

## ARSET

Applied Remote Sensing Training

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

 @NASAARSET

---

# Estimaciones de PM2.5 de la Organización Mundial de la Salud

---

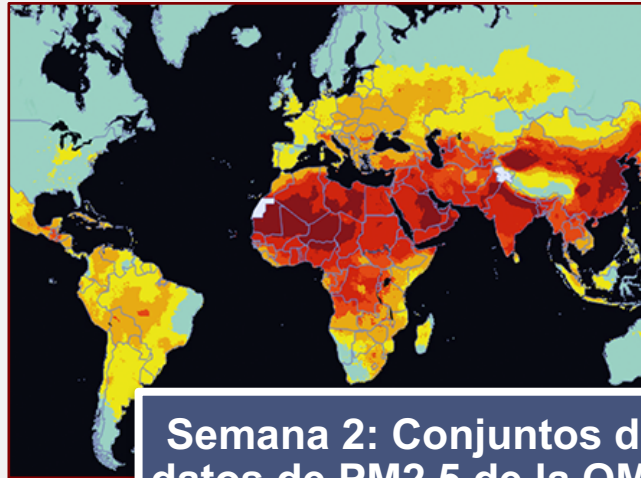
15 al 29 de marzo de 2017

Melanie Follette-Cook, Pawan Gupta

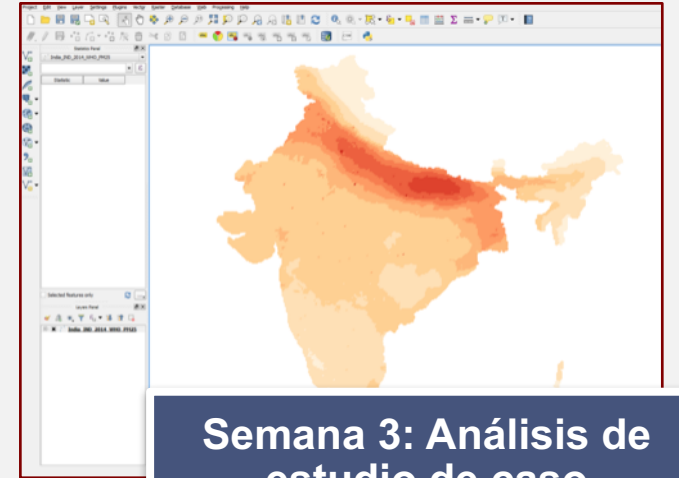
# Agenda de cursos en línea



**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

## Sesión 2:Reseña

1. Breve repaso de la Sesión 1
2. Introducción al Modelo de integración de datos para la calidad del aire (Data Integration Model for Air Quality o DIMAQ)
3. Repaso de herramientas disponibles de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

Instructora de hoy: Melanie B. Follette-Cook, Ph.D.  
GESTAR/Universidad Estatal Morgan, Code 614  
Centro aeronáutico espacial NASA Goddard  
Greenbelt, MD 20771, USA  
[melanie.cook@nasa.gov](mailto:melanie.cook@nasa.gov)  
<http://arset.gsfc.nasa.gov/people/melanie-follette-cook>

# Objetivos de aprendizaje

1. Aprender sobre el modelo DIMAQ, el cual se utiliza para calcular estimaciones de  $PM_{2.5}$  así también como los varios conjuntos de datos que se usan como insumos
2. Aprender acerca de varias herramientas en línea para acceder a y visualizar los productos de la OMS

A world map with a semi-transparent white rectangular box overlaid on the center. The map uses a color gradient from light yellow to dark red to represent different data points across the continents. The text 'Repaso de la Sesión 1' is centered within the white box, with a horizontal line underneath it.

# Repaso de la Sesión 1

---

# Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (SDGs)

## Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

### Objetivo 3 – Buena salud y bienestar

- Meta 3.9; Indicador 3.9.1
- Tasa de mortalidad atribuida a la contaminación del aire del hogar y del ambiente (niveles medios anuales de contaminación del aire (partículas finas [PM<sub>2.5</sub>]))

### Objetivo 11 – Ciudades y comunidades sostenibles

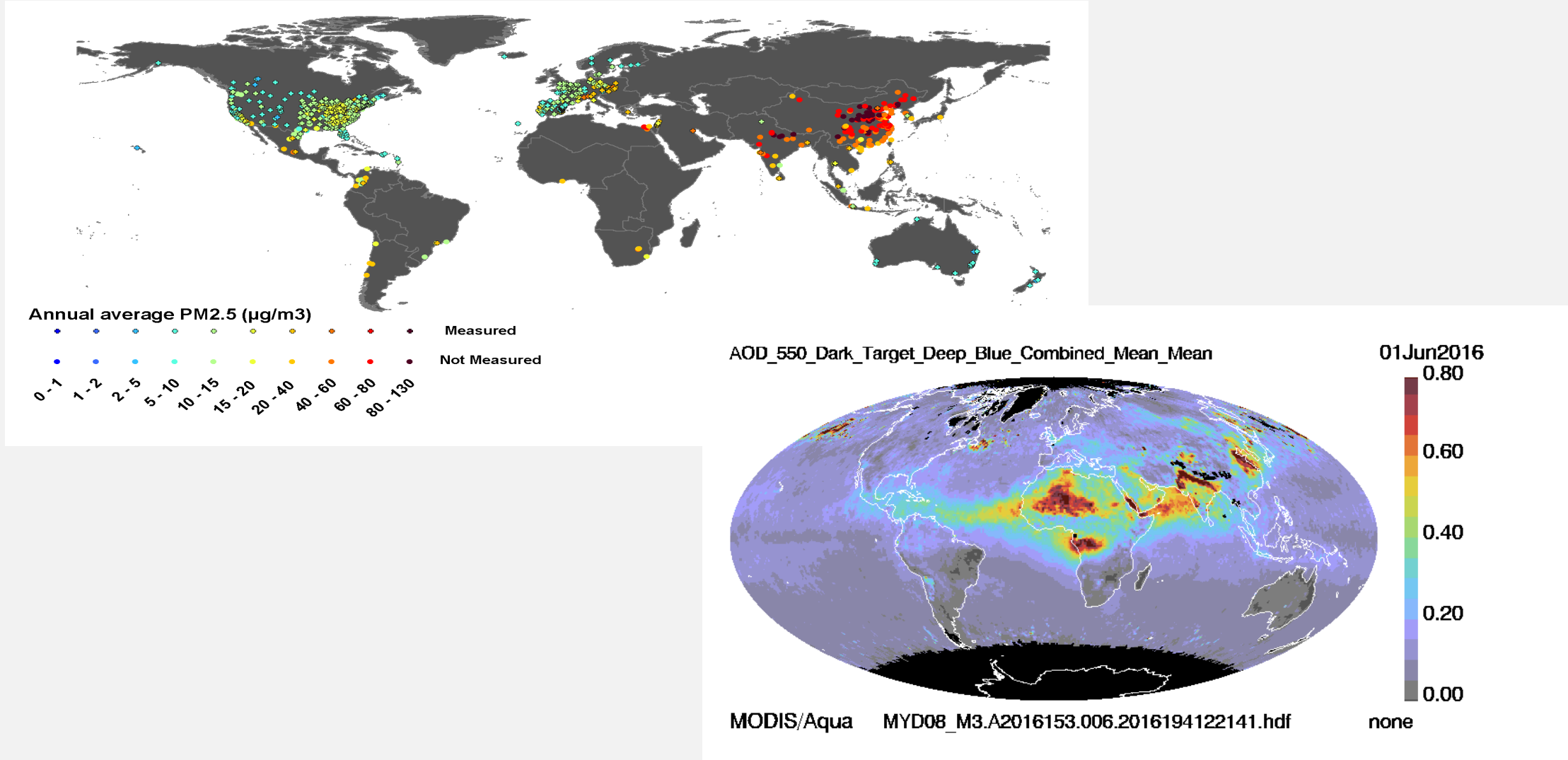
- Meta 11.6; Indicador 11.6.2
- Niveles medios anuales de partículas finas (por ejemplo PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>) en las ciudades (ponderadas según la población)



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

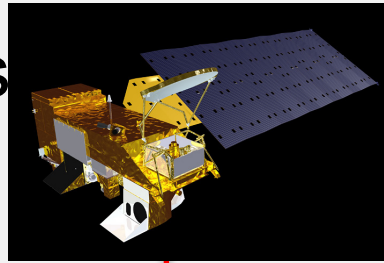
# Percepción remota de aerosoles

## Espesor óptico de aerosoles (AOD) de satélites



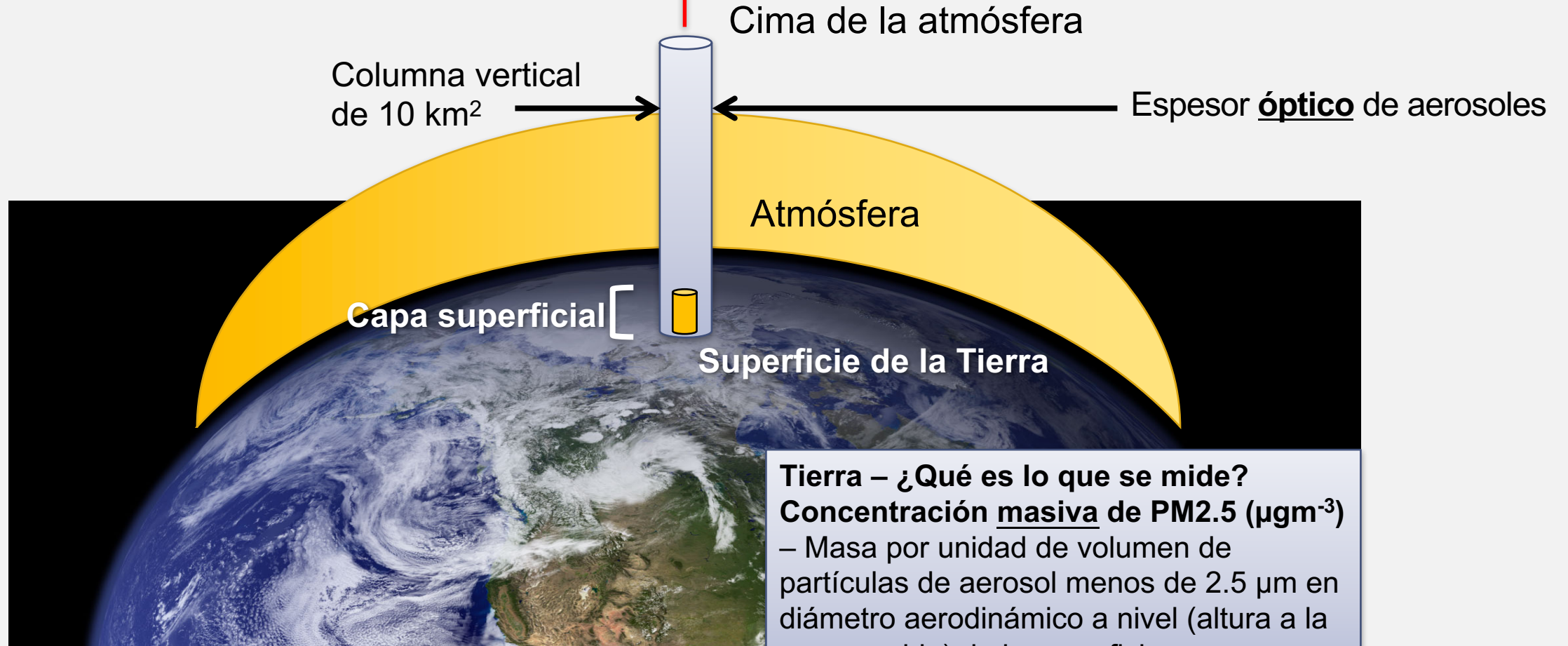
# Percepción remota de aerosoles

## Satélite vs. tierra



### Satélite – ¿Qué es lo que se mide?

**AOD** – 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



### Tierra – ¿Qué es lo que se mide?

**Concentración masiva de PM<sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )**  
– Masa por unidad de volumen de partículas de aerosol menos de 2.5  $\mu\text{m}$  en diámetro aerodinámico a nivel (altura a la que se mide) de la superficie



# Percepción remota de aerosoles

## Relación AOD-PM

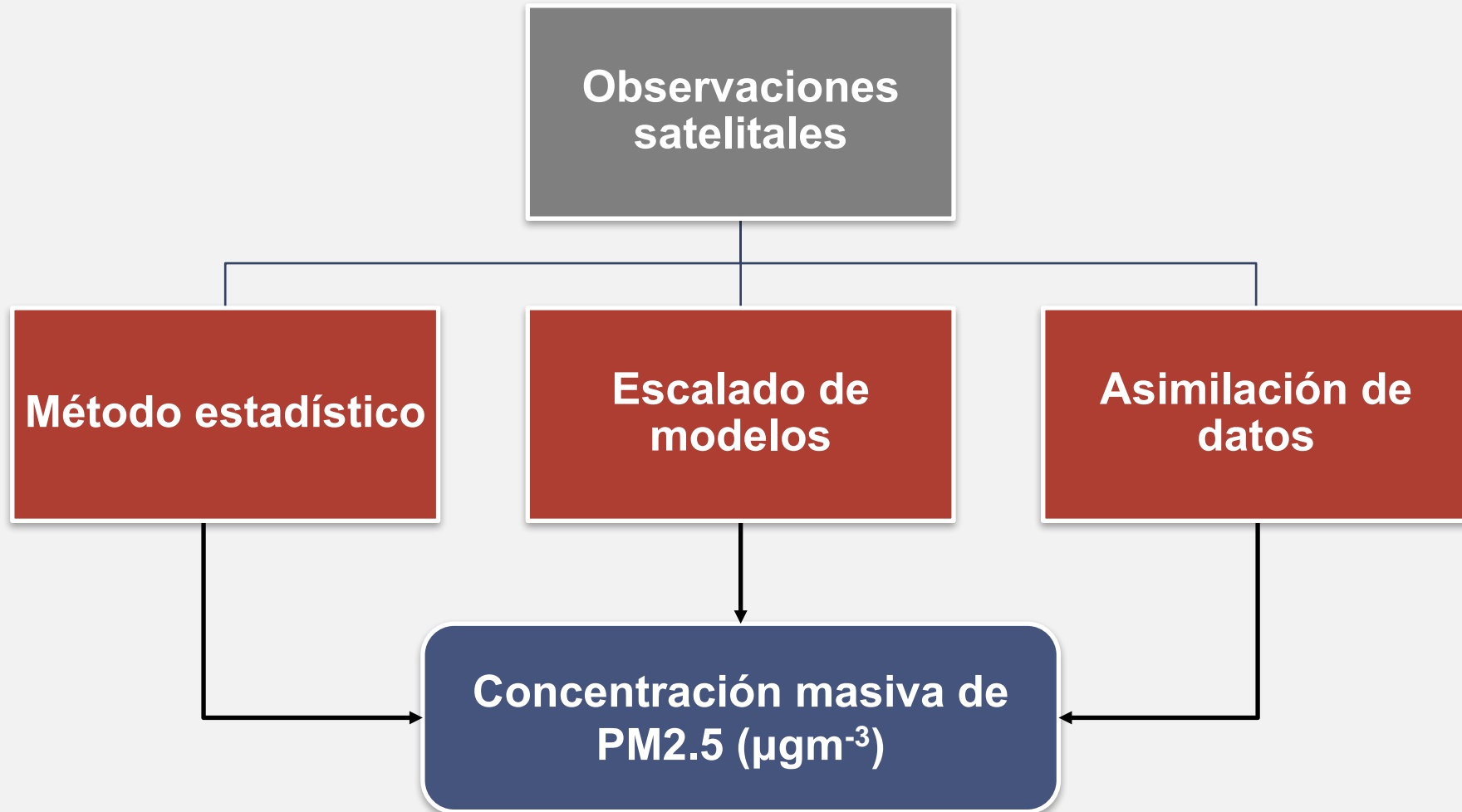
Suponiendo un cielo despejado, una capa fronteriza bien mezclada sin nada de aerosoles por encima y aerosoles que tienen propiedades ópticas similares\*, el AOD y el PM2.5 pueden relacionarse por medio de la siguiente ecuación:

$$PM2.5 = \frac{4\rho r_{eff}}{3QHf(RH)} \times AOD$$

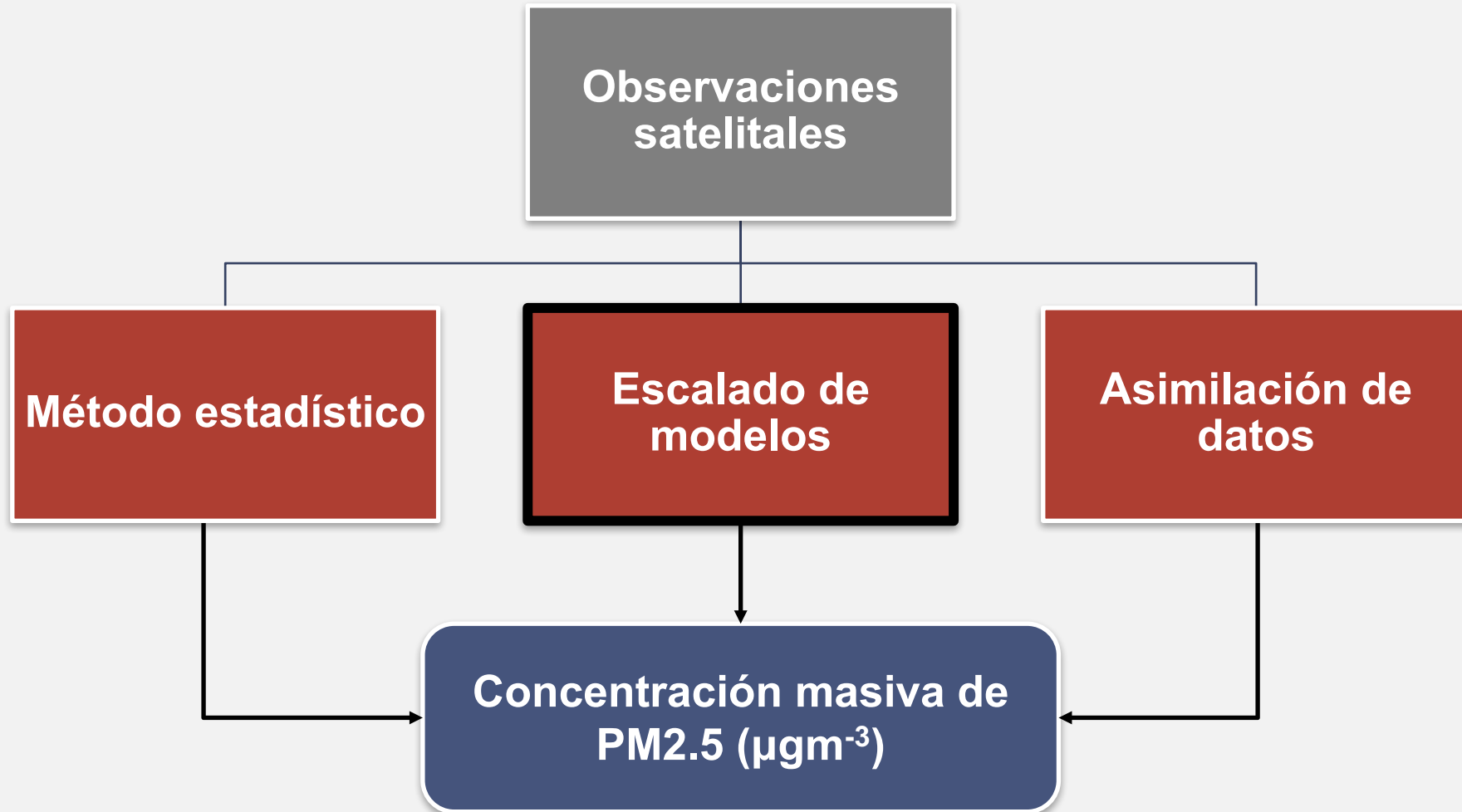
- $\rho$ : densidad masiva de aerosoles
- $r_{eff}$ : radio particular efectivo
- $Q$ : coeficiente de extinción
- $H_{PBL}$ : altitud de mezcla
- $f(RH)$ : cómo la dispersión de aerosoles cambia según cambia la humedad

\*Hoff, R. & Christopher, S., 2009, J. Air and Waste Manage.Assoc., doi:10.3155/1047-3289.59.6.645

# Percepción remota satelital de PM2.5: Resumen



# Percepción remota satelital de PM2.5: Resumen



## Método de escalado de modelo

Que un modelo de química atmosférica decida la conversión de AOD a PM<sub>2.5</sub>

$$\text{PM}_{2.5} \text{ obtenido por satélites} = \left( \frac{\text{PM}_{2.5}}{\text{AOD}} \right)_{\text{Modelo}} \times \text{AOD}_{\text{Satelital}}$$

Source: Liu et al., 2006



Estimaciones satelitales de PM<sub>2.5</sub>

---

# Estimación satelital (Van Donkelaar et al., 2016, doi:10.1021/acs.est.5b05833)

## AOD de satélites

Ocho recuperaciones de AOD de cuatro diferentes instrumentos

Instrumentos	MODIS: Terra/Aqua			MISR	SeaWiFS
					
Algoritmo de recuperación	Deep Blue	Dark Target	MAIAC	MISR	Deep Blue
Resolución horizontal	10 km	10 km	1 km	17.6 km	13.5 km

Van Donkelaar et al., 2016, doi:10.1021/acs.est.5b05833.

The Van Donkelaar product is available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/sdei-global-annual-avg-pm2-5-modis-misr-seawifs-aod-1998-2012>

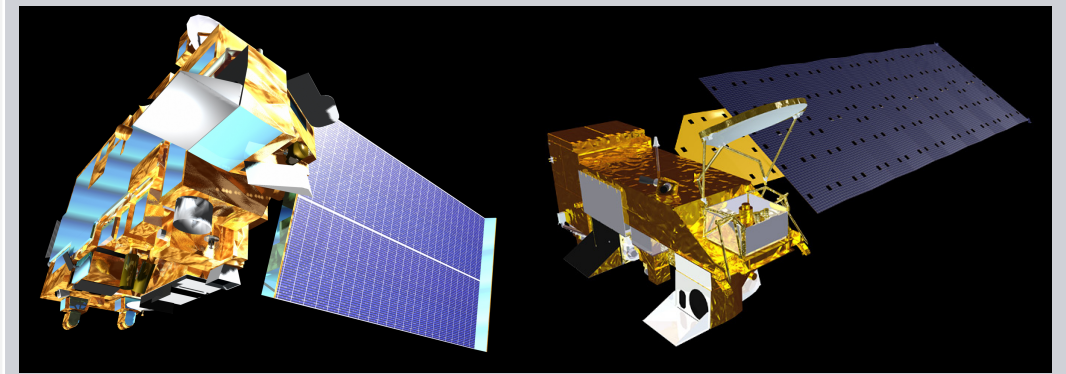
# MODIS\*

## MODerate resolution Imaging Spectrometer

- El instrumento MODIS vuela a bordo de los dos satélites Terra y Aqua
  - Terra: tiempo de paso superior matutino
  - Aqua: tiempo de paso superior vespertino
- 36 bandas espectrales cubriendo de 0.405  $\mu\text{m}$  (o 405 nm) hasta 14.385  $\mu\text{m}$

\*Espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada

### MODIS: Terra/Aqua



Azul oscuro

Objetivo  
oscuro

MAIAC

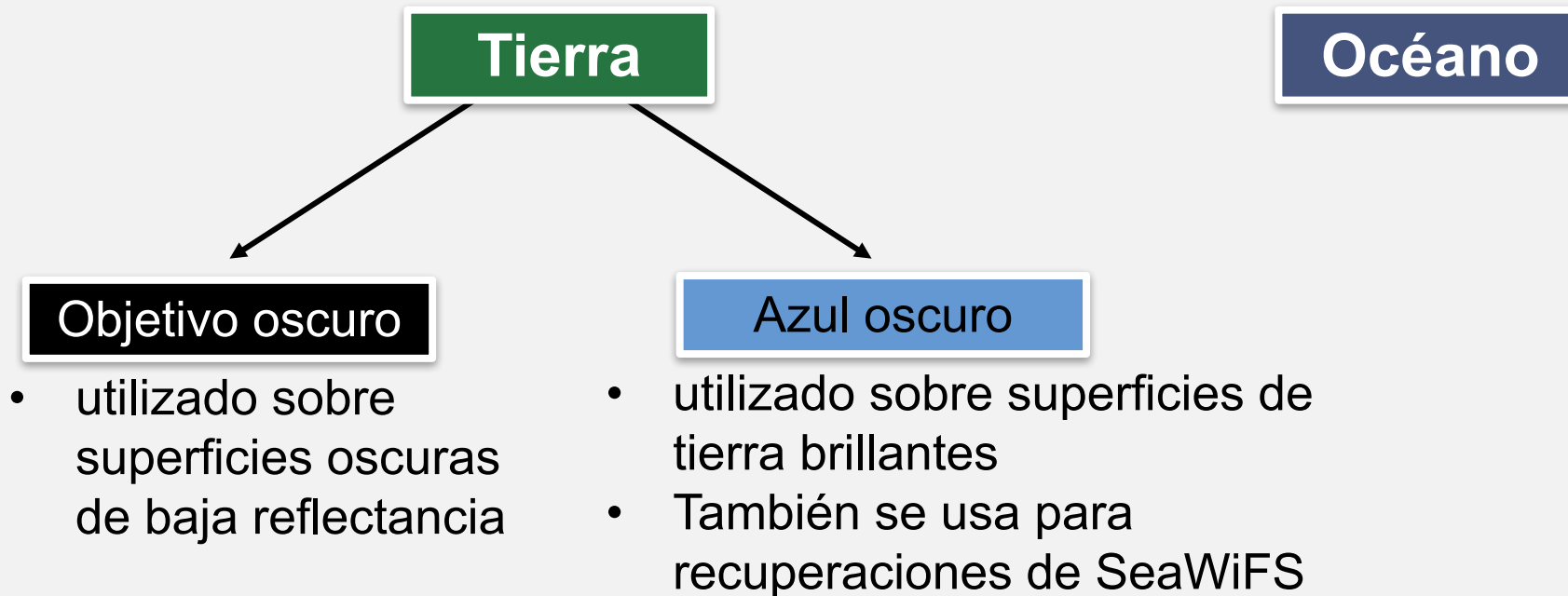
10 km

10 km  
3 km

1 km

# MODIS- Productos de aerosoles

Tres algoritmos separados



- Los productos del objetivo oscuro y del azul oscuro están separados y cuando ambos están disponibles, el usuario debe elegir cuál va a usar
- En la colección 6, hay un producto conjunto que usa un procedimiento automatizado para elegir el producto adecuado



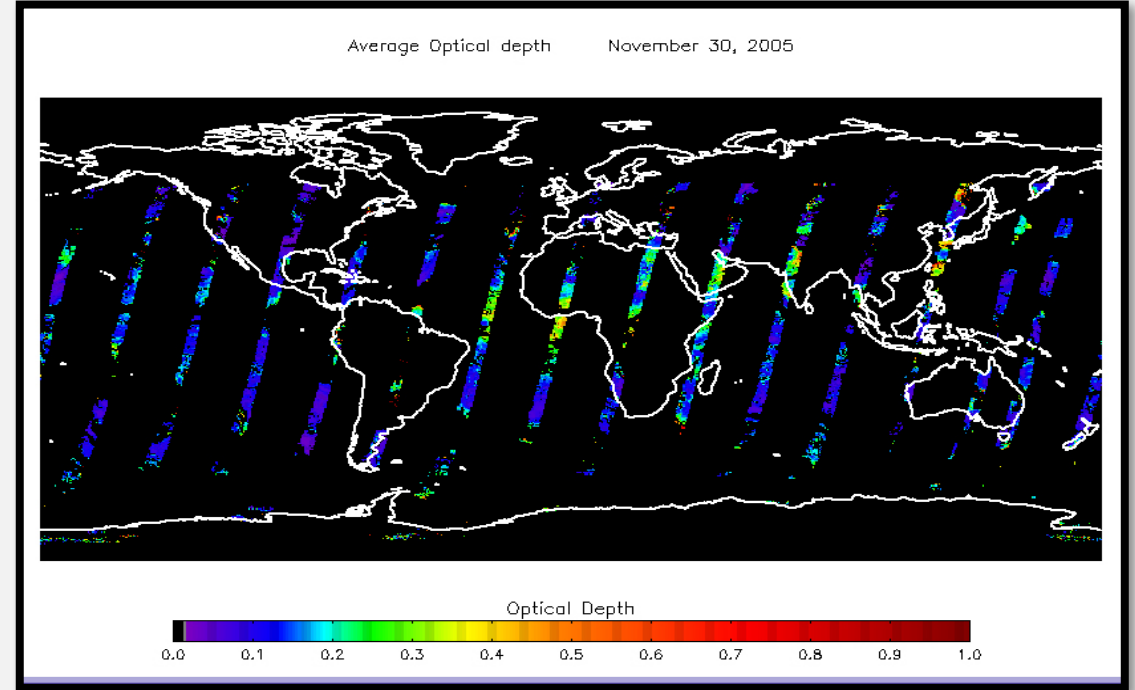
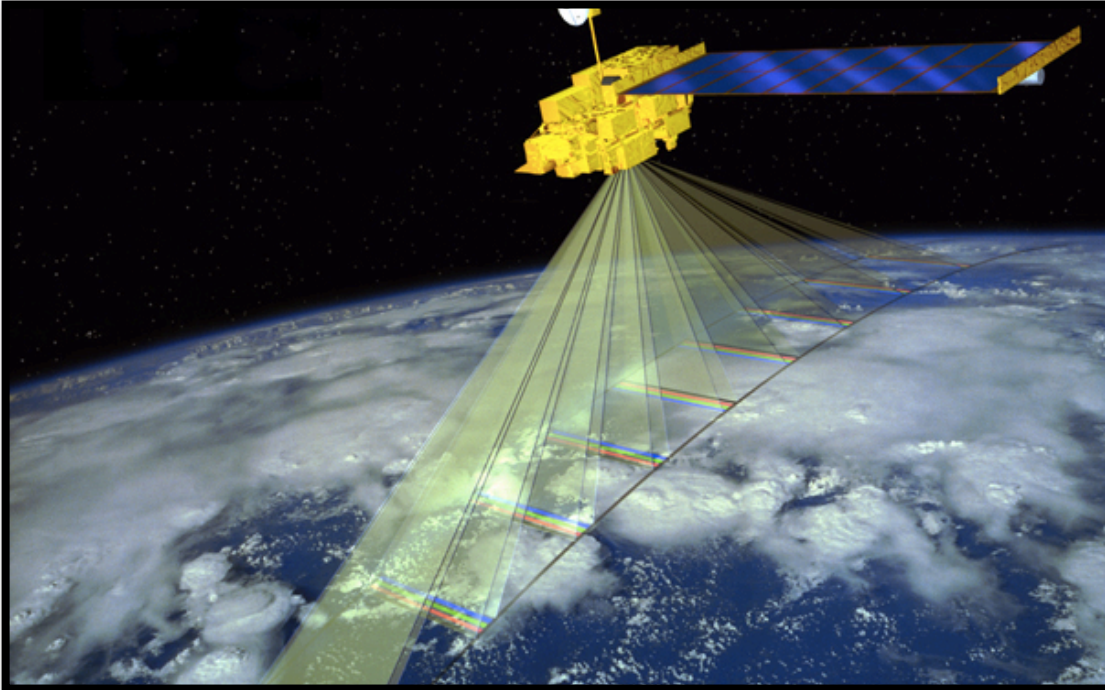
# MODIS

## Un algoritmo adicional – Aún no operativo

- MAIAC: Multi-Angle Implementation of Atmospheric Correction (Implementación multi-ángulo de corrección atmosférica)
- Resolución más alta (1 km) que Objetivo oscuro o Azul oscuro (10 km)
- Basado en series temporales y análisis espacial
- Puede usarse sobre áreas de baja reflectancia y superficies brillantes
- También informa tipos de aerosol (fondo/ humo/ polvo)

# MISR

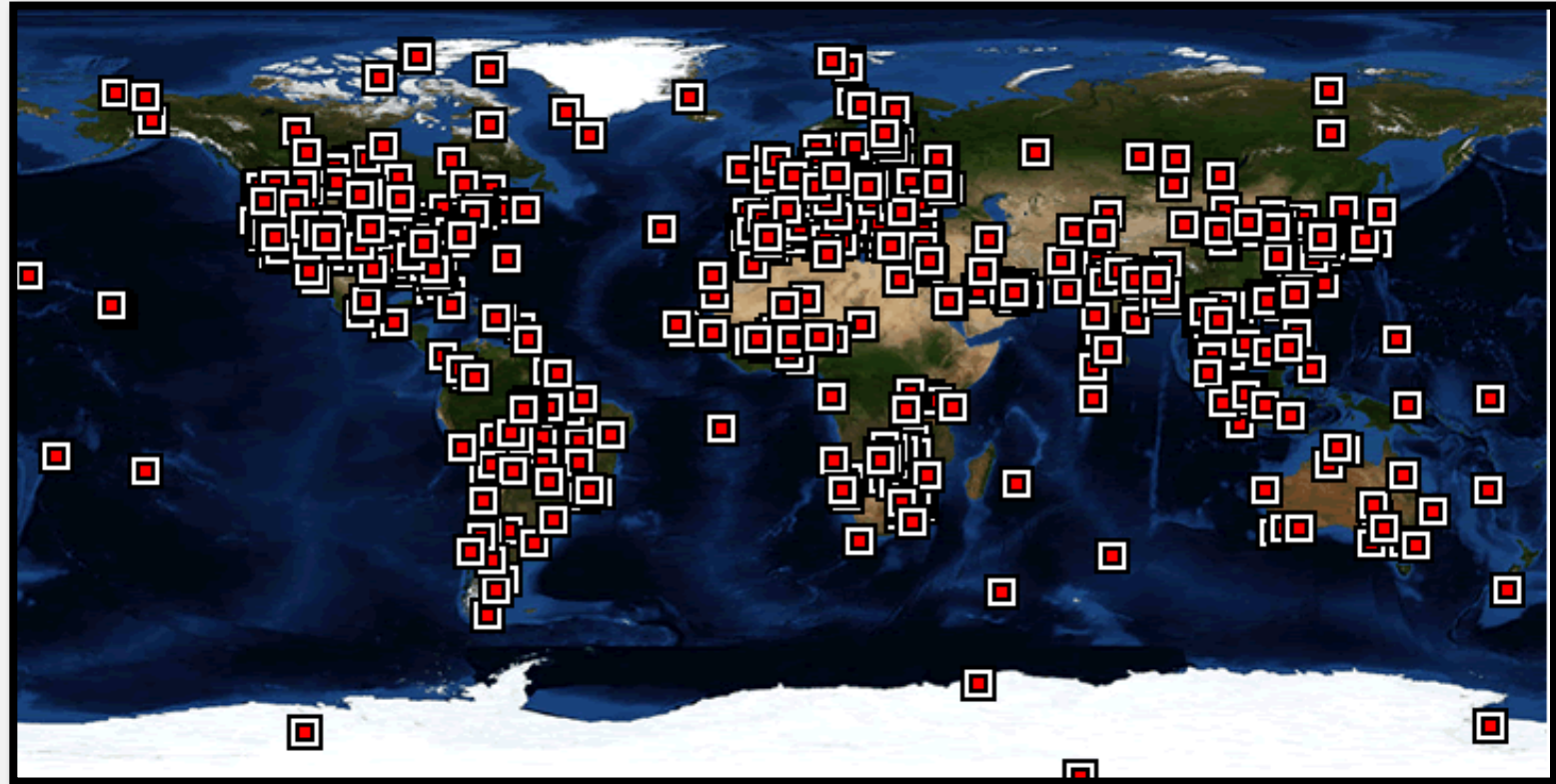
Multi-angle Imaging SpectroRadiometer (Espectrorradiómetro de imágenes multi-ángulo)



# AERONET

## AEROSol Robotic Network

- La red AERONET es una red de fotómetros solares a nivel del suelo
- Brinda observaciones del AOD continuas y que controlan por las nubes

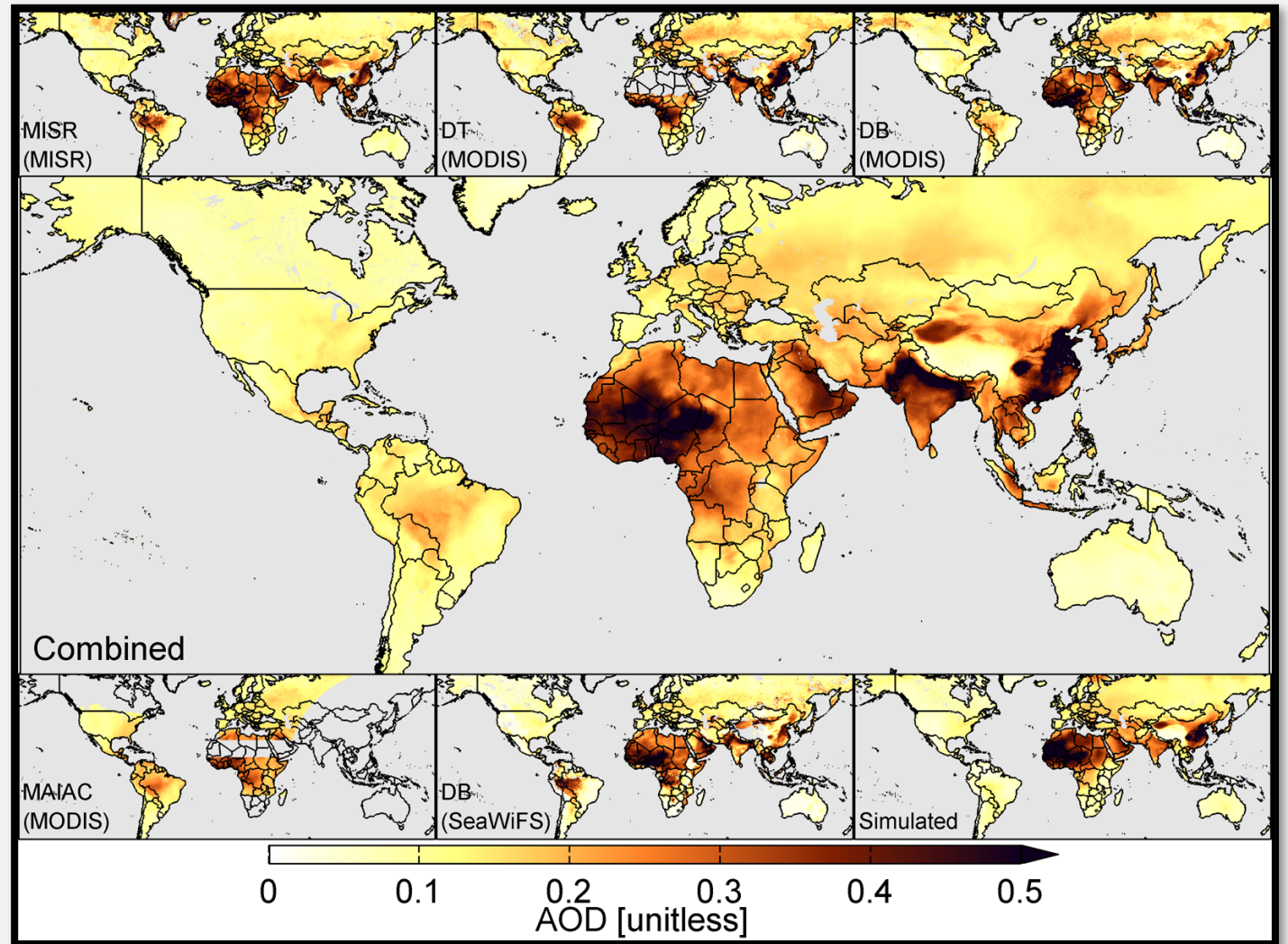
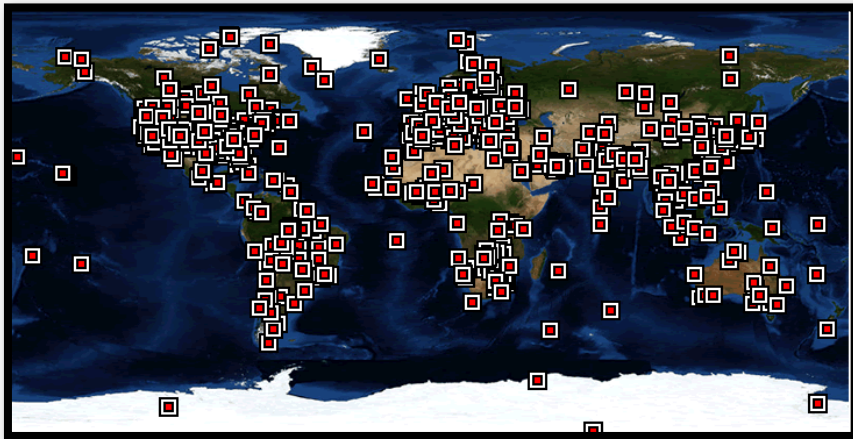


<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>

# Estimación satelital

## Combina estimaciones de AOD

- AERONET se usa para determinar la exactitud de cada fuente del AOD
- Todas las fuentes del AOD se combinan



• The Van Donkelaar product is available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/sdei-global-annual-avg-pm2-5-modis-misr-seawifs-aod-1998-2012>

• Image Credit: Van Donkelaar et al., 2016, Figure 1 (MODIS-Average of Terra and Aqua shown)

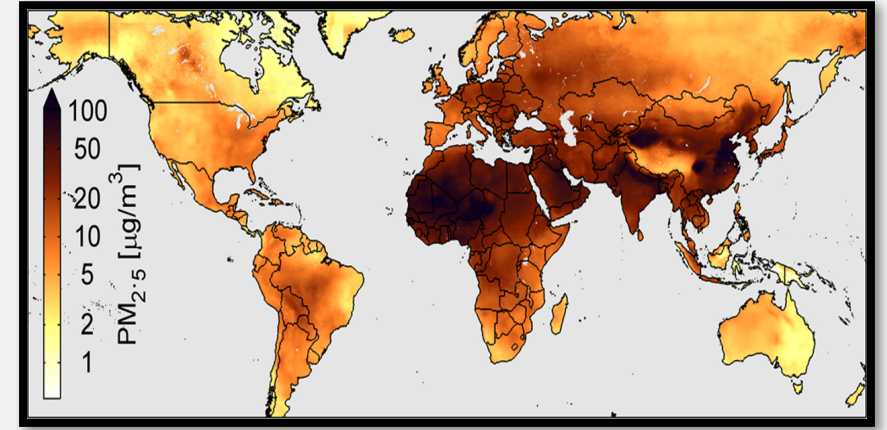
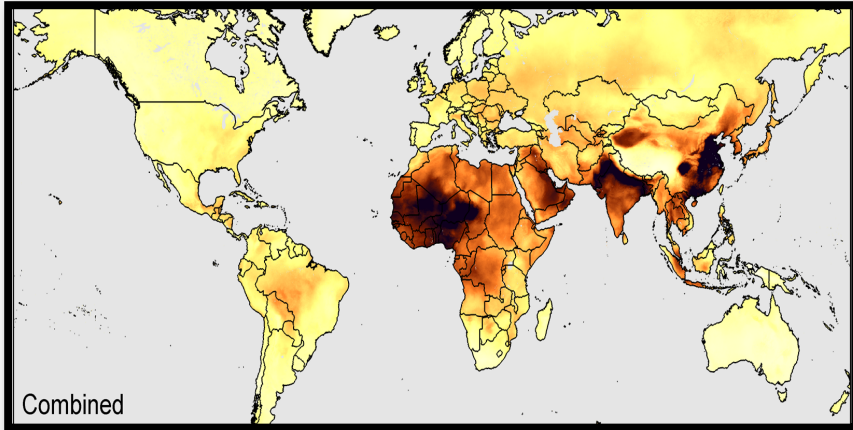
# Estimación satelital

AOD  $\rightarrow$  PM<sub>2.5</sub>

AOD<sub>Satelital</sub> x

$$\left( \frac{\text{PM}_{2.5}}{\text{AOD}} \right)_{\text{Model}}$$

= PM<sub>2.5</sub> obtenido por satélite

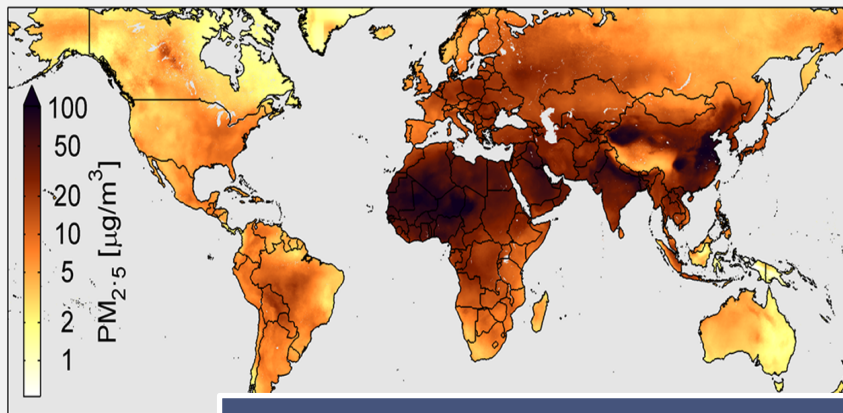


The Van Donkelaar product is available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/sdei-global-annual-avg-pm2-5-modis-misr-seawifs-aod-1998-2012>. Left Image: Van Donkelaar et al., 2016, Figure 1. Right Image: Van Donkelaar et al., 2016, Figure 3

# Estimación satelital

## Regresión geográfica ponderada (Geographic Weighted Regression o GWR)

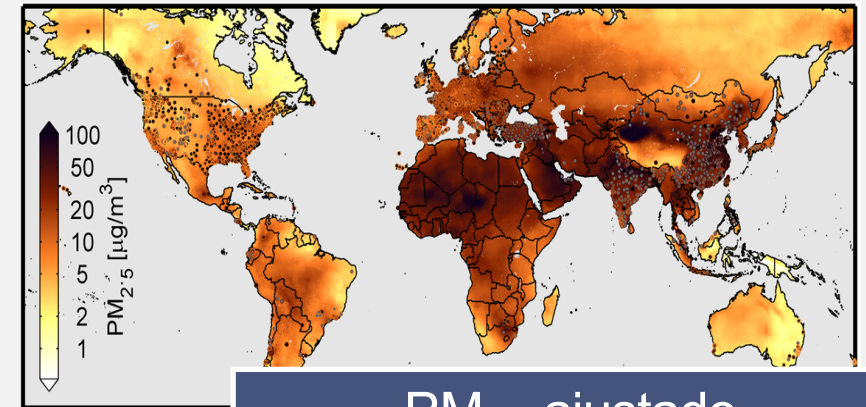
La GWR corrige la estimación satelital usando la relación entre al  $PM_{2.5}$  de monitores a nivel del suelo y variables como composición de aerosoles, modelo, datos de elevación e indicadores de uso de tierras.



$PM_{2.5}$  obtenido por satélites



GWR



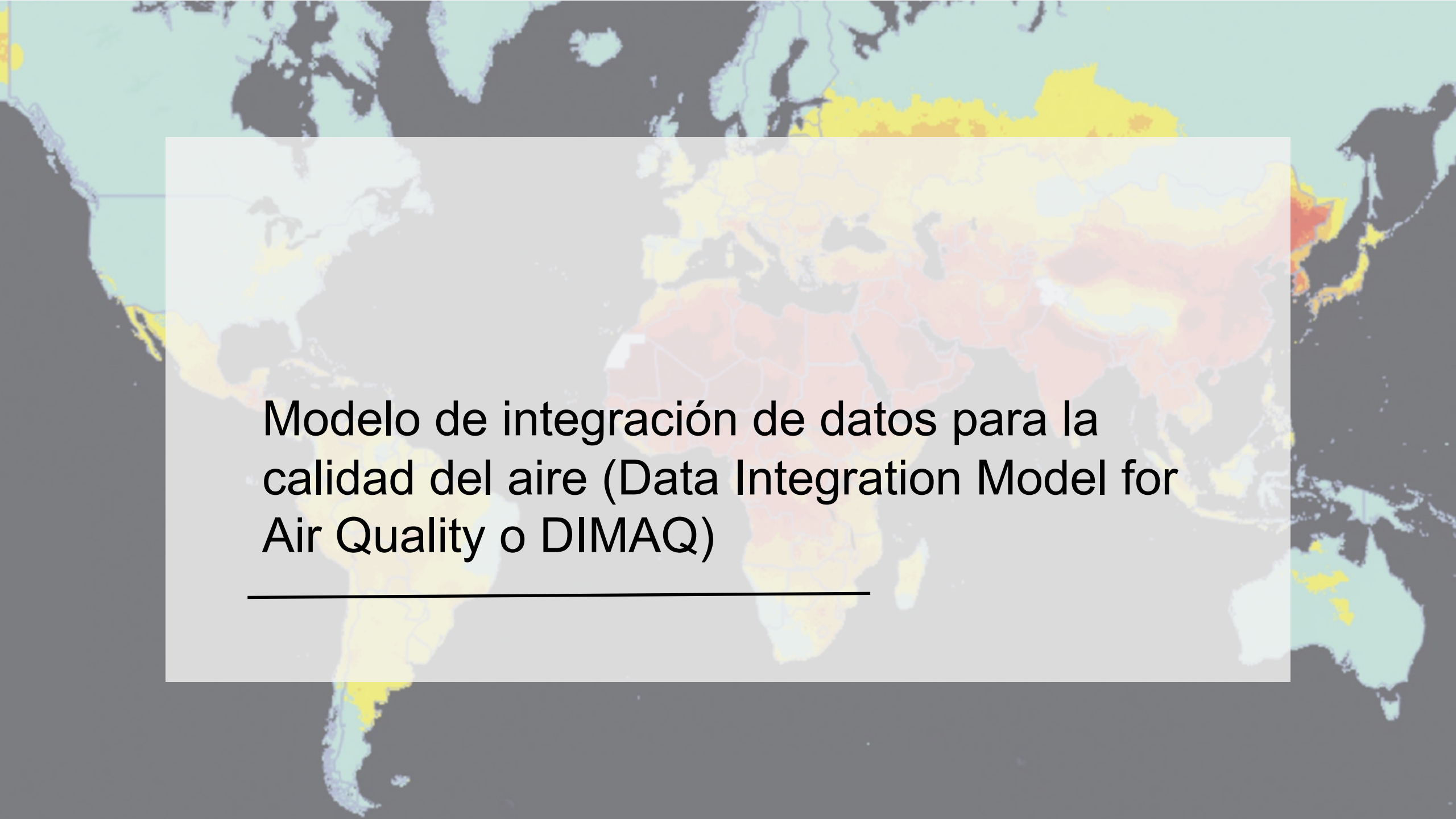
$PM_{2.5}$  ajustado

The Van Donkelaar product is available at: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/sdei-global-annual-avg-pm2-5-modis-misr-seawifs-aod-1998-2012>. Left Image: Van Donkelaar et al., 2016, Figure 3. Right Image: Van Donkelaar et al., 2016, Figure 5

# Estimación satelital

## Limitaciones

- La estimación Van Donkelaar proporciona estimaciones anuales medias de  $PM_{2.5}$
- Puede encontrarse en los dos siguientes lugares:
  - <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/sdei-global-annual-avg-pm2-5-modis-misr-seawifs-aod-1998-2012>
  - [http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page\\_id=140](http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140)
- Sin embargo, éstas y otras estimaciones no brindan un análisis de incertidumbres
- La OMS y la Universidad de Bath (Inglaterra) han liderado el desarrollo del Modelo de integración de datos para la calidad del aire (Data Integration Model for Air Quality o DIMAQ)
  - Este modelo estima  $PM_{2.5}$  junto con sus medidas de incertidumbre asociadas

A world map is shown in the background, with a semi-transparent white rectangular box overlaid on the center. The map uses a color scale from light blue to red to represent data. The text inside the box is in black and reads: "Modelo de integración de datos para la calidad del aire (Data Integration Model for Air Quality o DIMAQ)".

Modelo de integración de datos para la  
calidad del aire (Data Integration Model for  
Air Quality o DIMAQ)

---



# Modelo de integración de datos para la calidad del aire\*



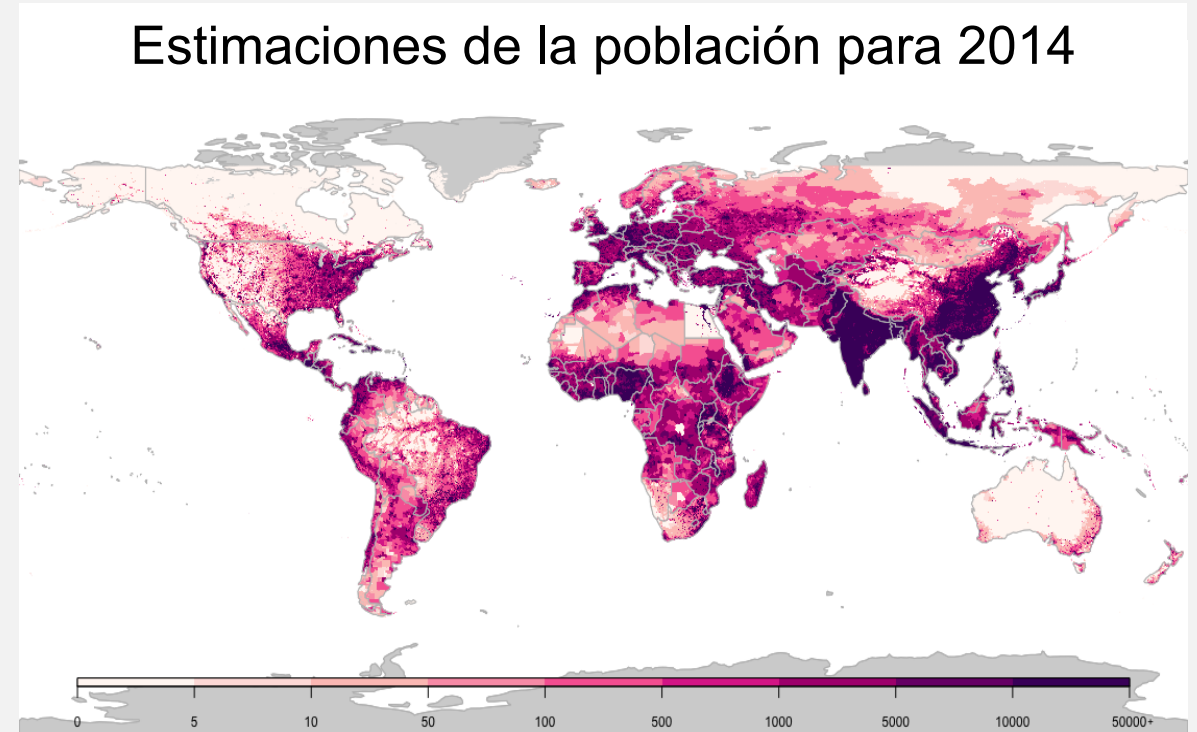
Image Credits: Population: Financial Tribune; Ground Monitor: EPA; Topography: Stephen Reynolds, Arizona State University

\*Data Integration Model for Air Quality (DIMAQ)

# Datos de población

## Población mundial cuadriculada (Gridded Population of the World o GPW)

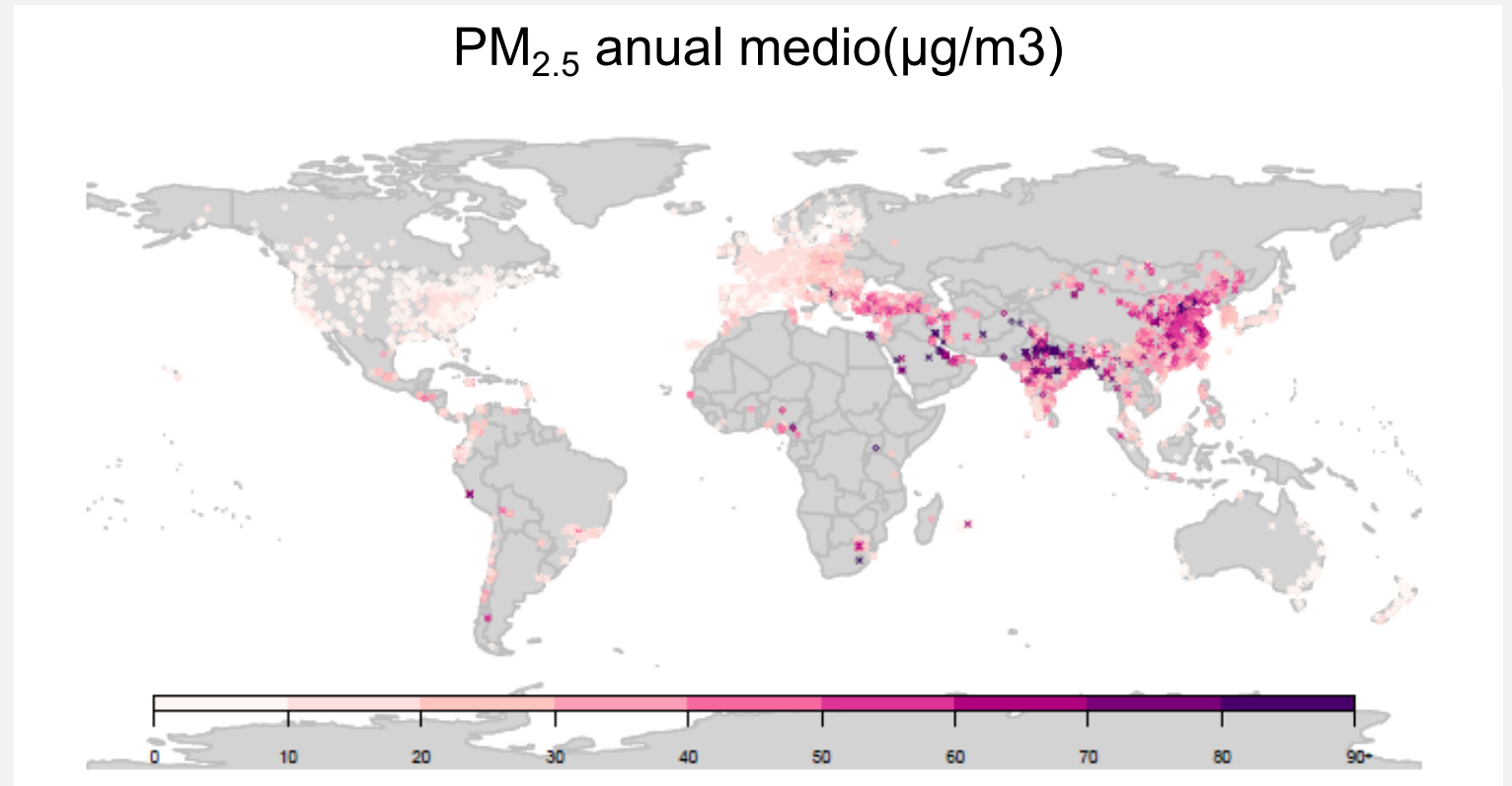
- Datos presentados en resolución de  $0.0417^\circ$  x  $0.0417^\circ$  y agregados a  $0.1^\circ$  x  $0.1^\circ$
- Datos se pueden encontrar en:  
<http://beta.sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/gpw-v4>



Credit: Shaddick et al., 2016, submitted, Figure 4

# Mediciones a nivel del suelo

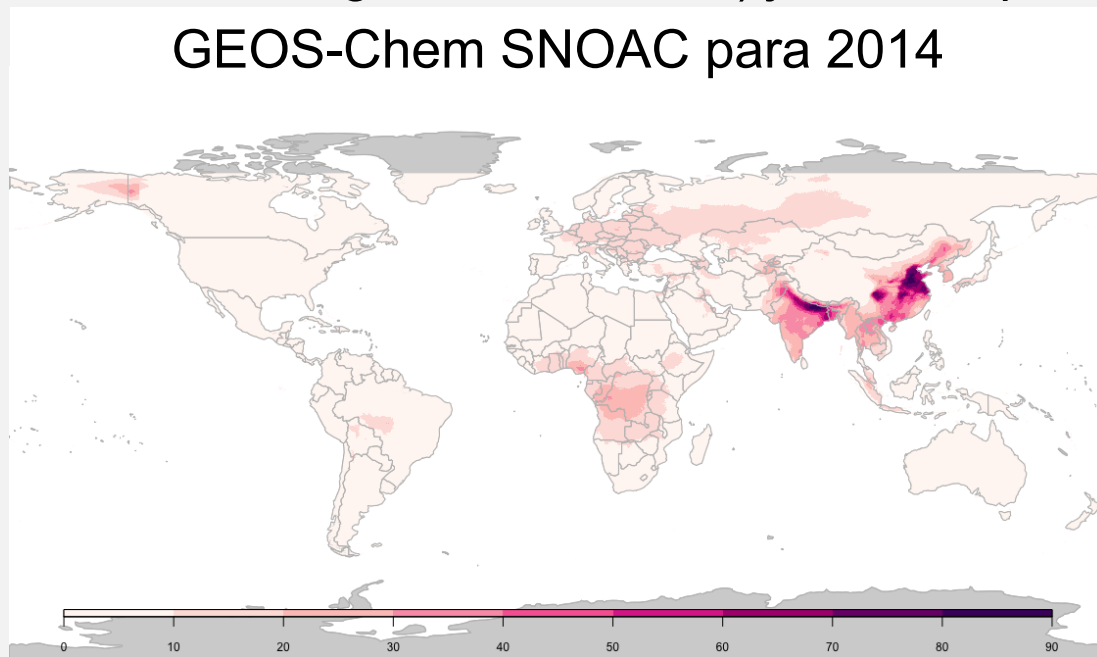
- Su usaron mediciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> de 6,003 monitores a nivel del suelo
- Las ubicaciones y medios anuales de PM<sub>2.5</sub> (o PM<sub>2.5</sub> convertido de PM<sub>10</sub>) se muestran
- Los datos de los monitores son de 2014 (46% de monitores), 2013 (36%), 2012 (9%) y de 2006-2011, 2015 (9%)
- Donde solo hay datos de PM<sub>10</sub>, las observaciones se convirtieron en PM<sub>2.5</sub>



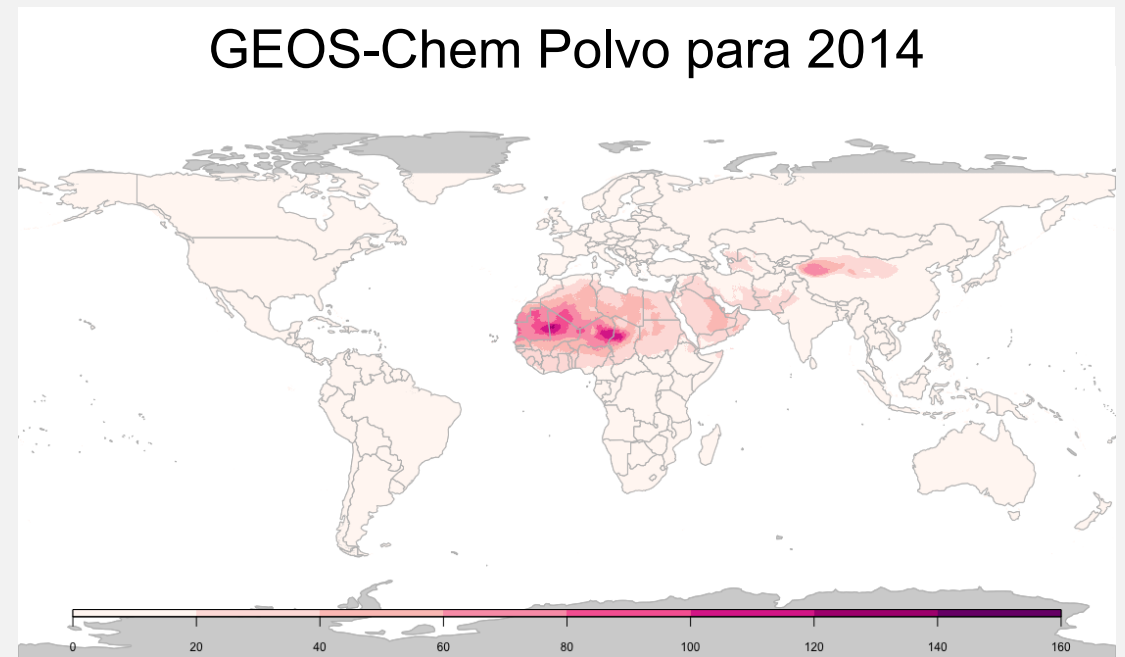
Shaddick et al., 2016, submitted, Figure 1

# Aerosoles simulados

- GEOS-Chem es un modelo de transporte de químicos atmosféricos:  
<http://acmg.seas.harvard.edu/geos/>
- Estimaciones modeladas de la suma de diferentes tipos de aerosoles (sulfato, nitrato, amonio y carbono orgánico - SNAOC) junto con polvo mineral como insumos



Shaddick et al., 2016, submitted, Figure 3b



Shaddick et al., 2016, submitted, Figure 3c

# Topografía y uso de la tierra

**ED**

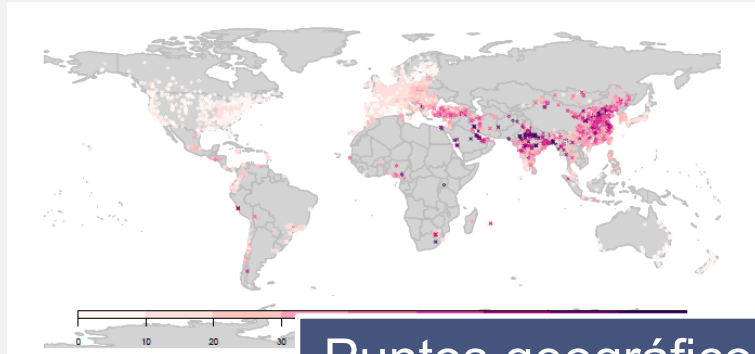
Diferencia en elevación entre un monitor a nivel del suelo y las células de cuadrícula circundantes



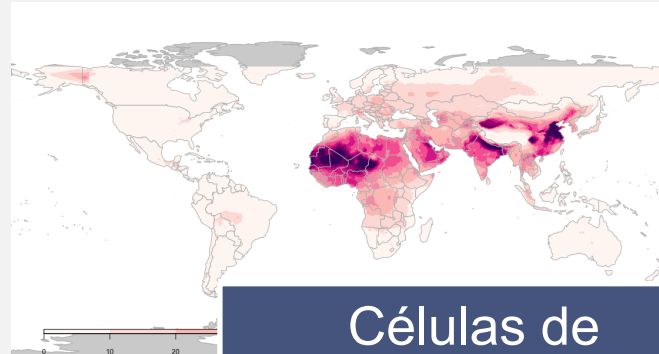
**DU**

Distancia a la superficie urbana más cercana

# Modelo de integración de datos para la calidad del aire (Data Integration Model for Air Quality o DIMAQ)



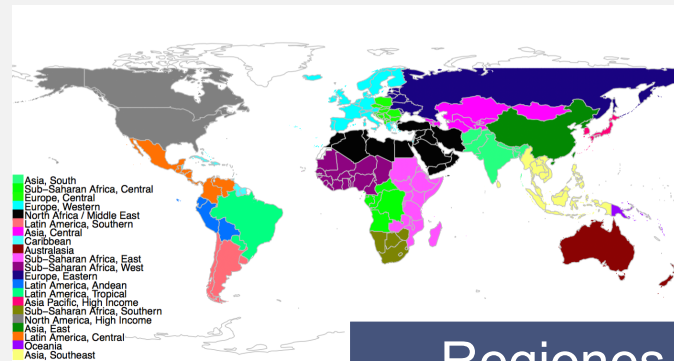
Puntos geográficos



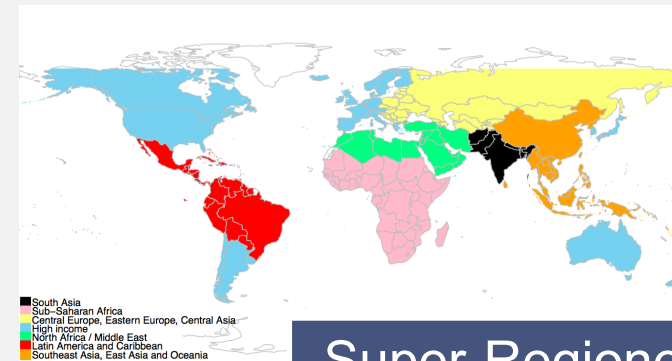
Células de cuadrícula



Países



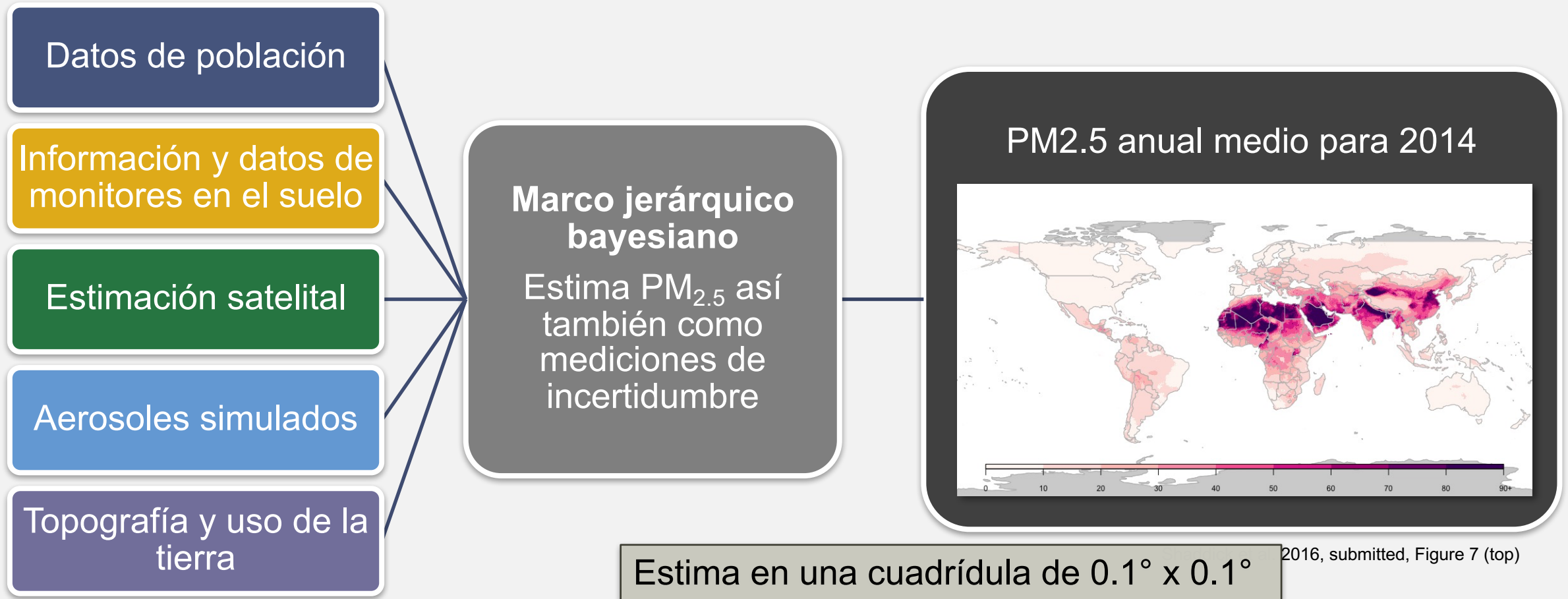
Regiones




Super-Regiones

Image credits: Shaddick et al. 2016, submitted, Figures 1 and 2; prinatble-maps.blogspot.com; Shaddick et al. 2016, submitted, Figures 5a and b.

# Modelo de integración de datos para la calidad del aire (Data Integration Model for Air Quality o DIMAQ)



2016, submitted, Figure 7 (top)

A world map is shown in the background, with a semi-transparent white rectangular box overlaid on the center. The map uses a color gradient from light blue to dark red to represent different data points across the globe. The text box contains the title of the slide in Spanish, followed by a horizontal line.

Herramientas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) disponibles

---



# Donde encontrar y visualizar los datos

## Página en línea de la OMS – Nivel país

The screenshot shows the WHO GHO data page for 'Exposure to ambient air pollution'. The page title is 'Global Health Observatory (GHO) data' and the main heading is 'Exposure to ambient air pollution'. A text block explains that the mean ambient air pollution of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 µm or less (PM2.5) in country urban areas ranges from less than 10 to over 100 µg/m3. In urban areas, the mean concentration of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 µm or less (PM2.5) ranges from less than 10 to over 100 µg/m3, and from less than 10 to over 200 µg/m3 for particulate matter with an aerodynamic diameter of 10 µm or less (PM10).

The page features three main sections:

- Situation at country level:** Includes a world map and a bar chart showing PM2.5 concentrations by country. A red circle highlights the 'View interactive map/graph' link.
- Situation at grid level:** Includes a world map showing PM2.5 concentrations at the grid level. Links include 'View interactive map', 'View data, metadata and detailed methods of estimation'.
- Situation at city level:** Includes a world map showing PM2.5 concentrations at the city level. Links include 'View full size map (PM10)', 'View full size map (PM2.5)', 'View data', and 'Read more'.

On the right side, there is a 'More PHE data products' section with links for 'Maps', 'Reports', 'Country profiles', and 'Links'. A red arrow points from the 'View interactive map/graph' link to the text on the right.

Global Health Observatory (GHO) data > Ambient air pollution

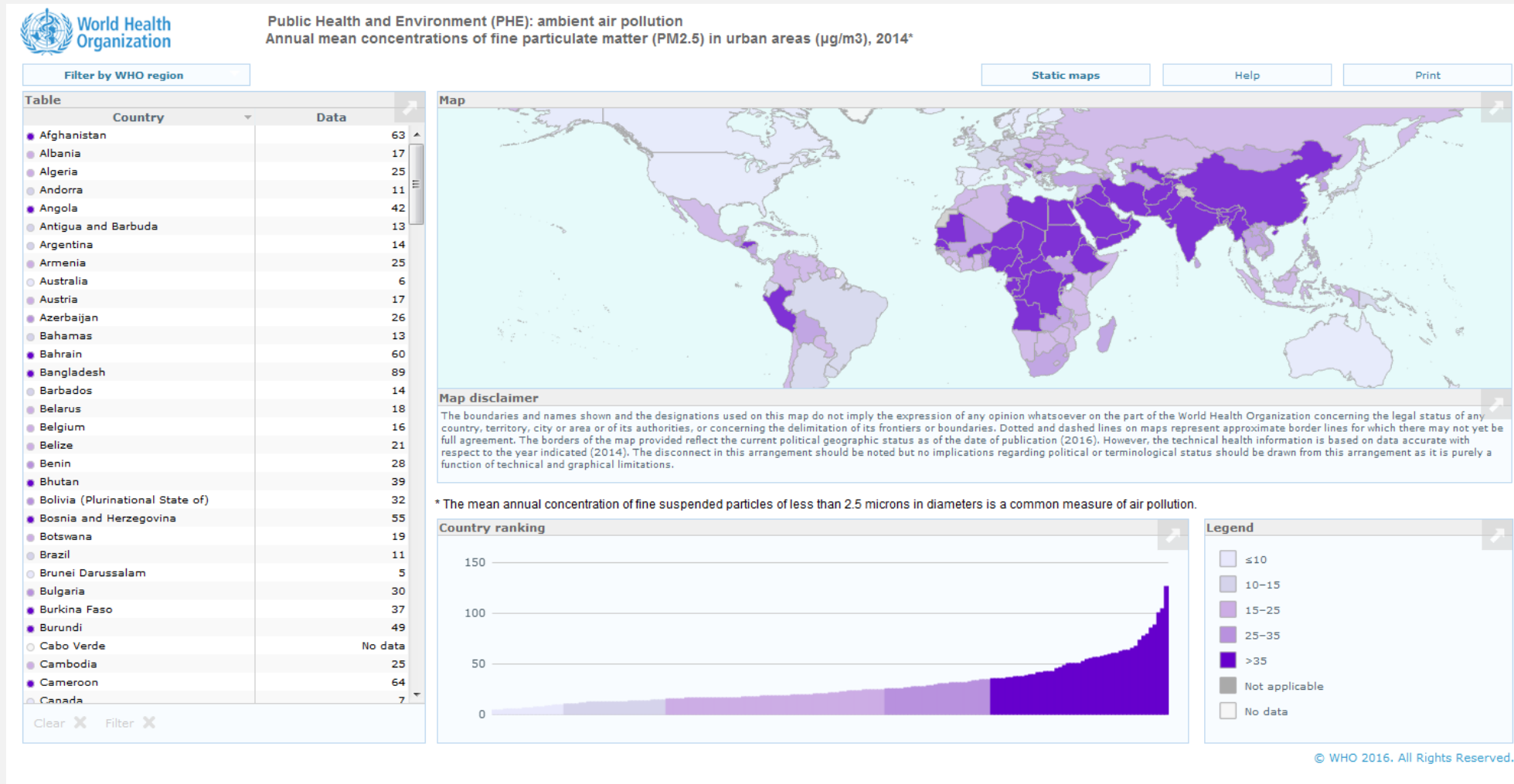
[http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/exposure/en/](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/)

Siga este enlace para descargar datos a nivel de país para 2014:

- Formatos: csv, Excel, html, XML etc.
- También puede filtrar por país y descargar

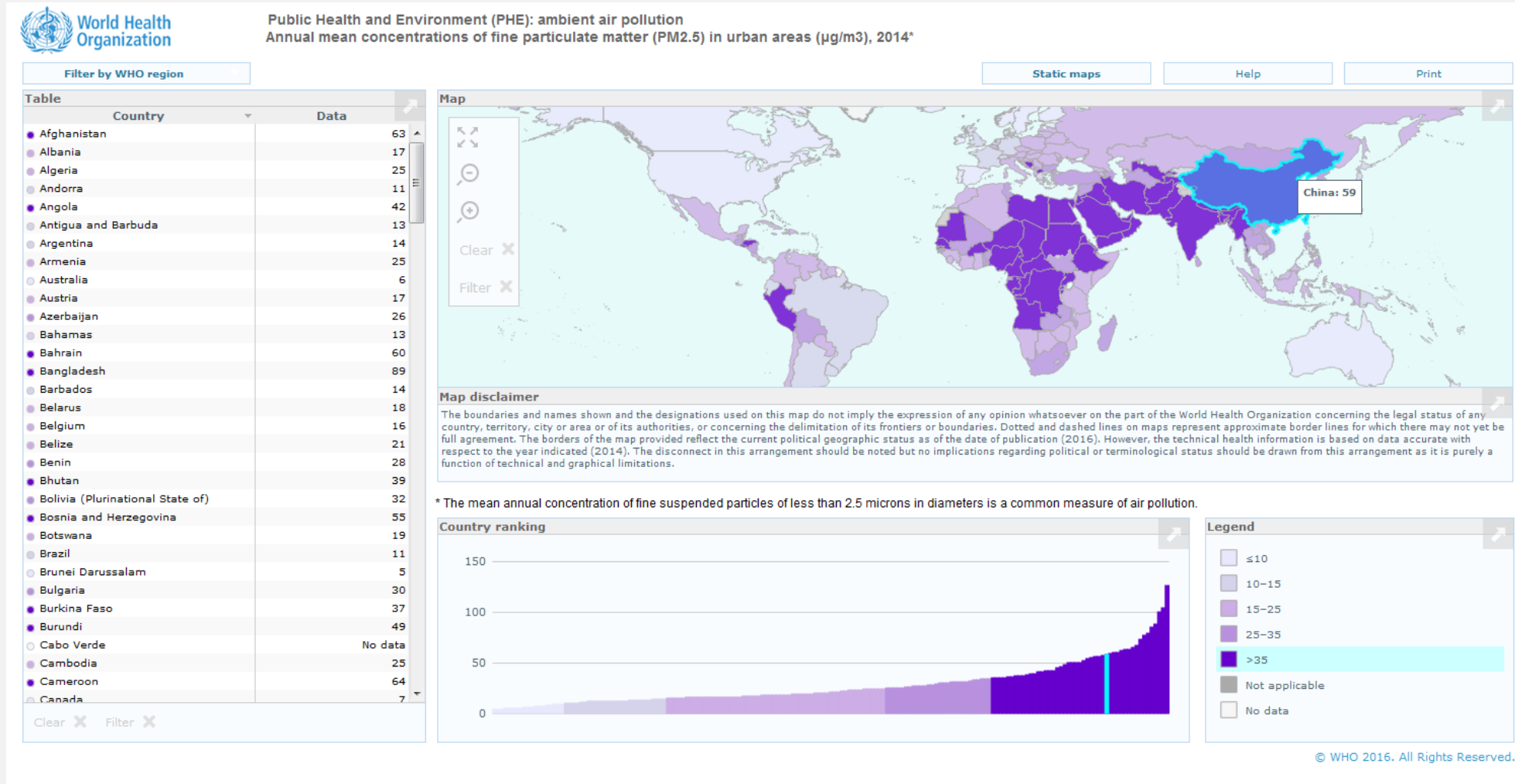
# PM<sub>2.5</sub> a nivel de país

[http://gamapserver.who.int/gho/interactive\\_charts/phe/oap\\_exposure/atlas.html](http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/oap_exposure/atlas.html)



# PM<sub>2.5</sub> a nivel de país

[http://gamapserver.who.int/gho/interactive\\_charts/phe/oap\\_exposure/atlas.html](http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/oap_exposure/atlas.html)



# Donde encontrar y visualizar los datos

## Página en línea de la OMS – Nivel cuadrícula

Global Health Observatory (GHO) data

**Exposure to ambient air pollution**

The mean ambient air pollution of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5  $\mu\text{m}$  or less (PM2.5) in country urban areas ranges from less than 10 to over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In urban areas, the mean concentration of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5  $\mu\text{m}$  or less (PM2.5) ranges from less than 10 to over 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , and from less than 10 to over 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for particulate matter with an aerodynamic diameter of 10  $\mu\text{m}$  or less (PM10)

**Situation at country level**  
View interactive map/graph [↗](#)  
View data  
Read more

**Situation at grid level**  
View interactive map [↗](#)  
View data, metadata and detailed methods of estimation

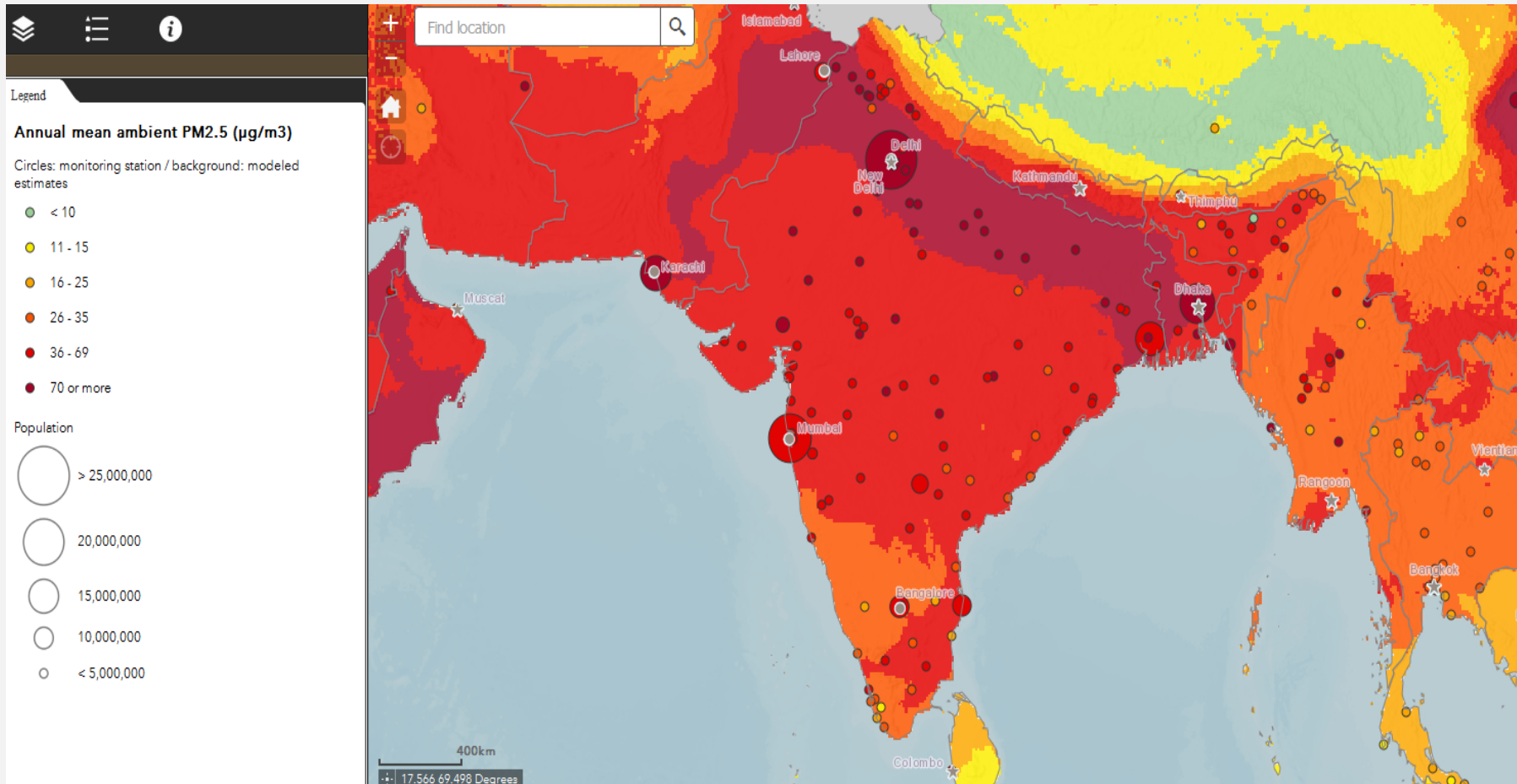
**Situation at city level**  
View full size map (PM10) [↗](#)  
View full size map (PM2.5) [↗](#)  
View data | Read more

Global Health Observatory (GHO) data > Ambient air pollution

[http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/exposure/en/](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/)

# PM<sub>2.5</sub> a nivel cuadrícula

<http://maps.who.int/airpollution/>



El ampliar muestra círculos indicando estaciones de monitoreo

# PM<sub>2.5</sub> a nivel cuadrícula

[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/modelled-estimates/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/modelled-estimates/en/)

## Public health, environmental and social determinants of health (PHE)

- Public health, environmental and social determinants of health
- About us
- News and events
- Health topics**
- Publications

### Modelled Global Ambient Air Pollution estimates

Estimation of global health risks from exposure to ambient air pollution requires a comprehensive set of air pollution exposure data covering all inhabited areas. The recently developed Data Integration Model for Air Quality (DIMAQ) has produced estimates based on data from ground measurements together with information from other sources including data from satellite retrievals of aerosol optical depth and chemical transport models. It provides estimates of annual exposures of PM2.5 levels at high spatial resolution (0.1° × 0.1°, which equates to approximately 11x11km at the equator) globally.

The sources of data include: Ground measurements from 6 003 monitoring locations around the world, satellite remote sensing; population estimates; topography; and information on local monitoring networks and measures of specific contributors of air pollution from chemical transport models. The DIMAQ model calibrates data from these sources with ground measurements. This model has provided produced estimates of air quality, expressed in terms of median concentrations of PM2.5, for all regions of the world, including areas in which PM2.5 monitoring is not available.

This model has been developed by an international group of experts, and led by the University of Bath and WHO.

- [Global ambient air pollution map](#)  Global map containing both modelled and monitored annual mean PM2.5 levels.
- [DIMAQ database, 2014 data](#)  csv, 51.33Mb  
Contains the following rows: longitude, latitude, country code, PM2.5 (annual average PM2.5 in µg/m3, for 2014)
- [Detailed methods for DIMAQ](#)  Data Integration Model for Air Quality: A Hierarchical Approach to the Global Estimation of Exposures to Ambient Air Pollution
- [Meta-data file for DIMAQ](#)  xlsx, 156kb

Share icons:      

#### Related links

- [Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease](#)
- [More on ambient air pollution](#)

← Mapa de la diapositiva anterior

← archivo .csv con estimaciones de PM2.5 en cuadrícula

← Enlace a ponencia Shaddick et al. de 2016

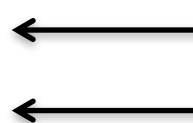
← Metadatos para estimaciones de PM2.5

# Donde encontrar y visualizar los datos

## Página en línea de la OMS – Nivel ciudad

The screenshot shows the WHO GHO data page for 'Exposure to ambient air pollution'. The page is titled 'Global Health Observatory (GHO) data' and 'Exposure to ambient air pollution'. It features a navigation menu on the left with links to 'Global Health Observatory data', 'Data repository', 'Reports', 'Country statistics', 'Map gallery', and 'Standards'. The main content area includes a descriptive paragraph about ambient air pollution, a world map showing PM10 and PM2.5 concentrations, and three sections: 'Situation at country level', 'Situation at grid level', and 'Situation at city level'. The 'Situation at city level' section has two red boxes highlighting the links 'View full size map (PM10)' and 'View full size map (PM2.5)', and another red box highlighting the 'View data | Read more' link. A 'More PHE data products' sidebar is also visible on the right.

[http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/exposure/en/](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/)

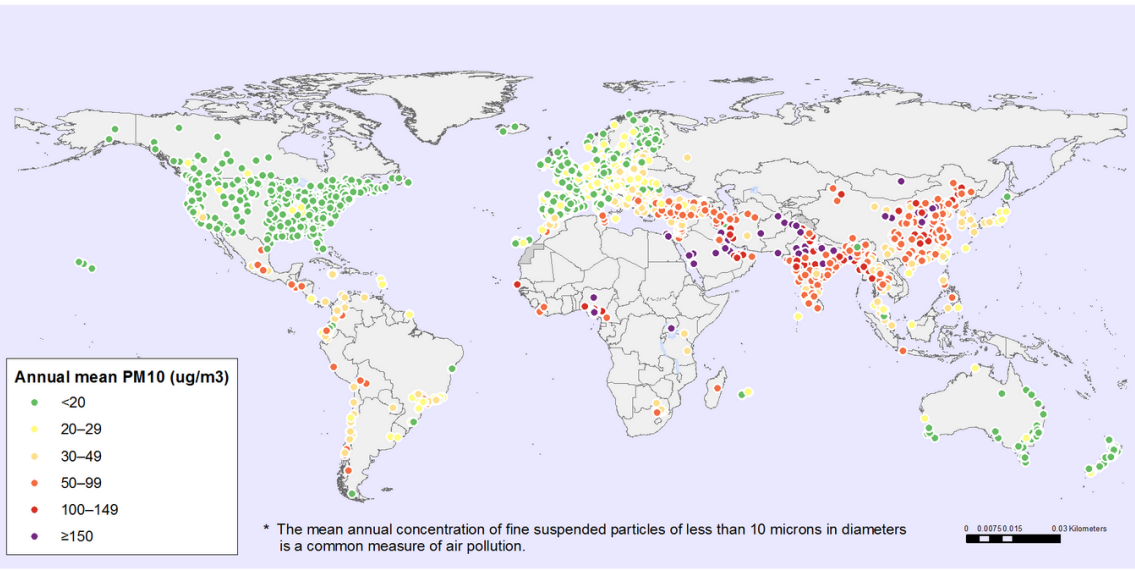


Mapas de PM10 and PM<sub>2.5</sub> a nivel ciudad  
archivo .csv con medios anuales a nivel ciudad

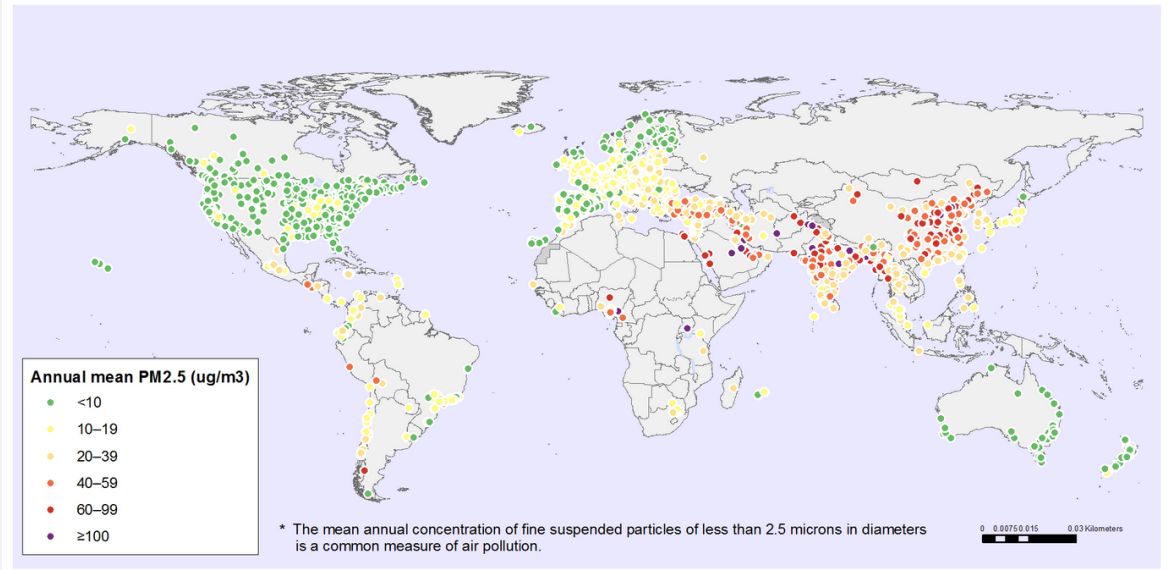
# PM<sub>2.5</sub> a nivel ciudad

[http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/exposure/en/](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/)

Concentration of particulate matter with an aerodynamic diameter of 10 µm or less (PM10) in nearly 3000 urban areas\*, 2008–2015



Concentration of particulate matter with an aerodynamic diameter of 2.5 µm or less (PM2.5) in nearly 3000 urban areas\*, 2008–2015





# Dónde encontrar los datos

## Centro de validación de datos NASA Aura

- El Dr. Pawan Gupta ha creado subconjuntos de datos en cuadrícula del DIMAQ por país
- Los archivos.csv para países individuales están disponibles en:
  - [http://avdc.gsfc.nasa.gov/pub/tmp/WHO\\_PM25\\_2014\\_COUNTRY\\_DATA/](http://avdc.gsfc.nasa.gov/pub/tmp/WHO_PM25_2014_COUNTRY_DATA/)
- También hay un archivo readme.txt

Tarea – a entregarse hasta el 28 de marzo de 2017

Inglés: <http://goo.gl/forms/Xzoz8BD6S9VxnCTv2>

Español: <http://goo.gl/forms/EeHbZxArdecnvajd2>

- Todo el material estará disponible en:

<https://arset.gsfc.nasa.gov/airquality/webinars/AQ-SDG-17>

# La próxima semana: Análisis de estudios de caso

- Antes de la sesión de la próxima semana, cada participante debe:
  - Descargar los archivos .csv por país:  
[http://avdc.gsfc.nasa.gov/pub/tmp/WHO\\_PM25\\_2014\\_COUNTRY\\_DATA/](http://avdc.gsfc.nasa.gov/pub/tmp/WHO_PM25_2014_COUNTRY_DATA/)
  - Descargar cualquier archivo shapefile de resolución más fina nivel condado/ciudad aparte de lo que se proporciona
  - Instalar la programación QGIS: <http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>
- Usando el conjunto de datos en cuadrícula disponible y a programación QGIS, cada usuario:
- Mapear el indicador cuadrículado de PM2.5 para un país
- Cambiar la escala cromática
- Explorar una variedad de formas de crear subconjuntos de los datos
- Extraer un subconjunto de datos
- Computar estadísticas básicas de los datos en cuadrícula del país o de un subconjunto de su elección