- Metadatos (<http://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-03-09-01.pdf>)

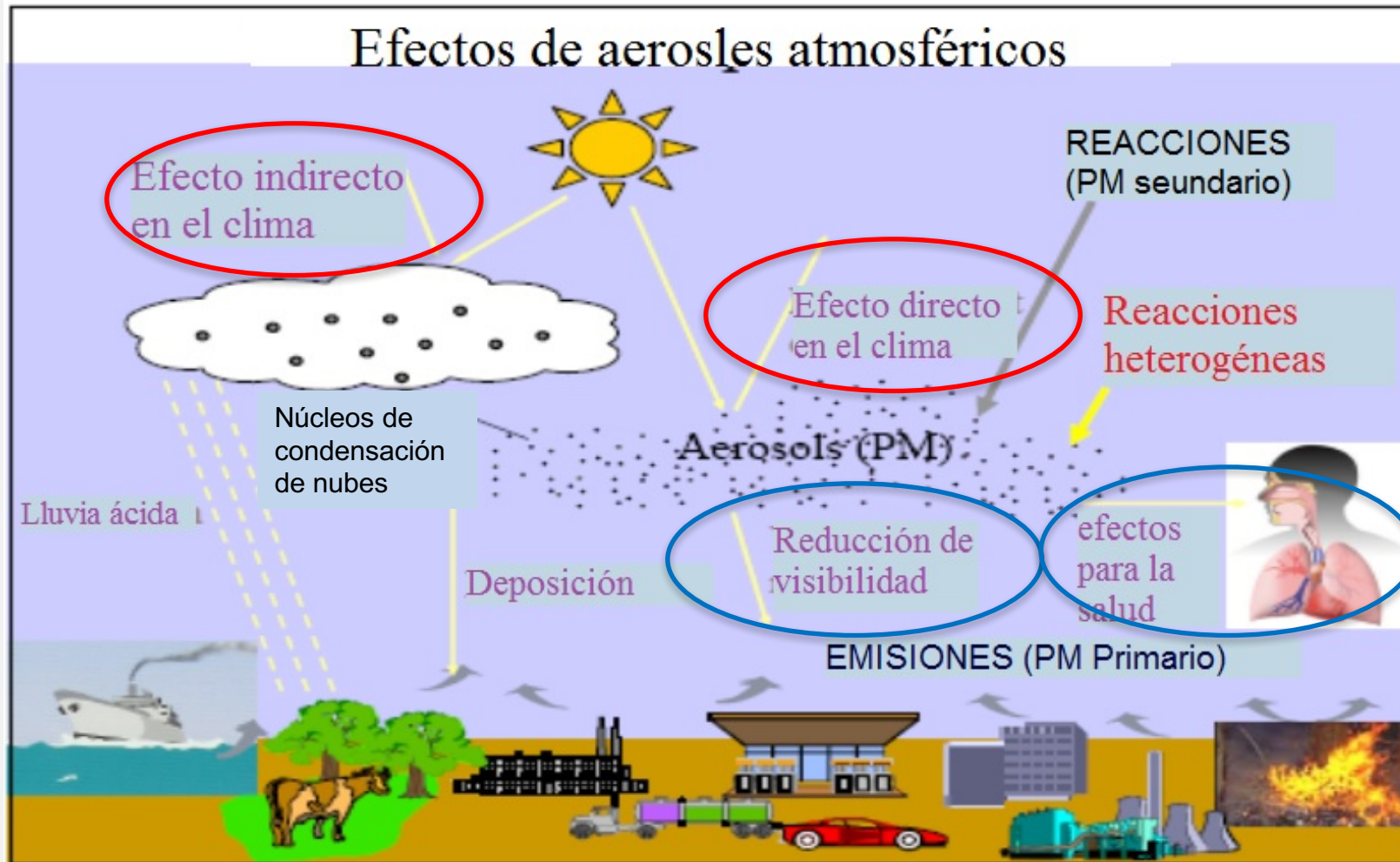
A world map with a semi-transparent white rectangular overlay in the center. The map uses a color scale to represent air quality, with yellow and orange colors indicating higher levels of pollution, particularly in North America, Europe, and parts of Asia. The overlay contains the text 'El monitoreo de la calidad del aire' in a bold, black, sans-serif font, with a horizontal line underneath it.

El monitoreo de la calidad del aire

Terminología común

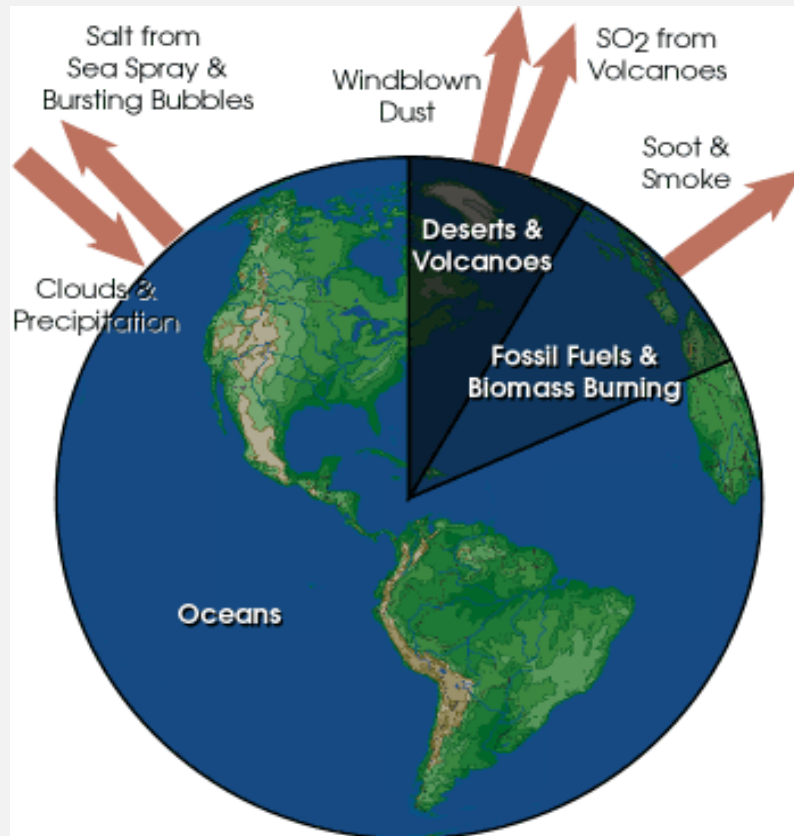
- Aerosoles
- Material particulado
- Aerosoles atmosféricos
- Partículas

Motivación: Diminutos pero potentes



Fuentes de contaminación

Los aerosoles atmosféricos son sumamente variables en el tiempo y en el espacio



Monitoreo tradicional de la calidad del aire



Images from: <http://aqicn.org/products/monitoring-stations/>

Monitoreo y reportaje de la calidad del aire



AIR QUALITY INDEX

Air Quality Index (AQI) Values	Levels of Health Concern
0 to 50	Good
51-100	Moderate
101-150	Unhealthy for Sensitive Groups
151-200	Unhealthy
201-300	Very Unhealthy
301 to 500	Hazardous



Lagunas espaciales

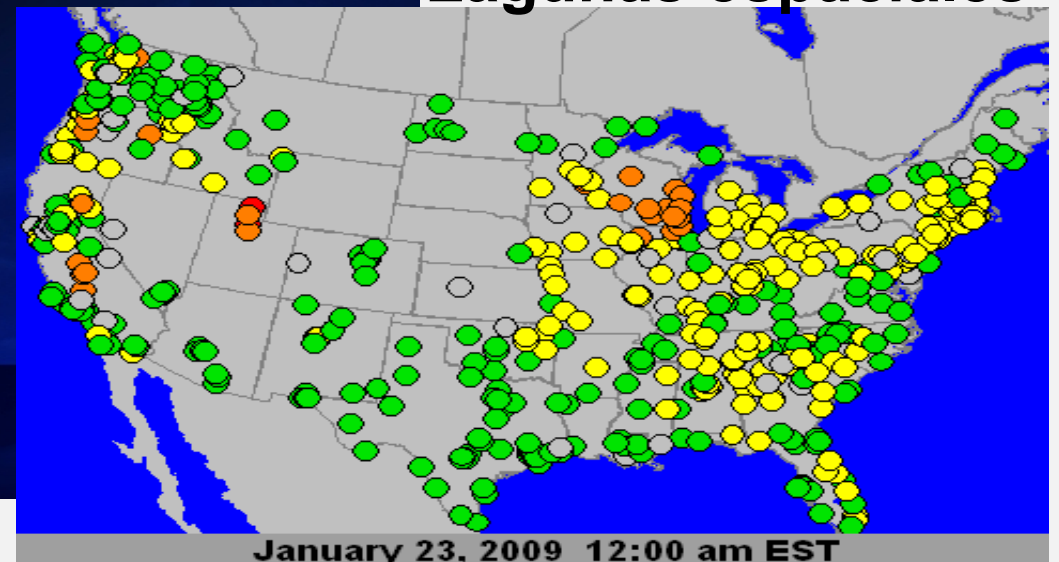
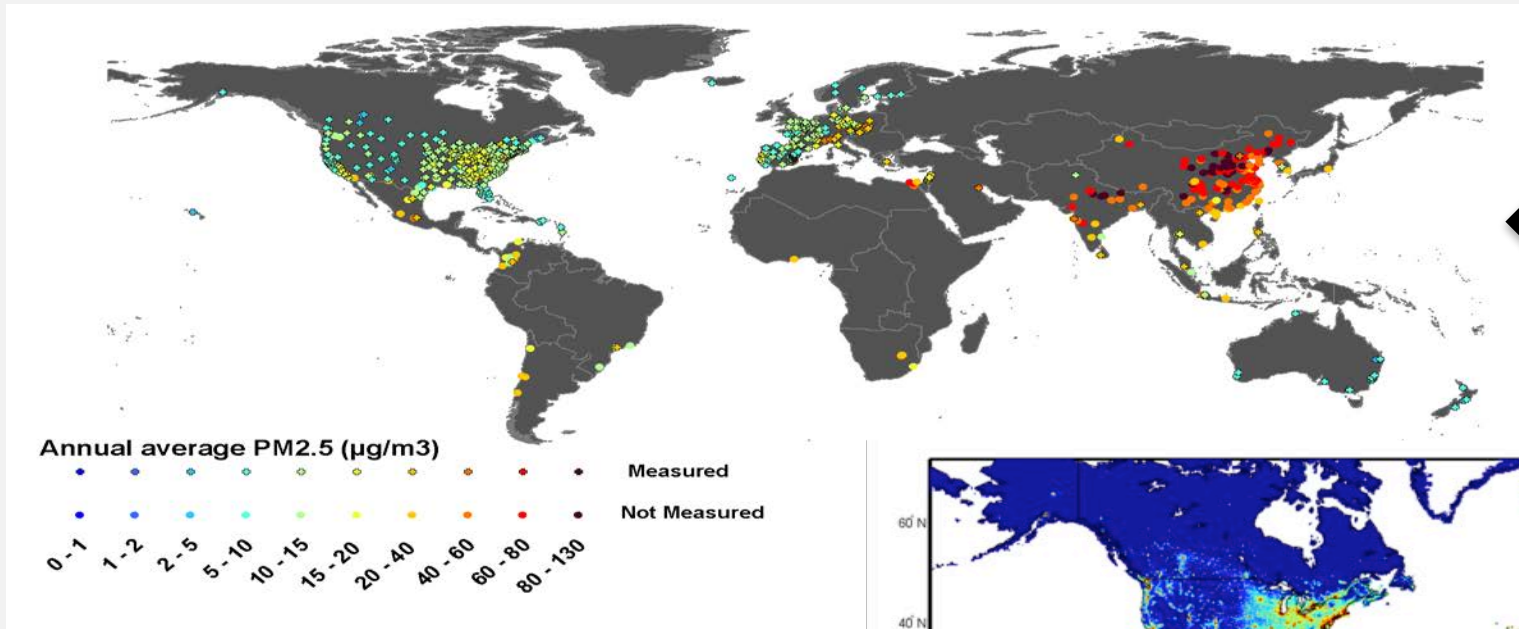


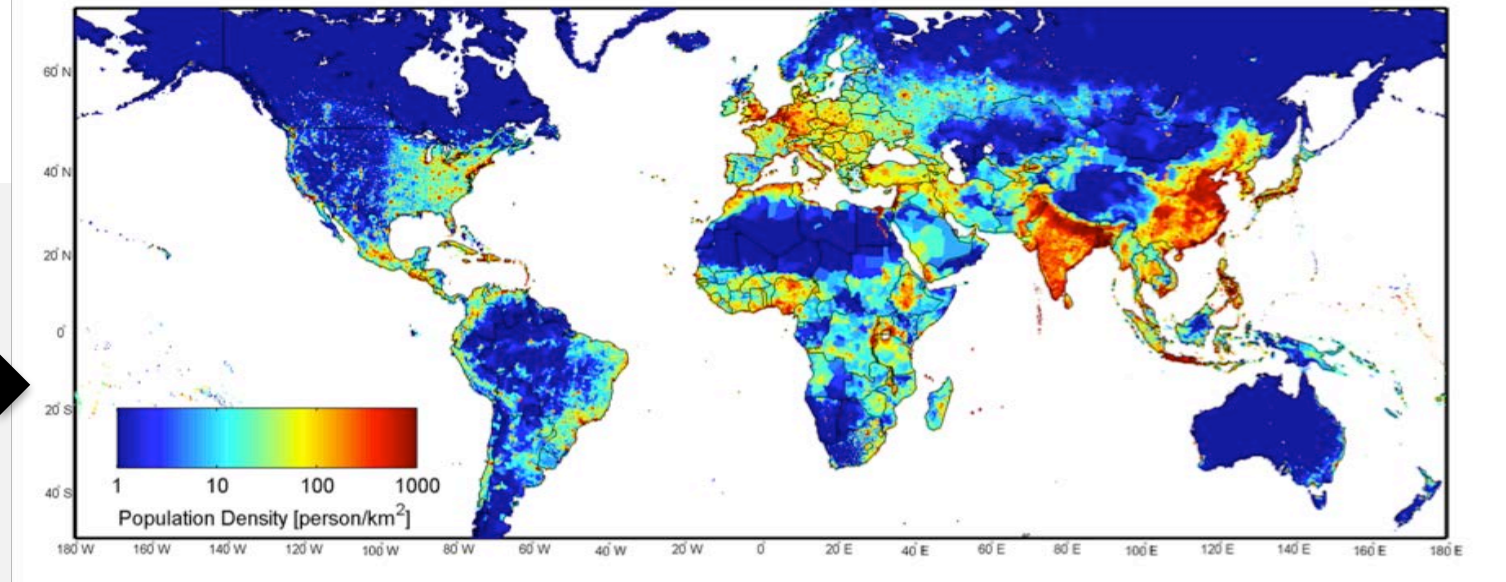
Image Credit: AirNow map, USEPA. <http://www.airnow.gov>

Estatus global del monitoreo de PM2.5



Red de sensores a nivel del suelo

Densidad poblacional

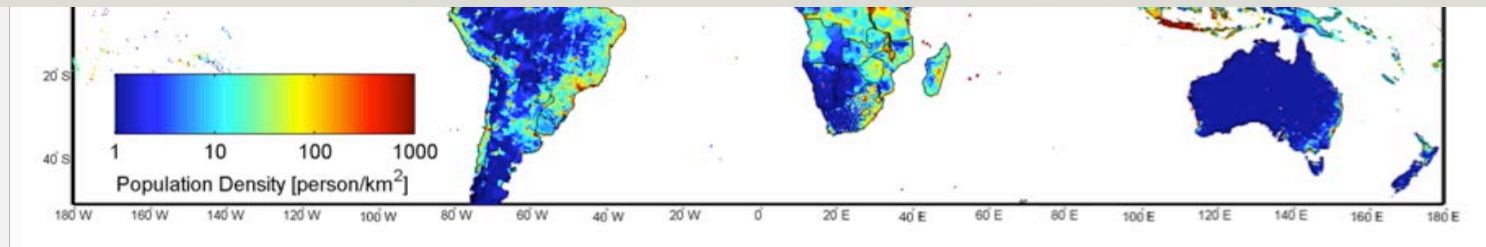


Estatus global del monitoreo de PM2.5



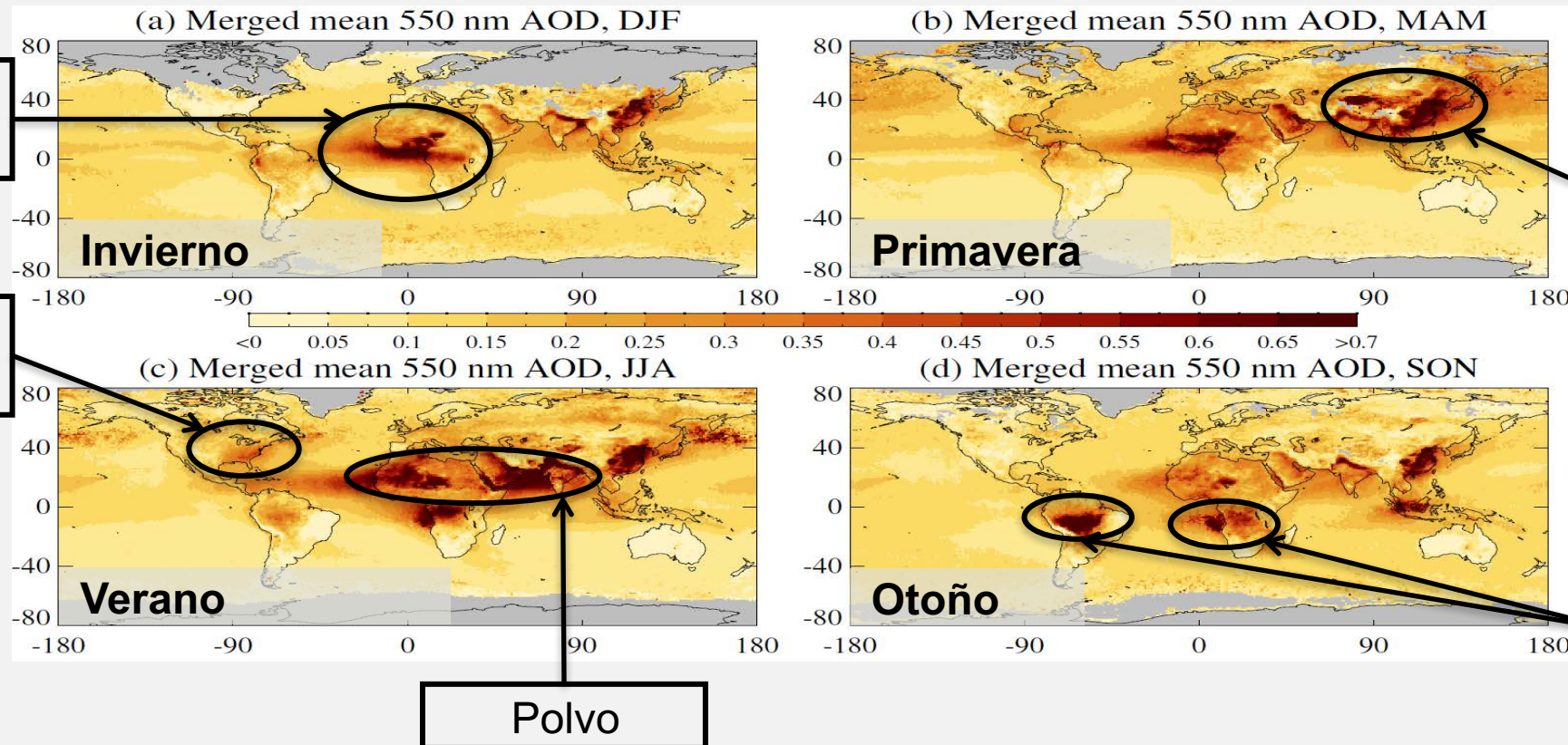
- Muchos países no tienen mediciones de masa de PM2.5
- La distribución espacial de la red terrestre actual no apoya la densidad poblacional
- Las mediciones superficiales no son eficientes en costos
- ¿Qué tal si se usan observaciones de la percepción remota satelital?

Population
Density



Aerosoles de satélites


Espesor óptico de aerosoles (MODIS Aqua)



Varios satélitas brindan mediciones de aerosoles de última generación globalmente, a diario

Misiones actuales y próximas de la NASA

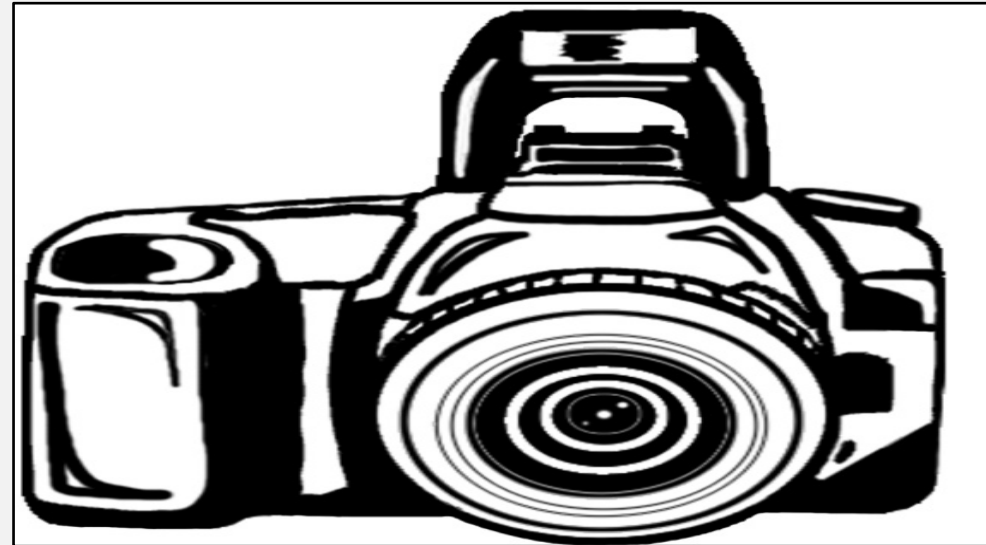


A world map with a semi-transparent white rectangular box overlaid on the center. The map uses a color scale from light yellow to dark red, likely representing temperature or climate data. The text box contains the title 'Fundamentos de le percepción remota satelital' in black font, with a horizontal line underneath it.

Fundamentos de le percepción remota satelital

¿Qué es la percepción remota?

- Recolectar información acerca de un objeto sin estar en contacto físico directo con él.

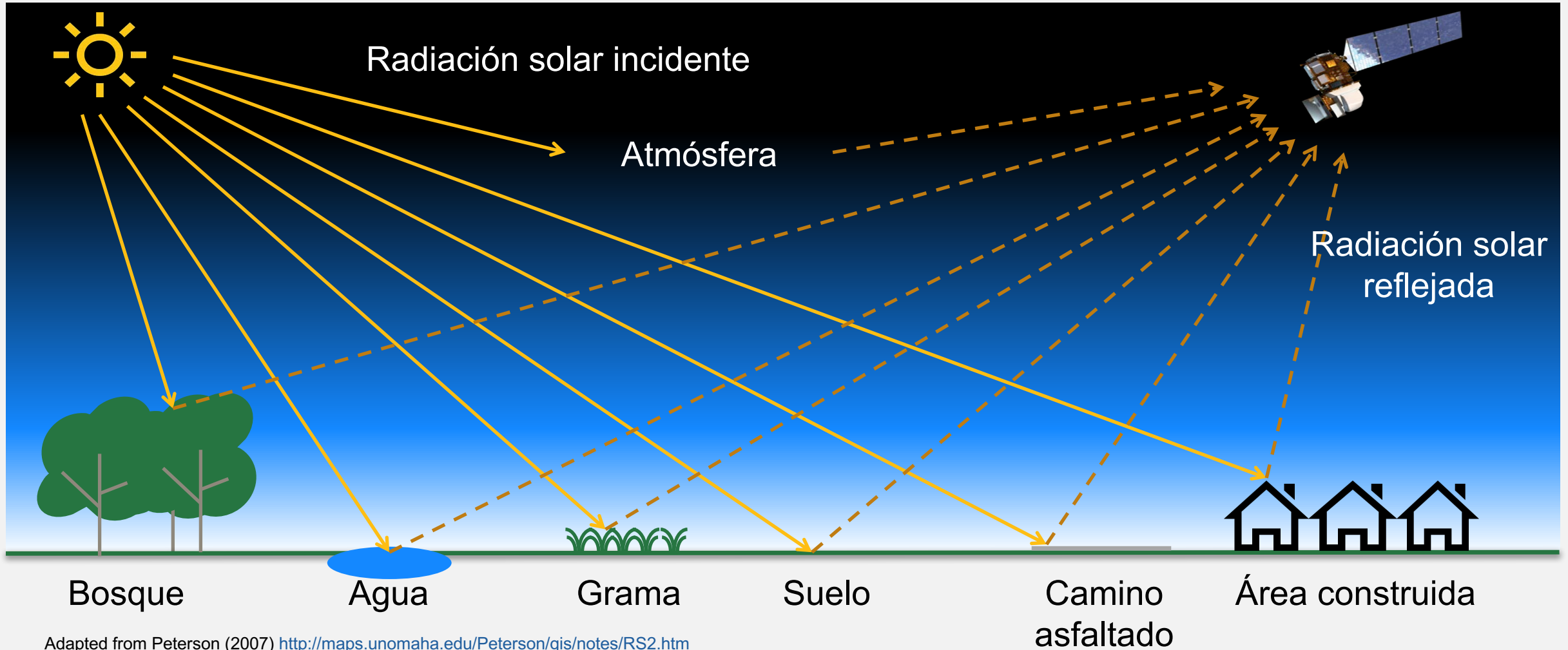


Percepción remota: Plataformas



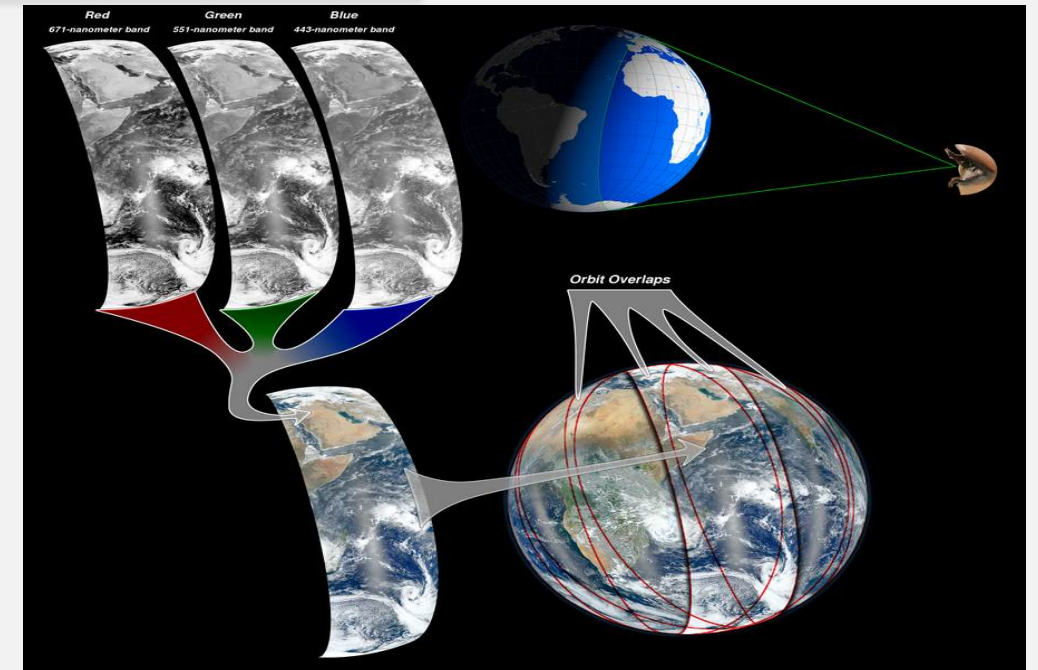
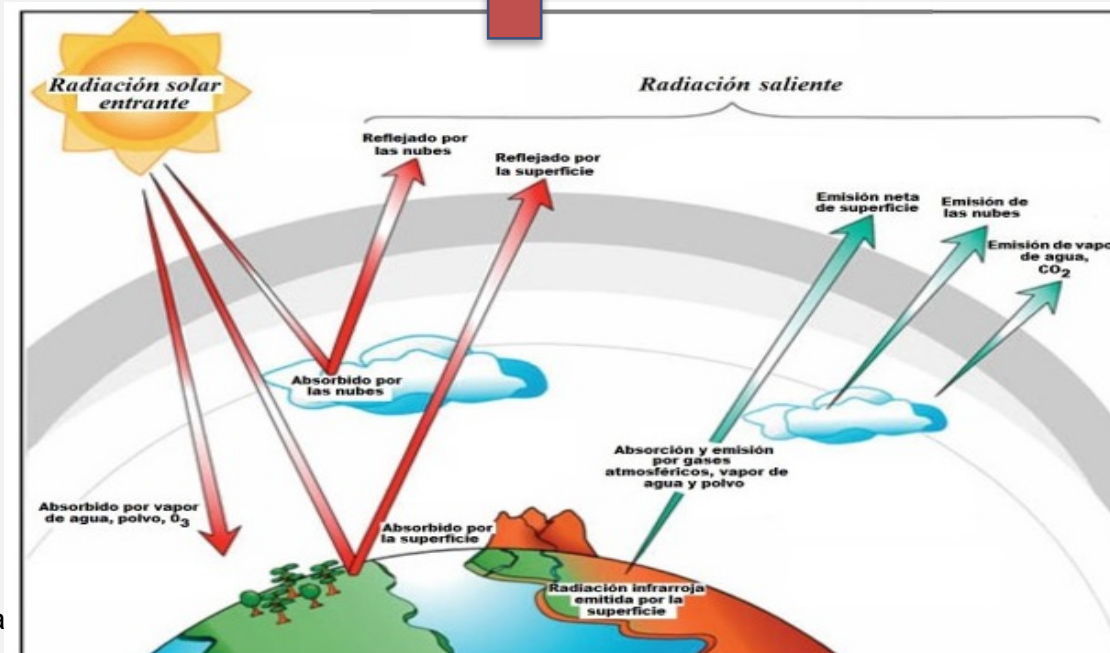
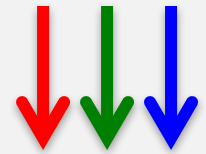
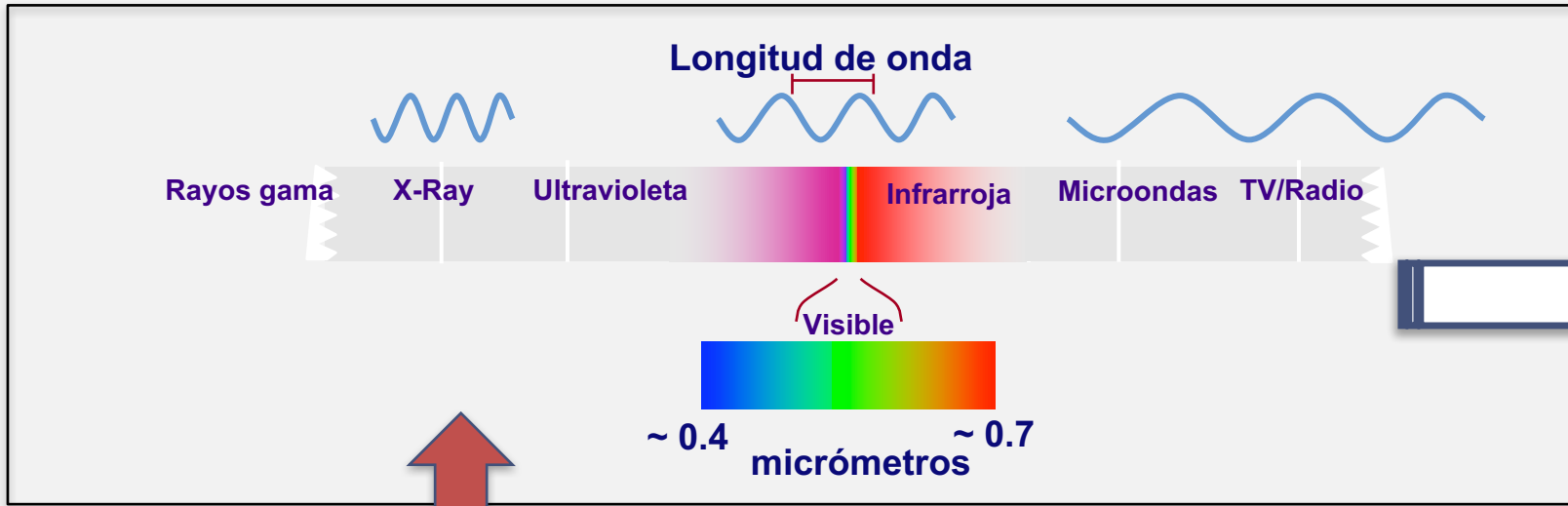
- La plataforma depende de la aplicación
- ¿Qué información queremos?
- ¿Cuánto detalle se necesita?
- ¿Qué tipo de detalle?
- ¿Cuán frecuentemente se necesitan los datos?

¿Qué mide un satélite ?



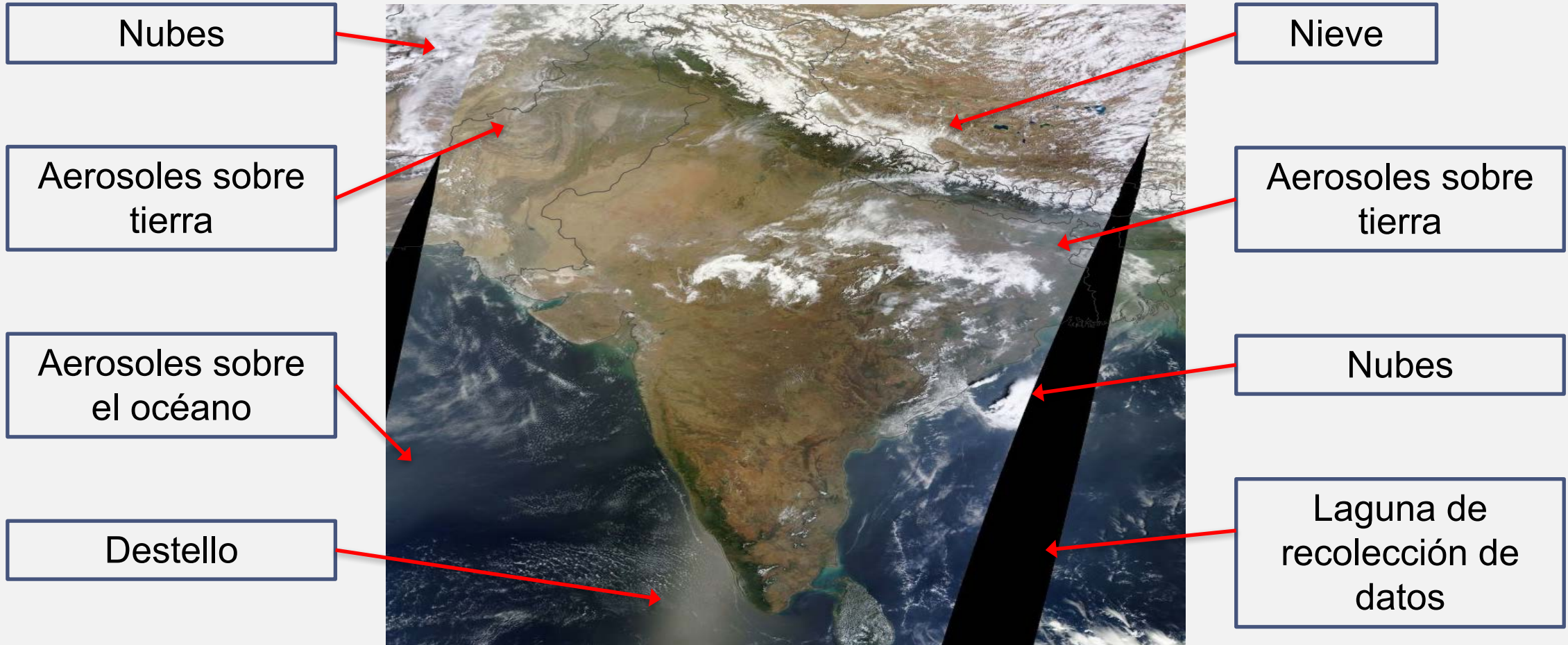
Adapted from Peterson (2007) <http://maps.unomaha.edu/Peterson/gis/notes/RS2.htm>

De mediciones a algo visual: Imágenes de color real



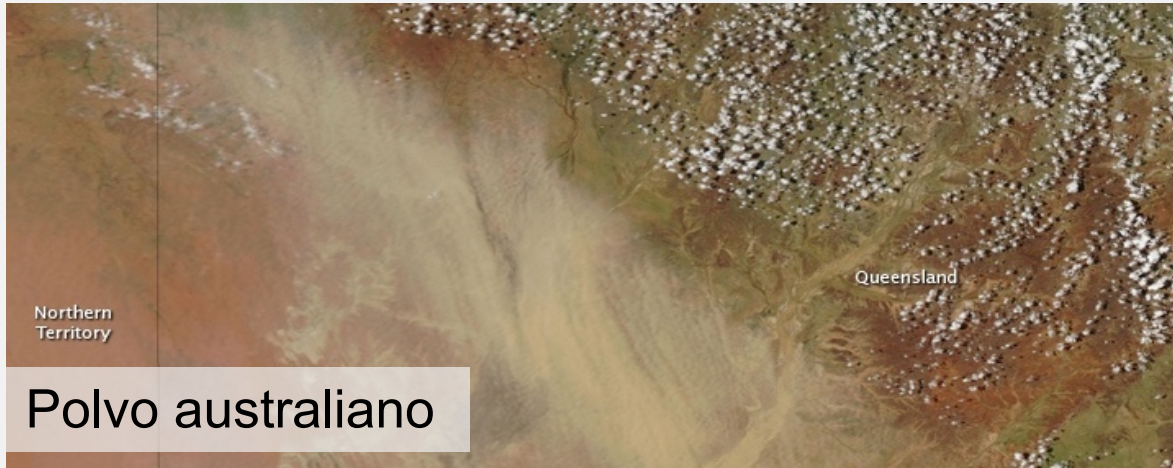
¿Qué podemos aprender de las imágenes en color real?

Imagen de MODIS Terra, 19 de abril de 2013



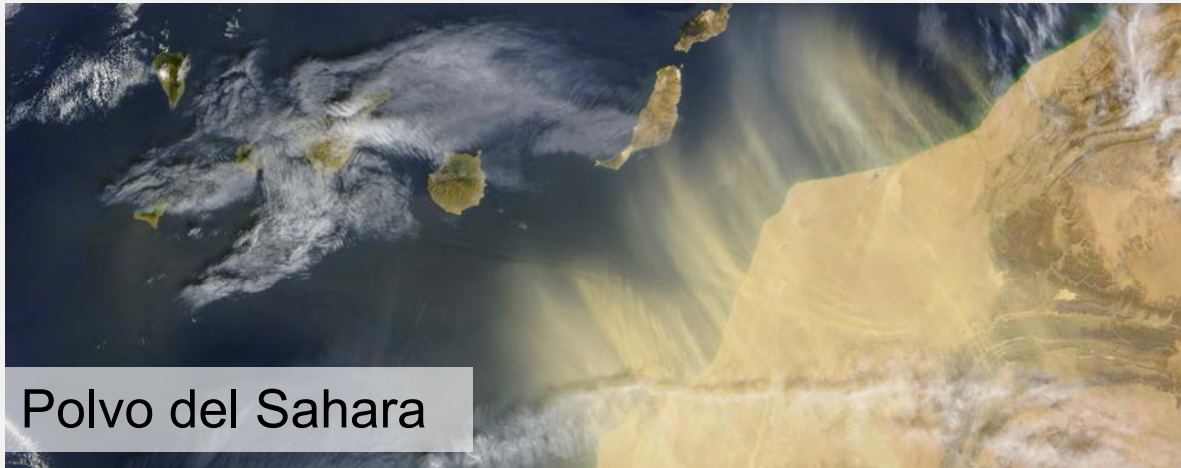
¿Cómo identificamos aerosoles en las imágenes en color real?

Más confiable cuando hay una fuente clara en la imagen



¿Cómo identificamos aerosoles en las imágenes en color real?

Más confiable cuando hay una fuente clara en la imagen



Polvo del Sahara



Humo de incendios forestales

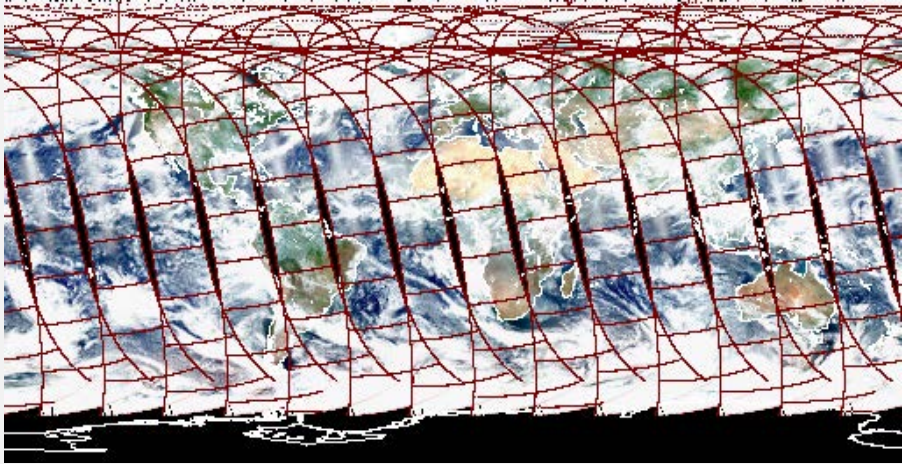


¿Contaminación urbana/industrial o de humo?

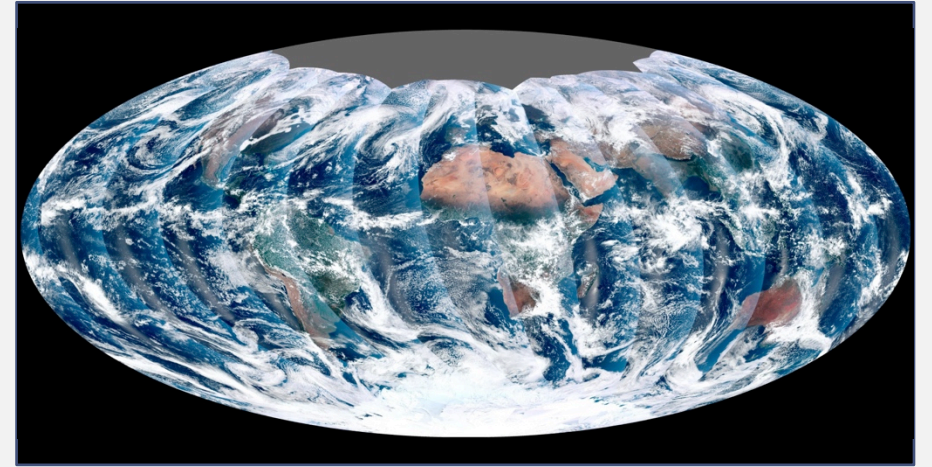


Humo de incendios forestales en Alaska (2004)

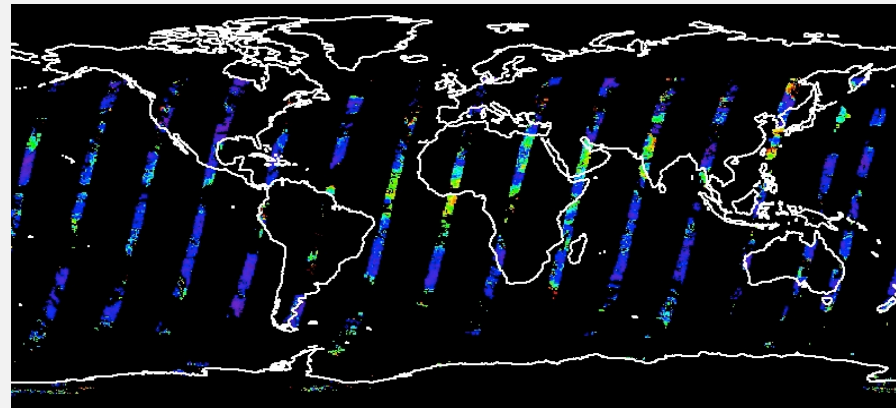
Cobertura satelital diaria



MODIS



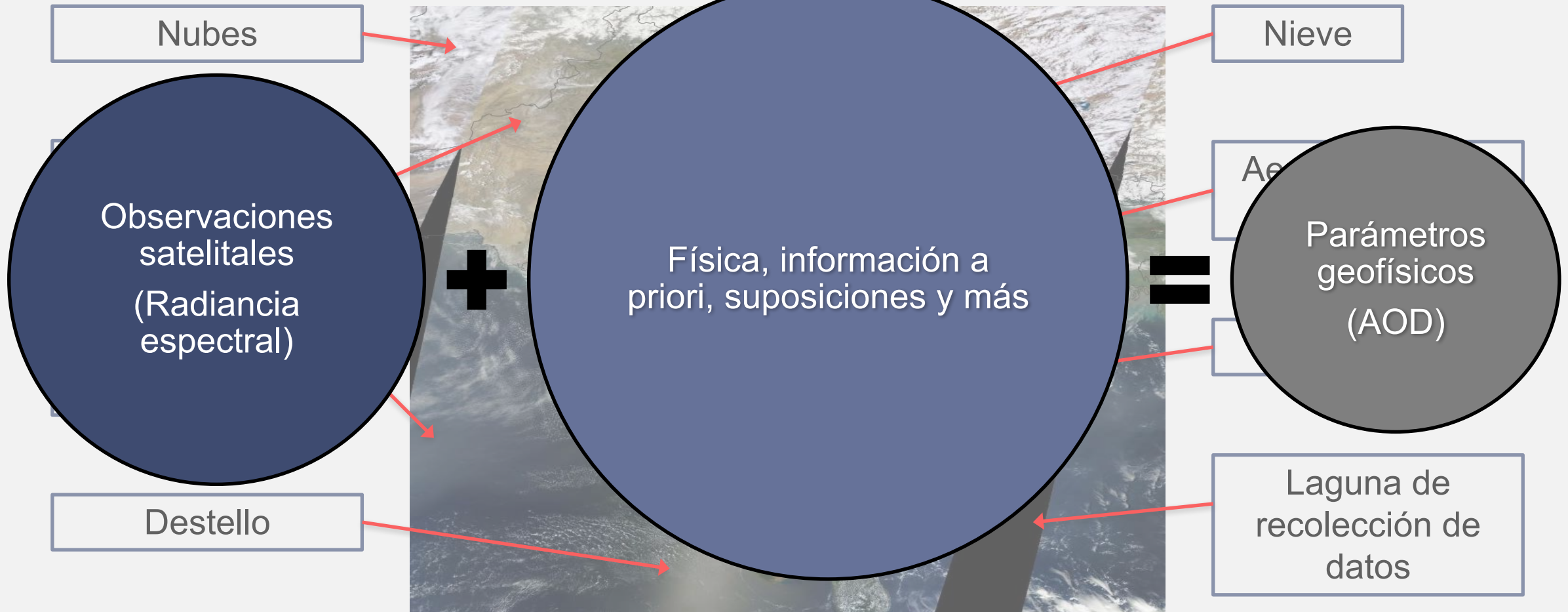
VIIRS



MISR

¿Qué podemos aprender de las imágenes en color real?

Imagen de MODIS Terra 19 de abril de 2013



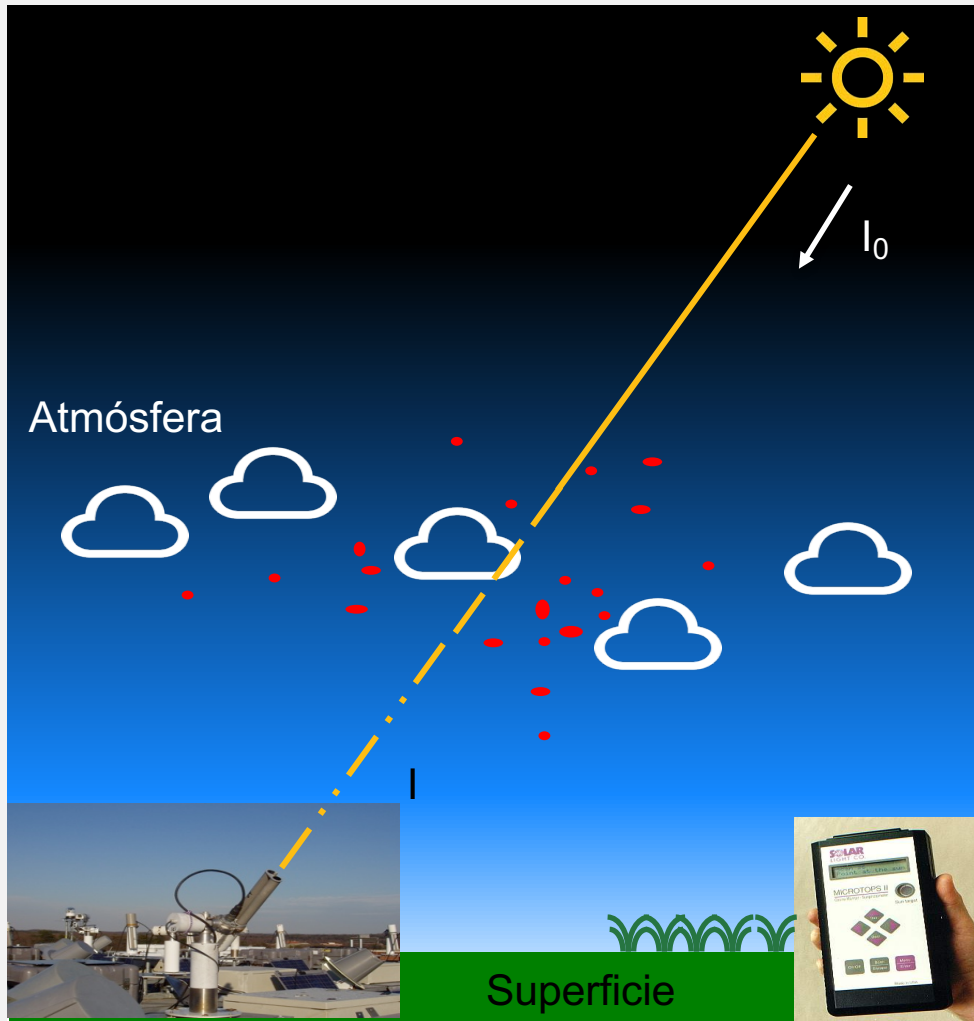


Espeor óptico de aerosoles (Atmospheric optical depth- AOD)

o

Grosor óptico de aerosoles (Aerosol Optical Thickness- AOT)

Espesor óptico



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

Espesor óptico τ como

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

$$m = \sec\theta_0$$

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

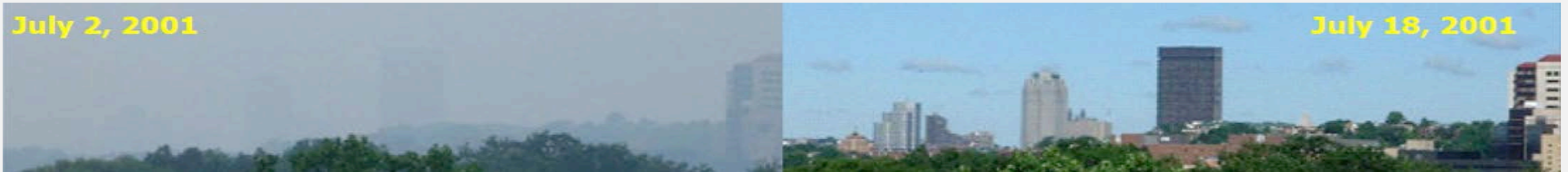
El espesor óptico debido a los aerosoles en la columna atmosférica se llama **espesor óptico de aerosoles**

Infiriendo el AOD y PM2.5 de imágenes visuales

Pittsburgh

$PM_{2.5} = 45 \mu\text{gm}^{-3}$

$PM_{2.5} = 4 \mu\text{gm}^{-3}$



Fotos tomadas desde el mismo lugar a la misma hora del día en dos días diferentes

AOD = ~0.8

AOD = ~0.1

Image Credit: Learning with CLEAR: Introduction to Aerosols - What Are Aerosols? <http://caice.ucsd.edu/index.php/education/clear/learning-with-clear/introduction-to-aerosols/>

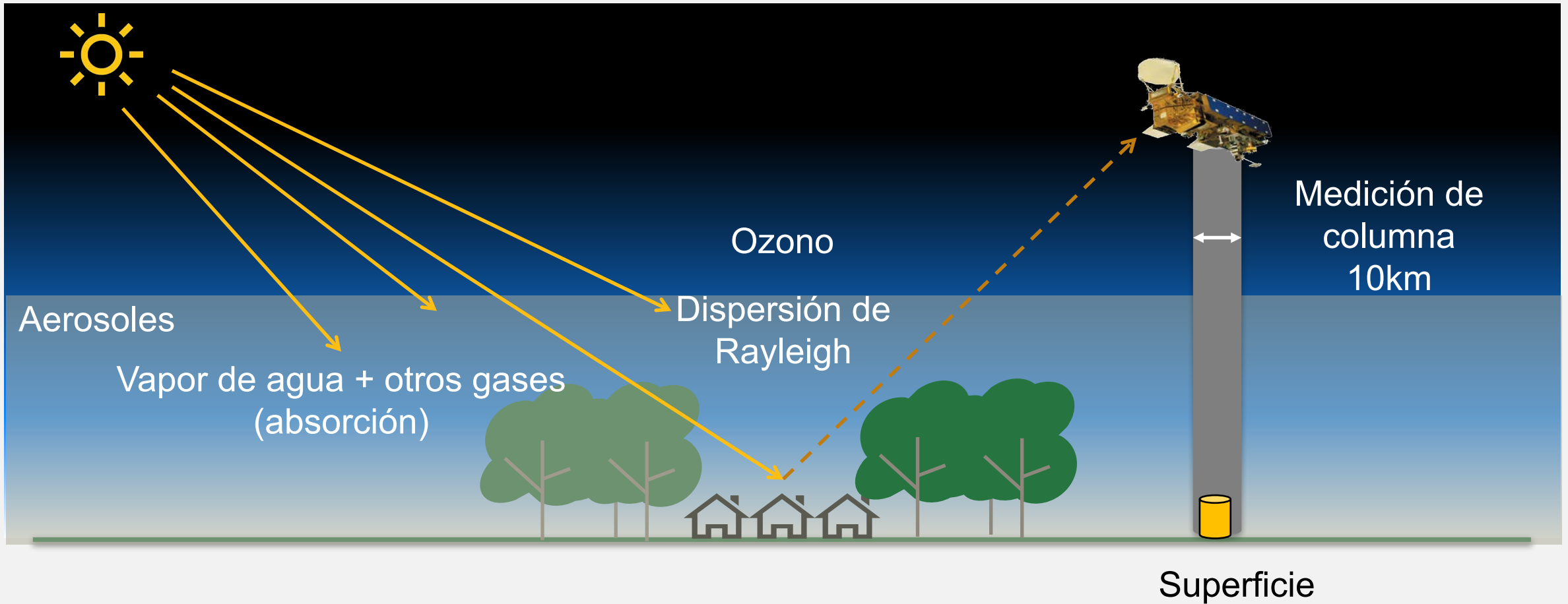
Infiriendo el AOD y PM2.5 de imágenes visuales

Singapur

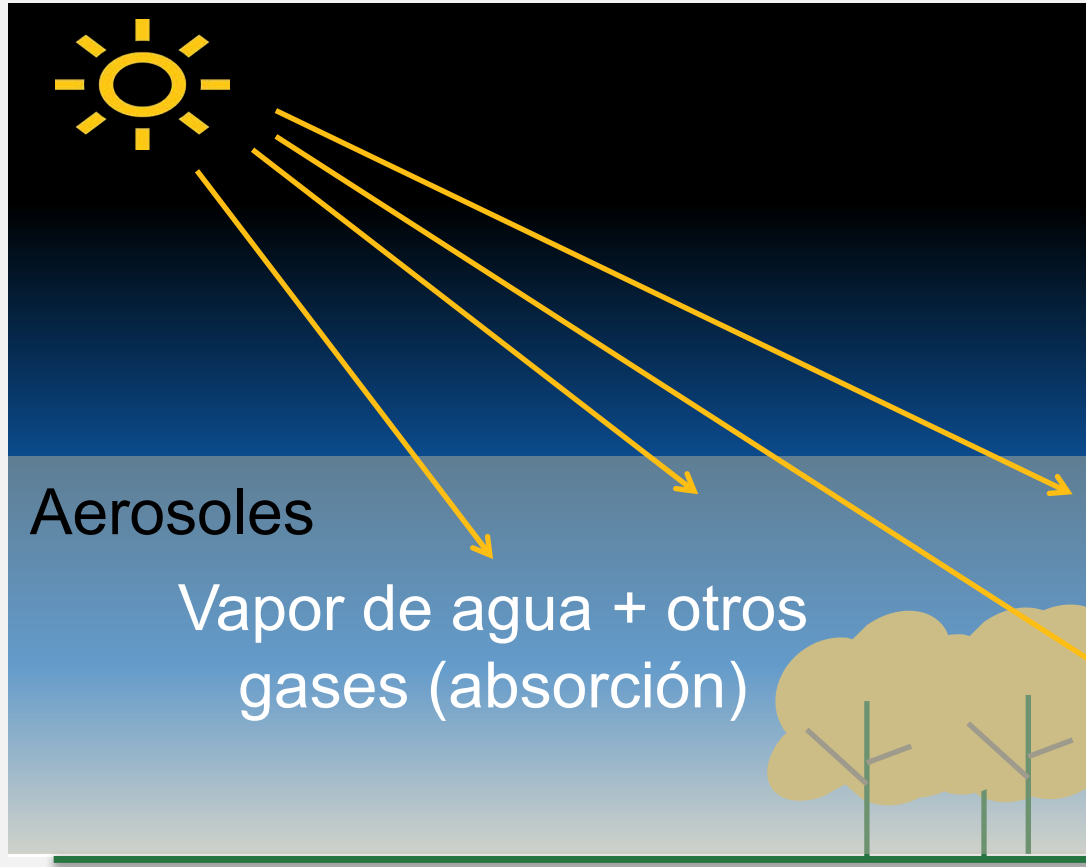


Image Credit: Roslan Rahman/AFP/Getty Images

Espesor óptico de aerosoles a partir de mediciones satelitales



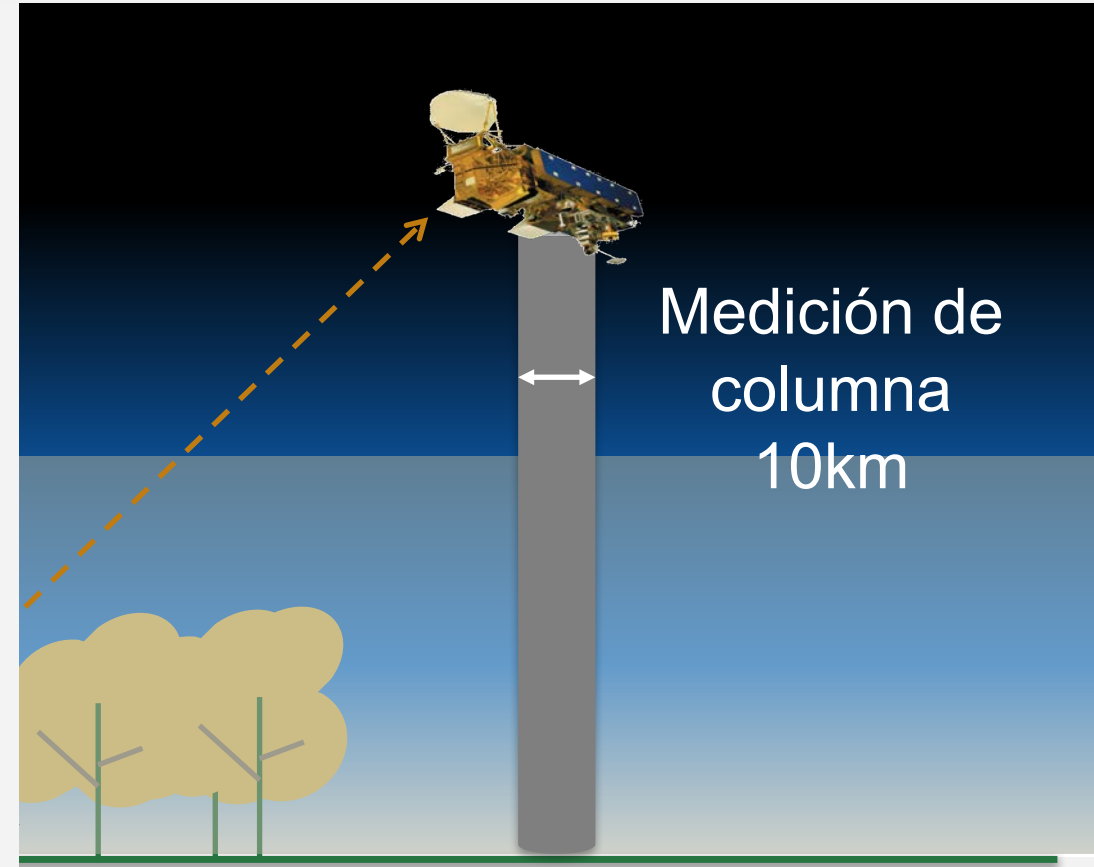
Espesor óptico de aerosoles a partir de mediciones satelitales



- $AOT(\tau) = \int \beta_{ext} dz$
 - tamaño de partículas
 - composición
 - agua actualizada
 - distribución vertical
- Hay temas de recuperación de imágenes satelitales (e.g. modelo de aerosoles, fondo)

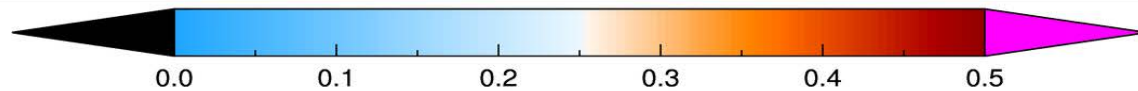
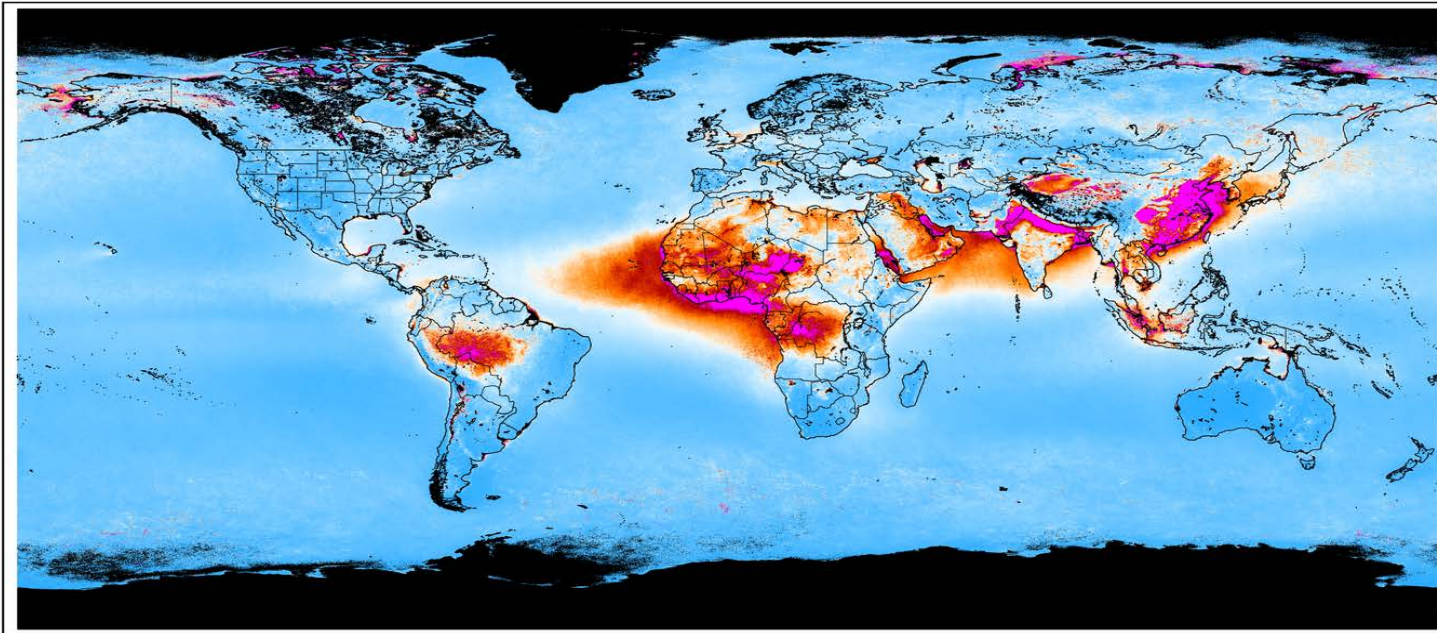
Espesor óptico de aerosoles a partir de mediciones satelitales

- Siete bandas de MODIS se utilizan para derivar propiedades de aerosoles
 - **0.47 μm**
 - 0.55 μm
 - **0.65 μm**
 - 0.86 μm
 - 1.24 μm
 - 1.64 μm
 - **2.13 μm**
- 10x10 km² de resolución
- 3x3 km² resolución



Los satélites brindan un panorama global de las partículas

Espesor óptico de aerosoles a 550nm
(Medio de 2003 a 2008)



- **AOD:**

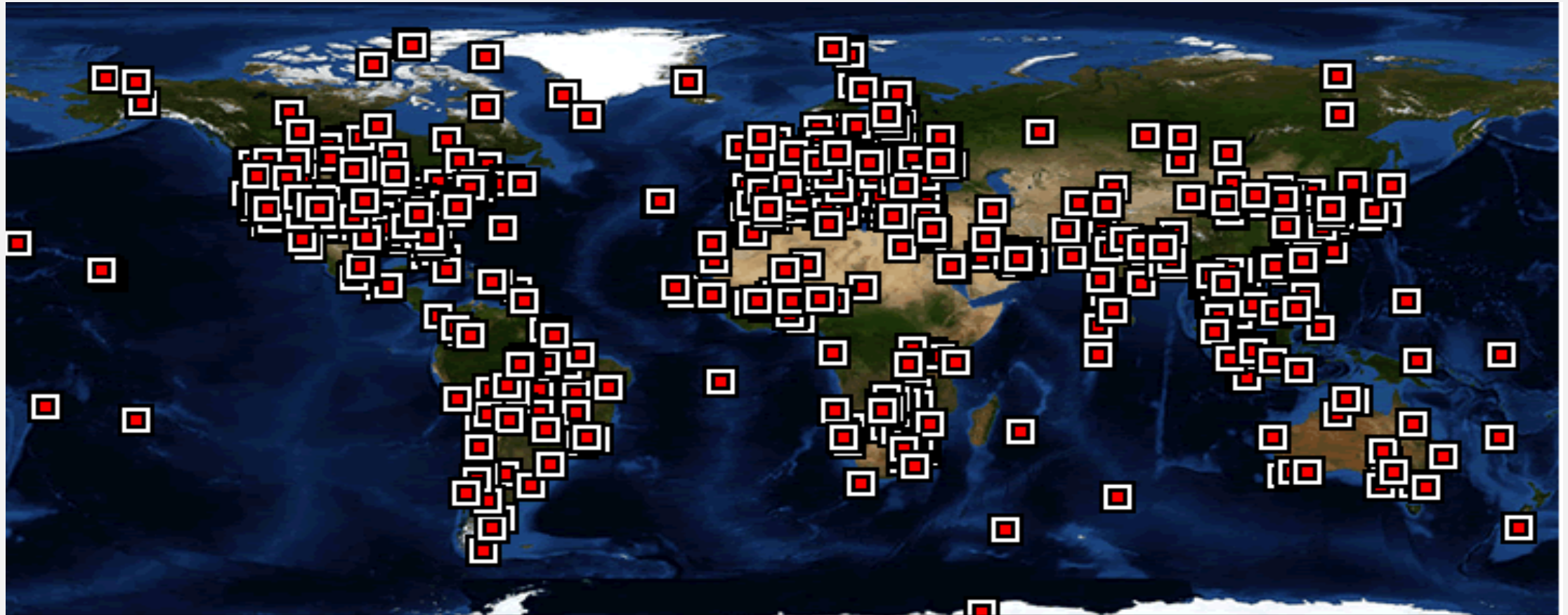
- valor de columna integrada (cima de la atmósfera hasta a superficie)
- medición óptica de carga de aerosoles
- No tiene unidad
- una función de forma, tamaño, tipo, número y concentración de aerosoles y longitud de onda medida

AERONET

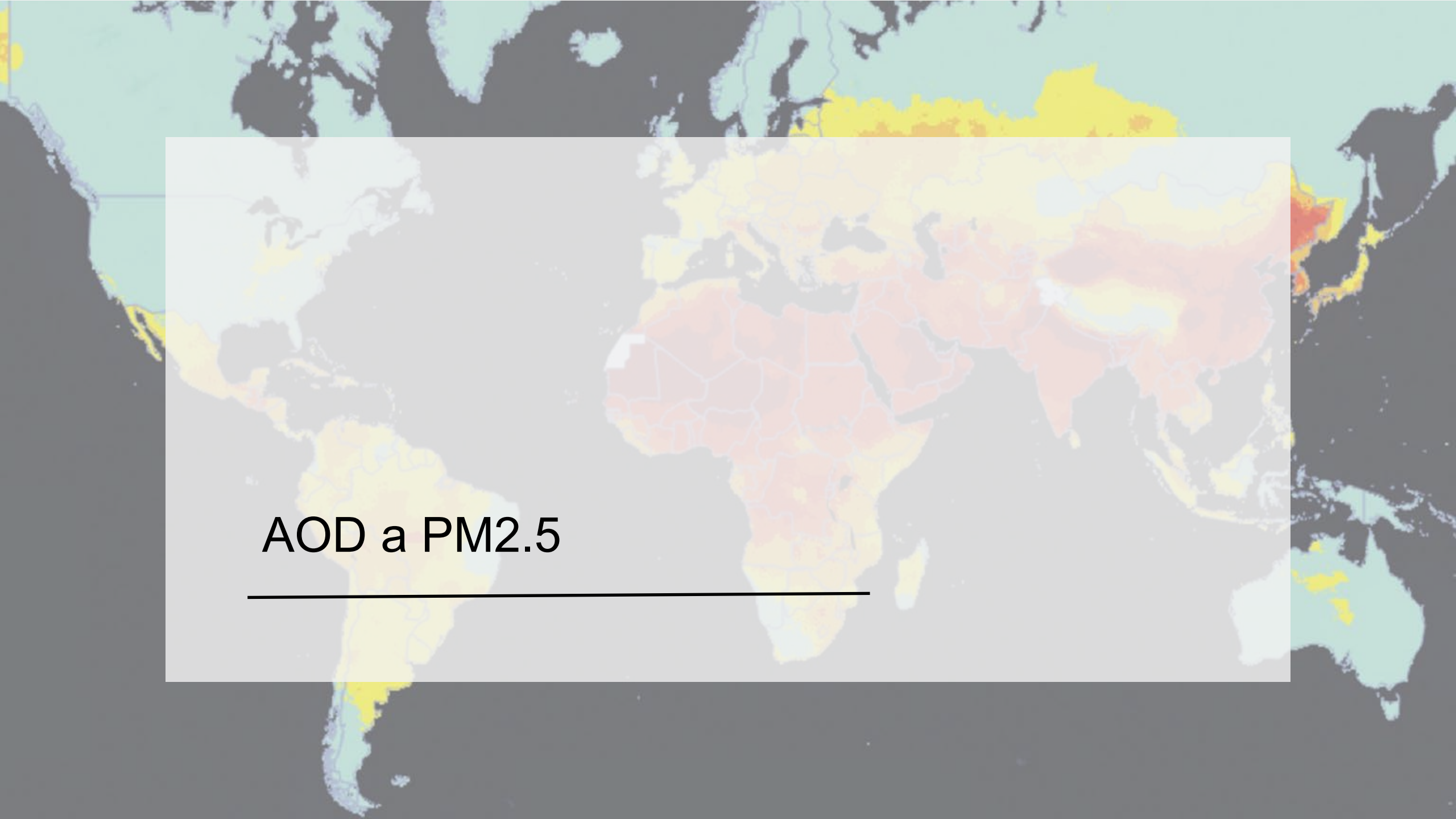
AEROSOL ROBOTIC NETWORK



Red robótica de aerosoles

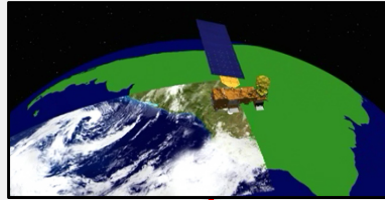


Las mediciones del espesor óptico de aerosoles de AERONET se consideran verídicos a nivel del suelo y se usan para validar recuperaciones satelitales de aerosoles

A world map showing the distribution of Aerosol Optical Depth (AOD) and PM2.5 concentrations. The map uses a color scale from light yellow to dark red to indicate concentration levels. High concentrations (red/orange) are visible in East Asia, South Asia, and parts of Africa and South America. Lower concentrations (yellow) are seen in North America, Europe, and Australia. A semi-transparent white box is overlaid on the map, containing the text 'AOD a PM2.5' and a horizontal line.

AOD a PM2.5

Observación satelital vs. terrestre



AOD – Valor integrado de columna (cima de la atmósfera a superficie)-
Medición óptica de la carga de aerosoles – sin unidad. AOD es una función de la forma, el tamaño, tipo, número y concentración de aerosoles

Cima de la atmósfera

Columna vertical
de 10 km²

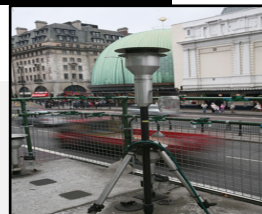
Espesor óptico de aerosoles

Nivel superficial

Superficie de la Tierra

Concentración masiva de PM2.5 ($\mu\text{g m}^{-3}$)
-- Masa seca

PM2.5 – Masa por unidad de volumen de partículas de aerosol menos de 2.5 μm en diámetro aerodinámico a nivel (altura a la que se mide) de la superficie



Relación AOD – PM2.5

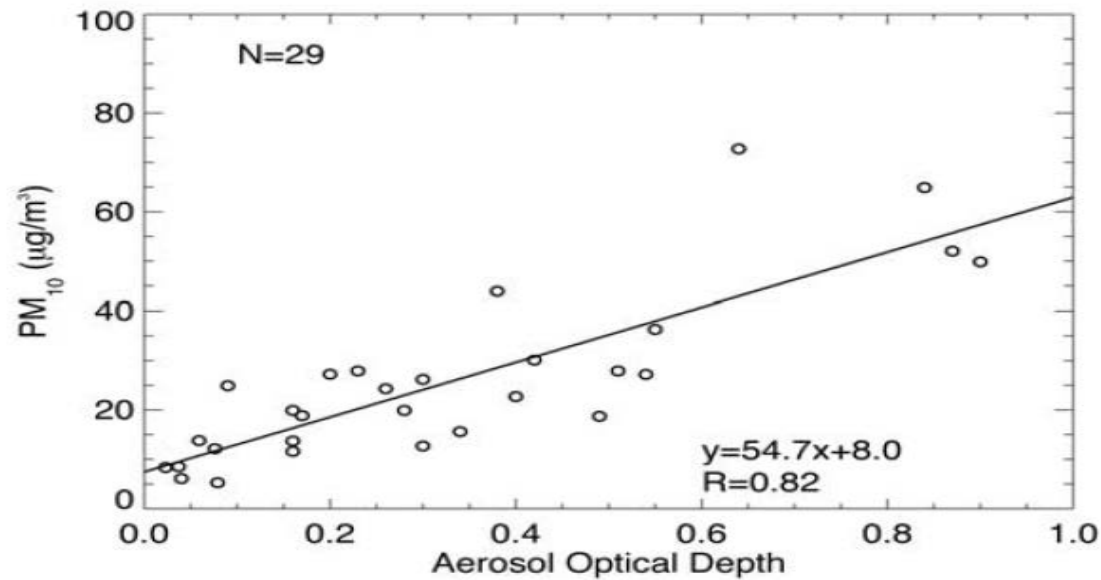
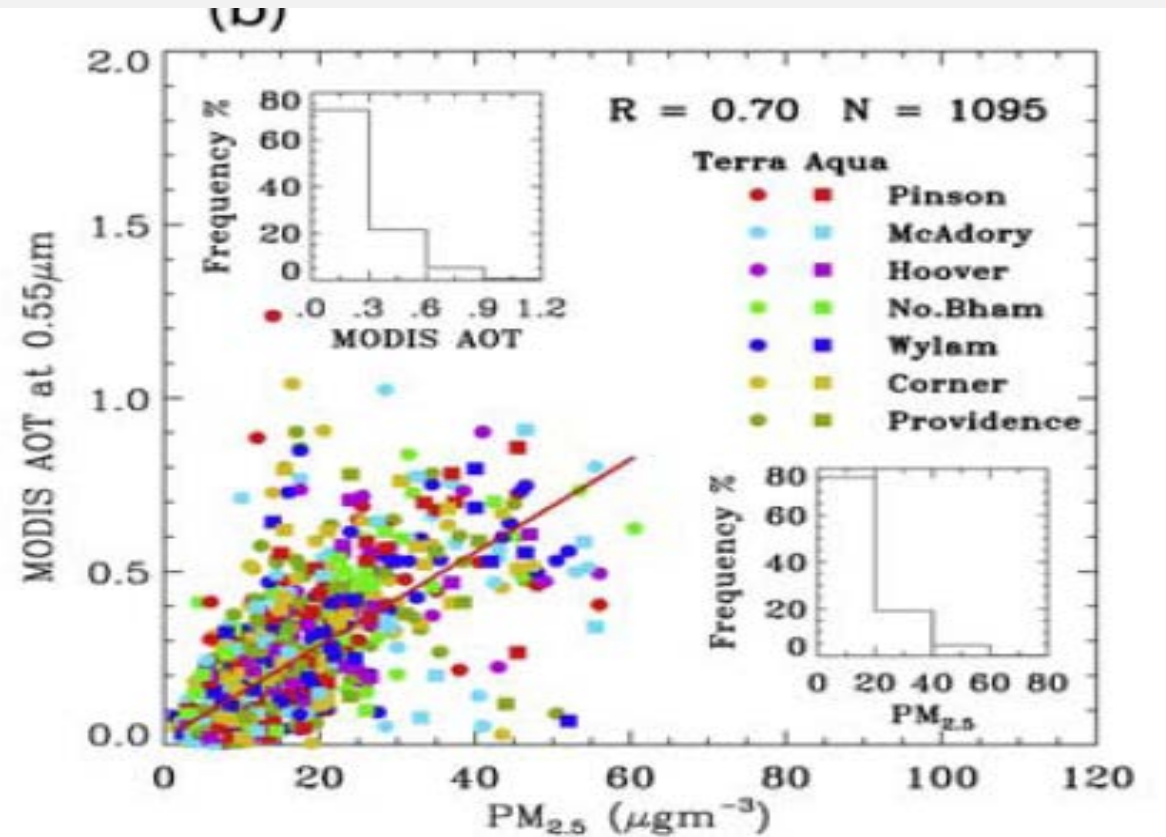


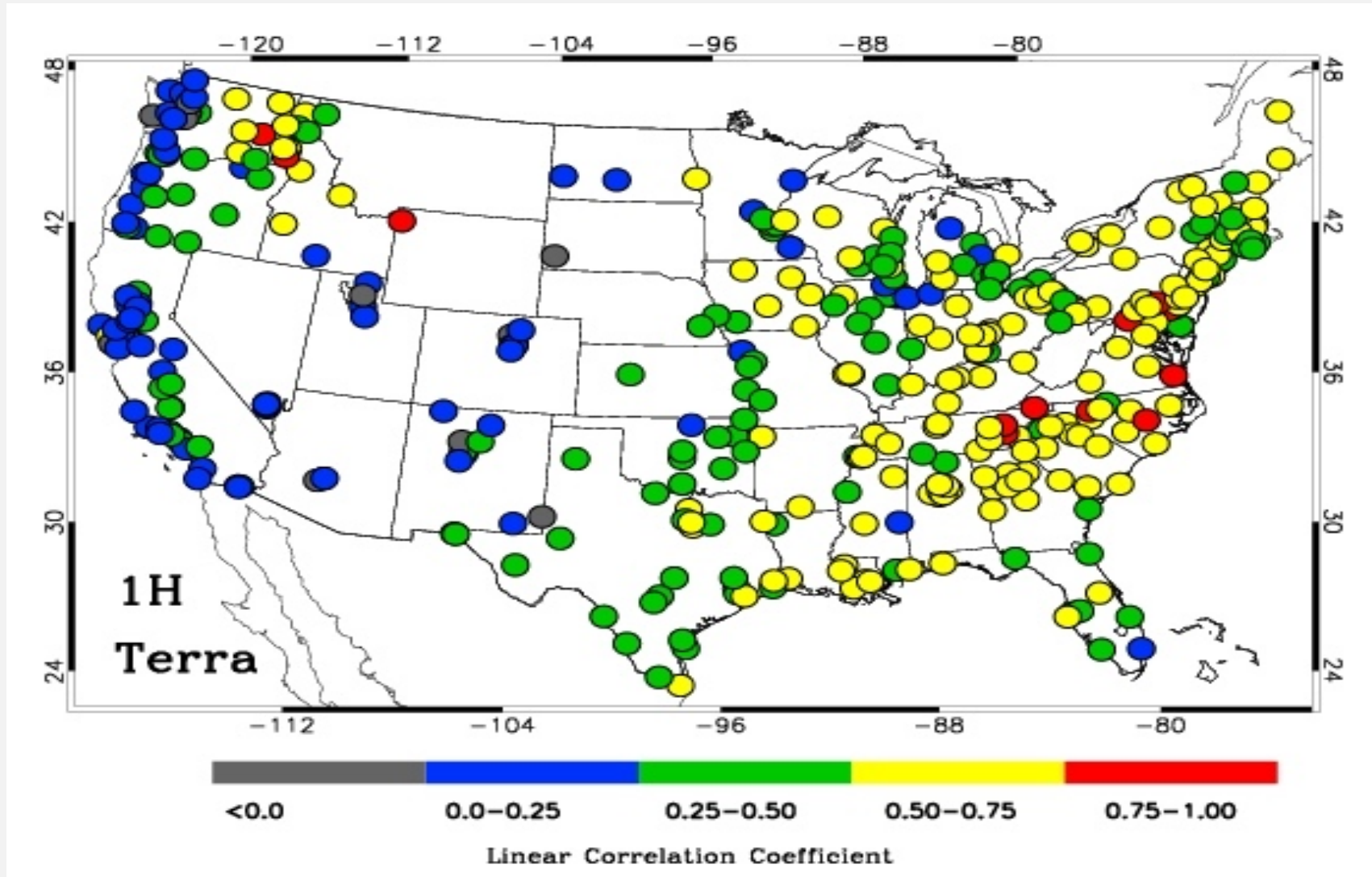
Figura 14. Relación entre concentraciones de PM₁₀ de 24 horas y mediciones diarias promediadas del τ_a del AERONET de agosto hasta octubre 2000 en Italia septentrional.

Chu et al., 2003



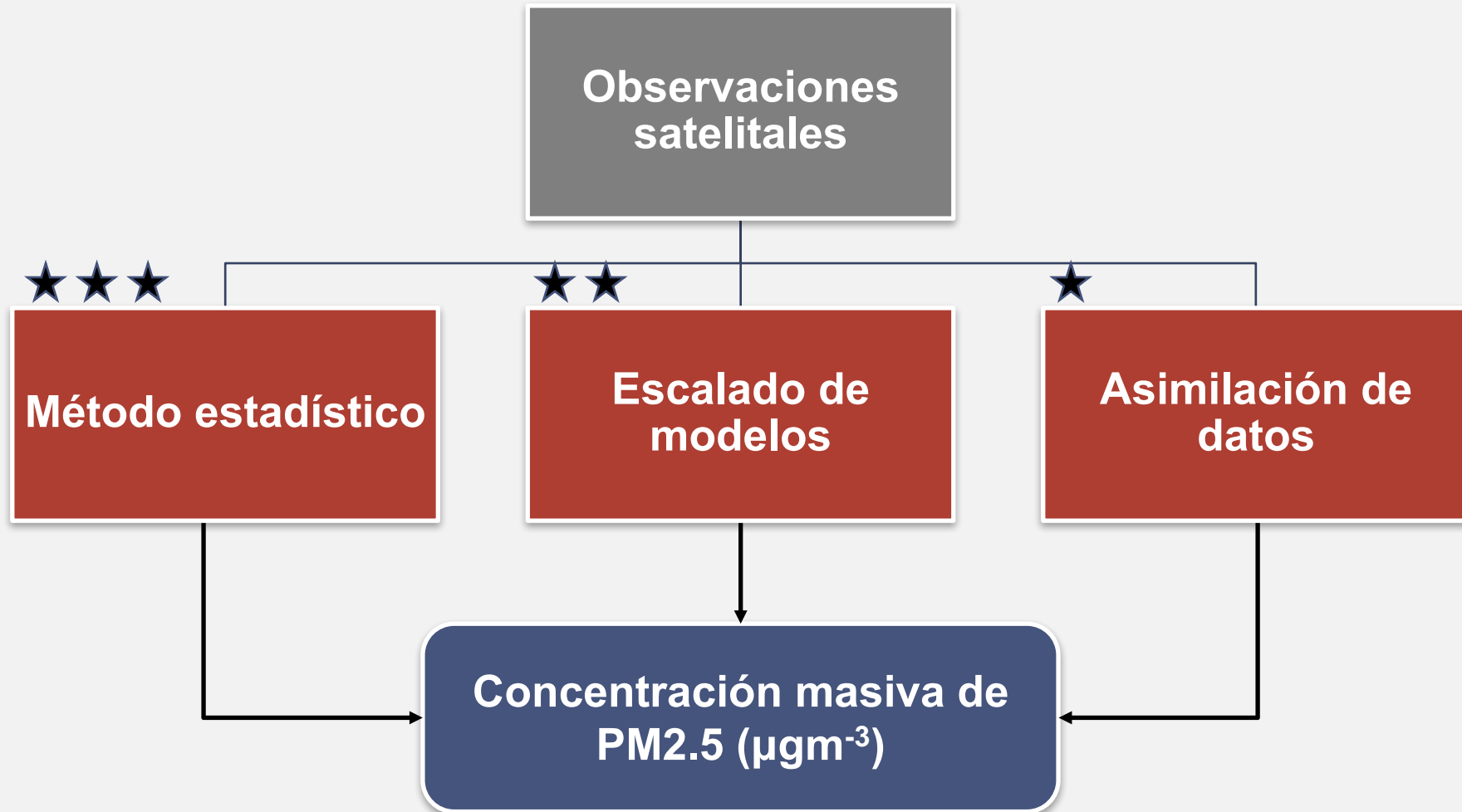
Wang et al., 2003

Patrones espaciales en la relación AOD– PM2.5



Gupta 2008

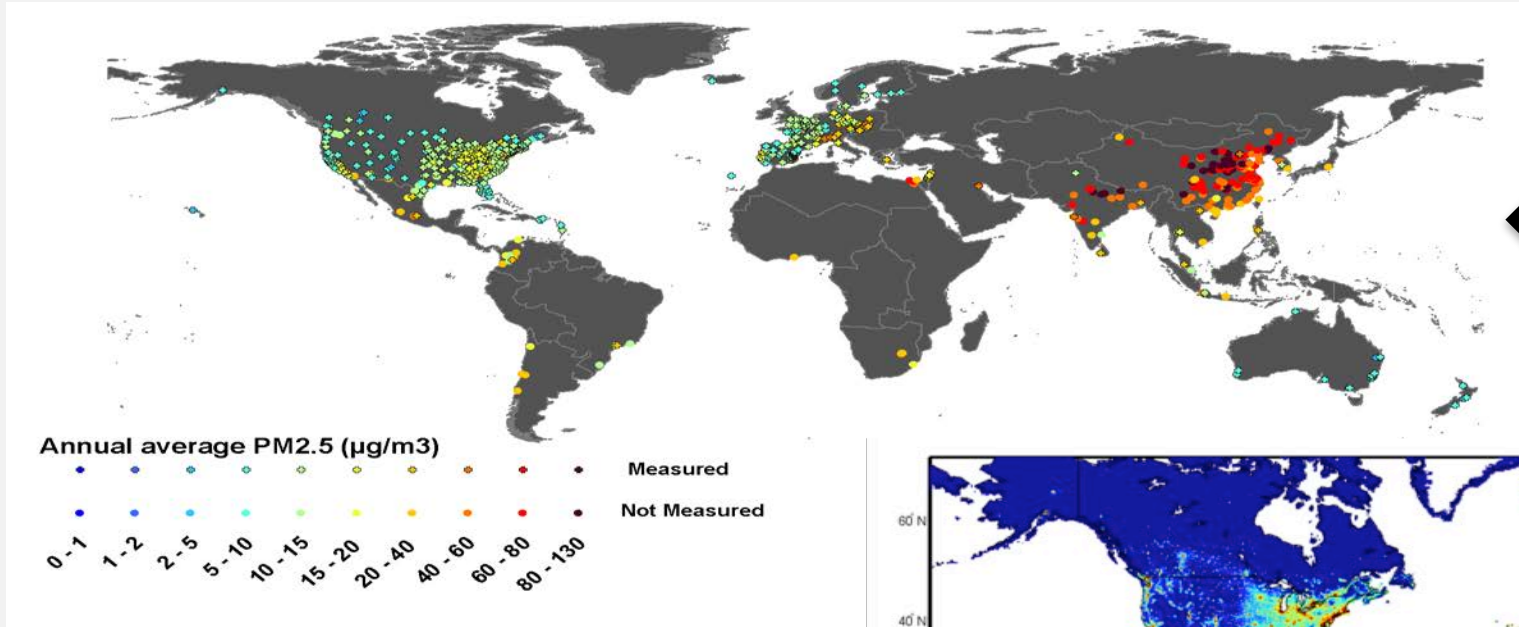
Percepción remota satelital de PM2.5: Resumen



A world map with a semi-transparent grey rectangular box overlaid on the center. The map uses a color scale from light yellow to dark red, likely representing temperature or climate data. The grey box contains the text '¿Por qué satélites ?' in black, with a horizontal line underneath it.

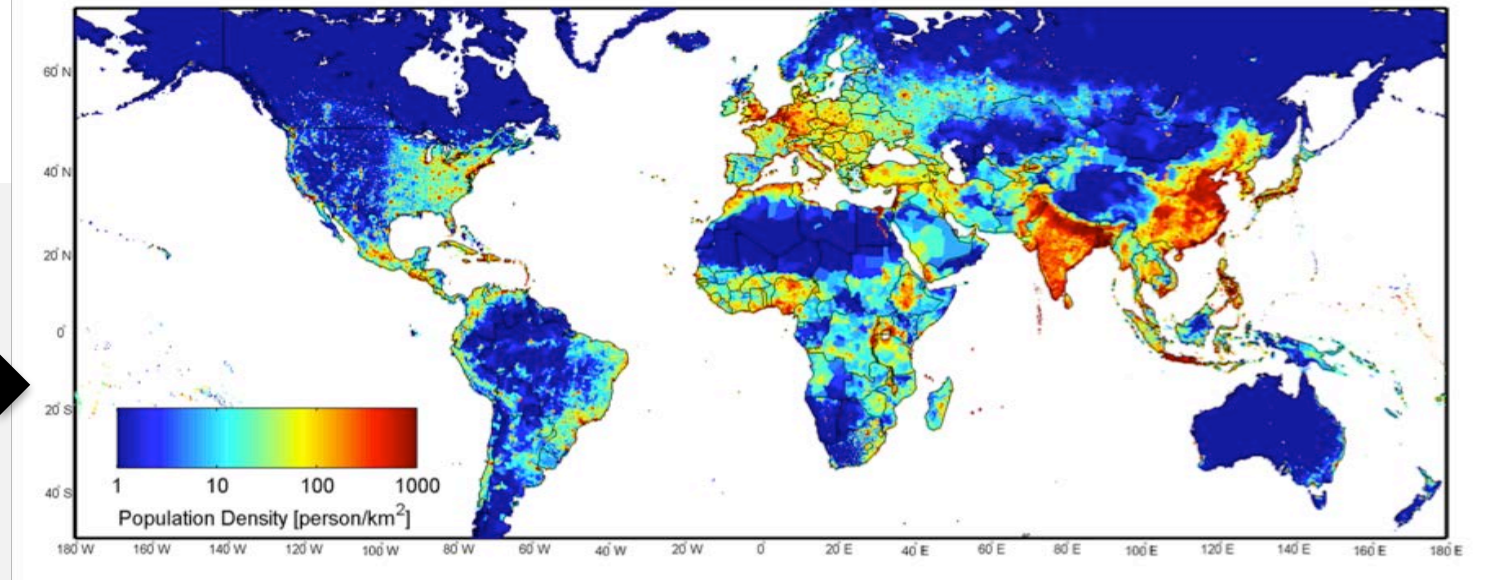
¿Por qué satélites ?

Estatus global del monitoreo de PM2.5

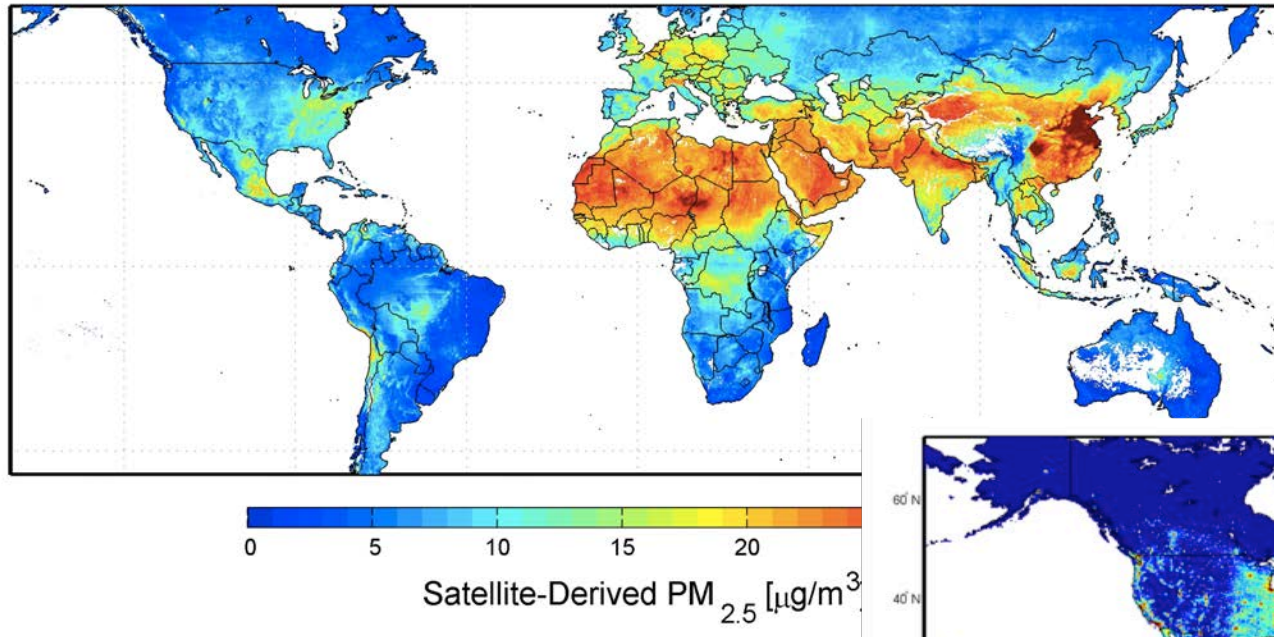


Red de sensores a nivel del suelo

Densidad poblacional



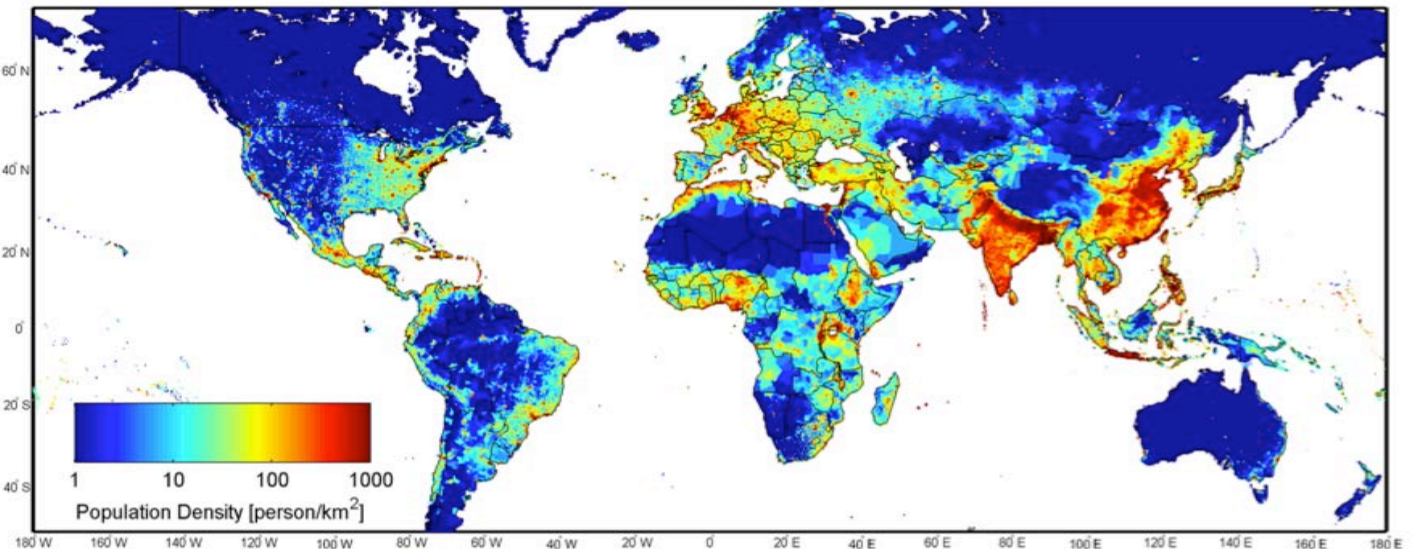
Estatus global del monitoreo de PM2.5: Vista futura



← PM2.5 estimado por satélites

van Donkelaar et al., 2010

Densidad poblacional



Referencias sugeridas

- Al-Saadi, J., Szykman, J., Pierce, R. B., Kittaka, C., Neil, D., Chu, D. A., Remer, L., Gumley, L., Prins, E., Weinstock, L., Macdonald, C., Wayland, R., Dimmick, F., Fishman, J., Improving national air quality forecasts with satellite aerosol observations, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 86(9), 1249–1264, 2005.
- Gupta, P., Christopher, S. A., Wang, J., Gehrig, R., Lee, Y.C., Kumar, N., Satellite remote sensing of particulate matter and air quality over global cities, *Atmos. Environ.*, 40 (30), 5880-5892, 2006.
- Gupta, P., and S. A. Christopher, An evaluation of Terra-MODIS sampling for monthly and annual particulate matter air quality assessment over the southeastern United States, *Atmospheric Environment* 42, 6465-6471, 2008b.
- Liu, Y., J. A. Sarnat, V. Kilaru, D. J. Jacob, and P. Koutrakis, Estimating ground level pm2.5 in the eastern united states using satellite remote sensing, *Environmental Science & Technology*, 39(9), 3269-3278, 2005.
- Wang, J., and S. A. Christopher, Intercomparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM_{2.5} mass: Implications for air quality studies, *Geophys. Res. Lett.*, 30(21), 2095, doi:10.1029/2003GL018174, 2003.
- van Donkelaar, A., R. Martin V., Park R. J., Estimating ground-level PM_{2.5} using aerosol optical depth determined from satellite remote sensing. *J. Geophys. Res.*, 111, D21201, doi:10.1029/2005JD006996, 2006.
- **Hoff, R., S.A. Christopher, Remote Sensing of Particulate Matter Air Pollution from Space : Have we reached the promised land, J. Air&Waste Manage. Assoc., 59:642-675 - (pdf file) , May, 2009.**
- van Donkelaar, A., R. V. Martin, M. Brauer and B. L. Boys, Use of Satellite Observations for Long-Term Exposure Assessment of Global Concentrations of Fine Particulate Matter, *Environmental Health Perspectives*, 123, 135-143, do:10.1289/ehp.1408646, 2015.

Lectura sugerida

<http://www.nsstc.uah.edu/sundar/papers/2009/AWMA-proof.pdf>

2009 CRITICAL REVIEW

ISSN:1047-3289 J. Air & Waste Manage. Assoc. 59:645-675
DOI:10.3155/1047-3289.59.6.645
Copyright 2009 Air & Waste Management Association



R.M. Hoff



S.A. Christopher

Remote Sensing of Particulate Pollution from Space: Have We Reached the Promised Land?

Raymond M. Hoff

Department of Physics and the Joint and Technology Center, University of

Sundar A. Christopher

Department of Atmospheric Science, Alabama-Huntsville, Huntsville, AL

IMPLICATIONS

Satellite measurements are going to be an integral part of the Global Earth Observing System of Systems. Satellite measurements by themselves have a role in air quality studies but cannot stand alone as an observing system. Data assimilation of satellite and ground-based measurements into forecast models has synergy that aids all of these air quality tools.

the “but for” provision in the rule makes the use of satellite data possible in significant exceedances only. Applications such as event identification, transport, and atmospheric composition determination are strengths of satellite measurements. Where high precision is required (compliance monitoring, the “but for” test, and quantitative measurement of visibility effects on Class I areas), satellite data are presently of limited utility.

The use of the AOD as a measure for mass concentration has skill in some regions but less in others and does not provide a uniform way to measure aerosols across the United States. We discussed in Table 4 the range of mea-

In 2007, the A&WMA Critical Review by Bachmann discussed the history of the National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).¹⁴² The 39-yr history of those standards parallels the time period that satellite meteorology and observations have developed and yet, to date, no satellite measurements have been used to quantitatively address the NAAQS. From the review conducted here, only one congress-

EPA has taken a satellite observations role for itself in the Exceptional Events Rule.¹⁴⁴ If a region can show conclusively that they are being impacted by an event (a fire, a dust storm, etc.) that is outside of their jurisdiction to regulate, the event can be flagged as a nonexceedance event. This provides a significant motivation for regional

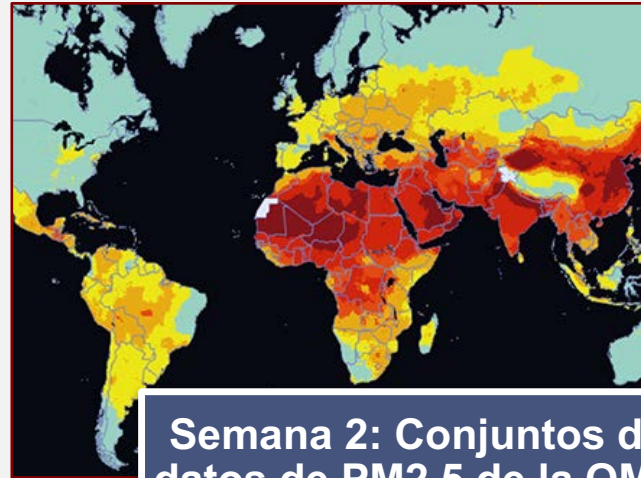
Although the desire for the use of satellite data for air quality purposes is widely stated, the reality is that many of the measurements have not yet met the promise that they can be operationally used for today’s air quality monitoring requirements. Precision in measuring AOD is

La próxima semana

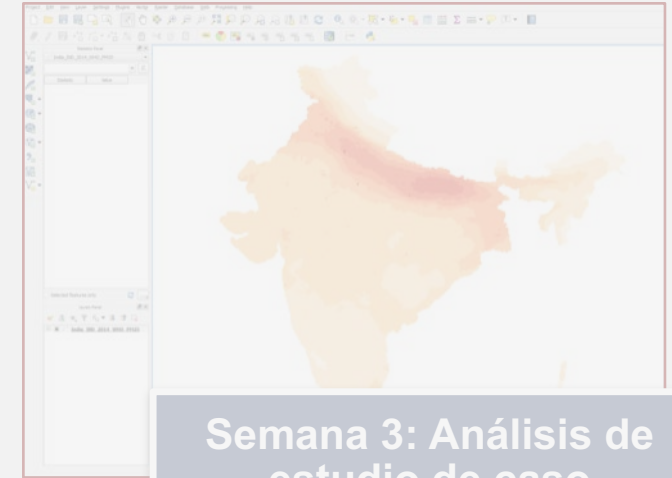
Recursos de la OMS para la evaluación de la calidad del aire a nivel mundial



Semana 1: ARSET, percepción remota y SDGs



Semana 2: Conjuntos de datos de PM2.5 de la OMS



Semana 3: Análisis de estudio de caso