

Seminário Latinoamericano:  
Instrumentos y metodologias para un  
observatório de Clima y su impacto en la  
salud humana

*Sergio Ibarra-Espinosa, Universidade de São Paulo,  
sergio.ibarra@usp.br, ibarraespinosa.github.io*

*2019-09-09*



# Contents

<b>Curso de R, contaminacion atmosferica y mas</b>	<b>5</b>
Aprender Git . . . . .	5
Clonar este contenido . . . . .	5
<b>1 Sistemas de informacion con datos de salud en Chile</b>	<b>7</b>
1.1 Encuesta Nacional de Salud (ENS) . . . . .	7
1.2 Departamento de Estadisticas e Informaciones de Salud . . . . .	8
1.3 Encuesta de caracterizacion socioeconomica (CASEN) . . . . .	9
1.4 Estadisticas generales . . . . .	9
1.5 CEPAL STAT . . . . .	9
1.6 Banco Interamericano de Desarrollo . . . . .	9
1.7 Datos de contaminacion atmosferica y meteorologia . . . . .	9
1.8 Algunos ejemplos de datos de series de tiempo . . . . .	9
<b>2 Impacto de las emisiones antropogénicas en la calidad del aire y clima</b>	<b>11</b>
2.1 Contaminacion atmosferica - Introduccion . . . . .	12
2.2 Contaminantes atmosfericos . . . . .	15
2.3 Forzantes climaticos y gases de efecto invernadero . . . . .	20
2.4 Emisiones y sus fuentes . . . . .	27
2.5 Nuevos modelos de emisiones: VEIN . . . . .	35
2.6 Nuevos datos, satelites y modelacion inversa . . . . .	35
<b>3 Taller VECTORES: Aplicación de software de información geográfica y modelado (no terminado)</b>	<b>39</b>
3.1 Instalacion . . . . .	39
3.2 R desde Excel, libreoffice, archivos de text, etc. . . . .	40
3.3 Representacion de objetos espaciales . . . . .	41
<b>4 Taller RASTER Y CUBOS DE DATOS VECTORIALES: Aplicación de software de información geográfica y modelado (no terminado)</b>	<b>43</b>
<b>5 Estudios de series de tiempo para asociar salud y variables am-</b>	

<b>bientales</b>	<b>45</b>
5.1 Distribucion . . . . .	45
5.2 Efecto de la contaminacion . . . . .	46
5.3 Efecto de la temperatura . . . . .	47

# Curso de R, contaminacion atmosferica y mas

Este curso online contendra las siguientes informaciones

- Sistemas de informacion con datos de salud en Chile (gracias Paty Matus)
- Impacto de las emisiones antropogenicas en la salud y clima
- R desde Excel
- Leer y procesar vectores espaciales con **sf** (Pebesma, 2018)
- Leer y procesar informacion en grillas espaciales (raster) con stars(Pebesma, 2019) y raster(Hijmans, 2019)

## Aprender Git

Para aprender GIT puedes ver:

- <https://git-scm.com/book/es/v1/Empezando>
- <https://learngitbranching.js.org/>
- <https://try.github.io/>

## Clonar este contenido

Para clonar este contenido haz:

```
git clone https://github.com/ibarraespinosa/UBA.git
```



# Chapter 1

## Sistemas de informacion con datos de salud en Chile

- Sistema de información en salud existentes
- Enfasis en las fuentes de información y las escala temporal/espacial que manejan
- Series de tiempo disponible por fuente
- Instituciones a cargo de la captura, procesamiento y análisis
- Disponibilidad de los datos e indicadores que producen
- Otros

### 1.1 Encuesta Nacional de Salud (ENS)

La ENS es una encuesta realizada por el Ministerio de Salud para identificar cuales son las enfermedades que sufren y los tratamientos que reciben todas las personas con mas de 15 años que viven en Chile. De esta forma es posible es posible realizar diagnosticos, identificar problemas y formular politicas planes y proyectos para mejor la salud de las personas.

- *Organismo responsable:* Ministerio de Salud, Departamento de Epidemiología  
Gobierno de Chile.
- *Organismo ejecutor:* Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC).
- *Población objetivo:* Personas de 15 años y más, chilenas o extranjeras que residen habitualmente en viviendas particulares ocupadas, localizadas en zonas urbanas y rurales de las quince regiones de Chile.

## 8CHAPTER 1. SISTEMAS DE INFORMACION CON DATOS DE SALUD EN CHILE

- *Representatividad:* Nacional, regional y Urbano/Rural.
- *Modo de aplicación:* Entrevista personal en hogar (Sistema de captura electrónica: Tablet), aplicada por encuestador y profesional enfermera de acuerdo al tipo de cuestionario.
- *Período de trabajo de campo:* Agosto 2016 a marzo 2017
- *Tamaño muestral:* 6.233 encuestados, de los cuales 5.520 cuentan con exámenes de laboratorio de acuerdo a protocolo. 37,1% hombres, 62,9% mujeres.
- *Error muestral:* Error absoluto de muestreo de 2,6% a nivel nacional, raíz del efecto de diseño de 1,797, estimaciones con 95% de confianza y error relativo inferior a 30%.

Algunos resultados:

- Consumo de tabaco: 66,7% no fuma, 33,% fuma.
- Consumo riesgoso de alcohol 11,7%, 20,5% hombres, 3,3% mujeres.
- Sedentarismo: 86,7%, 83,3% hombre, 90,0% mujeres.
- Estado nutricional: 1,3% enfraquecido, 24,5% normal, 39,8% sobrepeso, 31,2% obeso, 3,2% obeso morbido.
- Sospecha de hipertension: 27,6%.
- Sospecha de diabetes: 12,3%.
- Autoreporte de infarto agudo al miocardio: 3,3%.
- Autoreporte de ataque cerebro vascular: 2,6%.

Fuentes:

- [https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/11/ENS-2016-17\\_PRIMEROS-RESULTADOS.pdf](https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2017/11/ENS-2016-17_PRIMEROS-RESULTADOS.pdf)
- [https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/01/2-Resultados-ENS\\_MINSAL\\_31\\_01\\_2018.pdf](https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/01/2-Resultados-ENS_MINSAL_31_01_2018.pdf)
- <http://www.encuestas.uc.cl/ens/index.html>

## 1.2 Departamento de Estadísticas e Informaciones de Salud

- Resúmenes estadísticos mensuales (REM). Vea el manual
- Defunciones
- Egresos
- Nacimientos
- Atenciones de urgencia
- Enfermedades de notificación obligatoria
- Enfermedades transmitidas por alimentos

### *1.3. ENCUESTA DE CARACTERIZACION SOCIOECONOMICA (CASEN)9*

- Tuberculosis

## **1.3 Encuesta de caracterizacion socioeconomica (CASEN)**

“La Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen) del Ministerio de Desarrollo Social es una encuesta a hogares, de carácter multipropósito, es decir, que abarca diversos temas como educación, trabajo, ingresos, salud, entre otros; además es una encuesta transversal, por lo tanto, incluye a todo el espectro de la población del país.”

## **1.4 Estadisticas generales**

- Instituto Nacional de Estadísticas

## **1.5 CEPAL STAT**

- Estadísticos e indicadores
- Perfiles Nacionales
- Publicaciones y estadísticas

## **1.6 Banco Interamericano de Desarrollo**

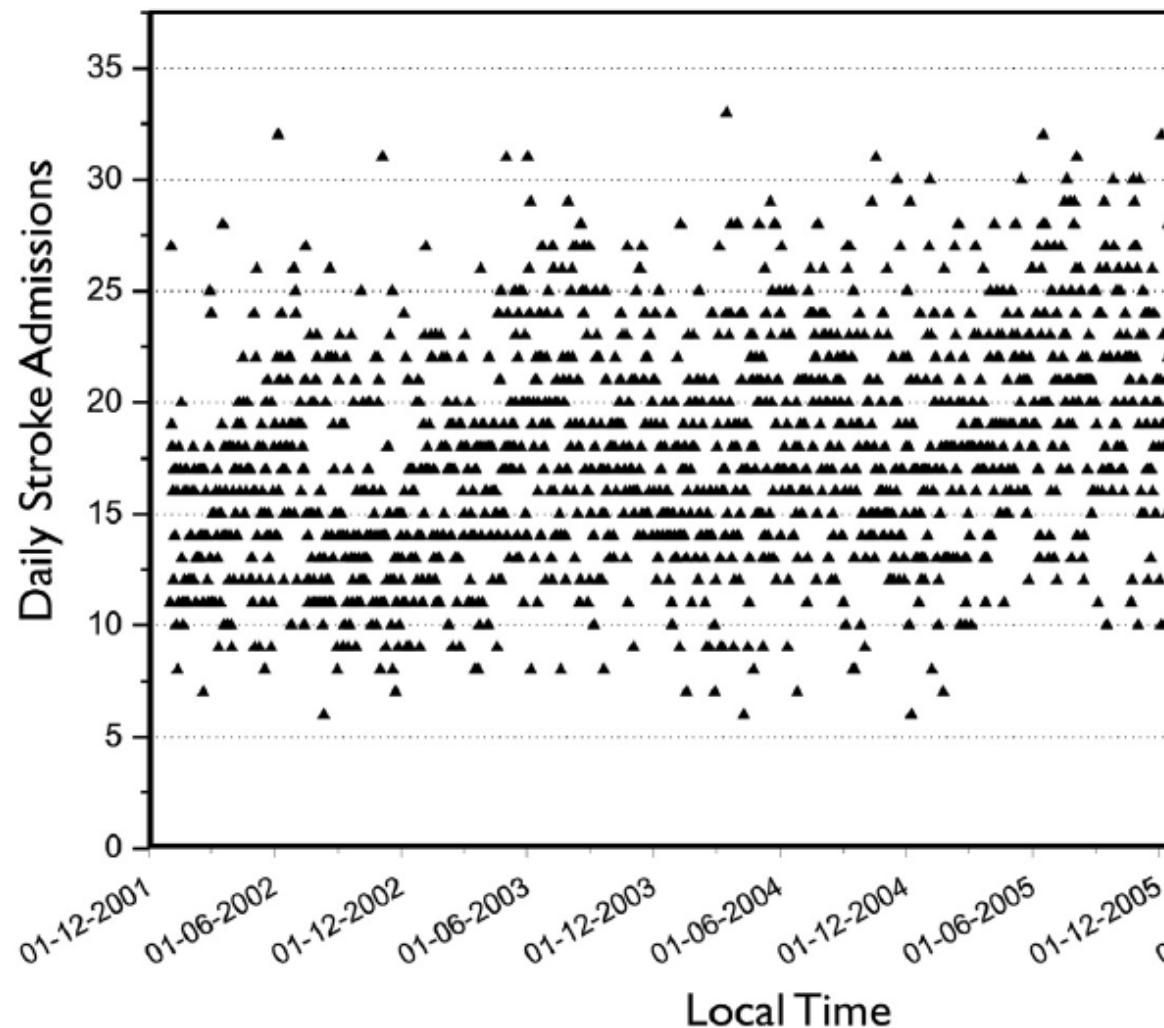
- Educacion
- Mercado Laboral
- Ingreso
- Pobreza
- Demografia

## **1.7 Datos de contaminacion atmosferica y meteorologia**

- SINCA
- QUALAR
- Claro que existen diferentes datos de salidas de los modelos climáticos.

## **1.8 Algunos ejemplos de datos de series de tiempo**

Efecto de la contaminación atmosférica sobre los accidentes cerebrovasculares



**Fig. 2.** The daily stroke admissions in Santiago during the study period

Figure 1.1: Accidentes Cerebro Vasculares Chile (Leiva et al., 2013)

## Chapter 2

# Impacto de las emisiones antropogénicas en la calidad del aire y clima

La contaminacion es una amenaza a la salud global que causo 9 millones de muertes en 2015, 16% de las muertes (Landrigan et al., 2018). Ademas, existe consenso cientifico de la existencia y relacion con la actividad humana sobre el cambio climatico (Cook et al., 2016). Tanto la contaminacion atmosferica como los gases de efecto invernadero, conocidos tambien como forzantes climaticos de vida corta y larga son causados por compuestos quimicos liberados en la atmosfera, las llamadas emisiones. Por lo tanto, es importante realziar y entender la caracterizacion espacial y temporal de las emisiones, asi como sus efectos en la salud y en el clima.

La atmosfera es una delgada capa sobre la tierra, 50% de su masa esta 5.6 km esta compuestos por varios gases (Brasseur and Jacob, 2017), cuya composicion es:

Gas	Razon molar $mol \cdot mol^{-1}$	Principal fuente y comentarios (Brasseur et al., 1999)
Nitrogeno ( $N_2$ )	0.78	Biologica
Oxigeno ( $O_2$ )	0.21	Biologica
Argon ( $A_r$ )	0.0093	Inerte
Dioxido de carbono ( $CO_2$ )	$400 \cdot 10^{-6}$	Combustion, oceano, biosfera

Gas	Razon molar $mol \cdot mol^{-1}$	Principal fuente y comentarios (Brasseur et al., 1999)
Neon ( $N_e$ )	$18 \cdot 10^{-6}$	Inerte
Ozono ( $O_3$ )	$0.01 - 10 \cdot 10^{-6}$	Fotoquimico
Helio ( $H_e$ )	$5.2 \cdot 10^{-6}$	Inerte
Metano ( $CH_4$ )	$1.8 \cdot 10^{-6}$	Biogenico y antropogenico
Hidrogeno ( $H_2$ )	$500 \cdot 10^{-9}$	Biogenico, antropogenico y fotoquimico
Oxido nitroso ( $N_2O$ )	$330 \cdot 10^{-9}$	Biogenico y antropogenico

## 2.1 Contaminacion atmosferica - Introduccion

“La contaminación del aire es un determinante importante de la salud. La OMS estima que en 2012 alrededor de 1 de cada 8 muertes se atribuyeron a la exposición a la contaminación del aire, lo que lo convierte en el mayor factor de riesgo ambiental para la mala salud.”(OMS, 2019)

La ciencia de la contaminacion atmosferica, si bien reciente, ha sido desarrollada debido a los avances de en la comprension de la meteorologia. Problemas relacionados con la contaminacion atmosferica han sido descritos en obras literarias y cartas a lo largo de la historia. Por ejemplo, se cree que el primer caso reportado sobre los efectos de la contaminacion atmosférica en la salud es sobre Gaius Plinius Secundus, Geografo, (AD 23-AD 79), quien habria fallecido los efectos de la **emisiones** del volcan Vesuvius (Pulses and Helsinga, 2010; Wikipedia contributors, 2019d). La erupcion del volcan Vesuvius duro 19 horas, con altura de lacolumna entre 14 y 32 km y deposicion de material piroplastico de hasta  $2500 \text{ kg} \cdot m^{-2}$  (Macedonio et al., 1988).

Sin embargo han sido los grandes episodios de contaminacion los que han gatillado su estudio y gestion por parte de los tomadores de decisiones. Entre ellos se pueden mencionar el desastre de Londres 1952 y la acidificacion de los lagos escandinavos.

### 2.1.1 El desastre de Londres 1952

Altas concentraciones de contaminantes fueron ocurrieron entre el 5 y 9 de Diciembre de 1952 en Londres, Inglaterra. Para comparacion, vea el monumento “Columna de Nelson” en condiciones normales(Wikipedia contributors, 2019e), y el dia de la llamada “Gran Niebla de Londres”(Wikipedia contributors, 2019b)



Figure 2.1: An eruption of Vesuvius seen from Portici, by Joseph Wright (ca. 1774-6), Dominio Publico

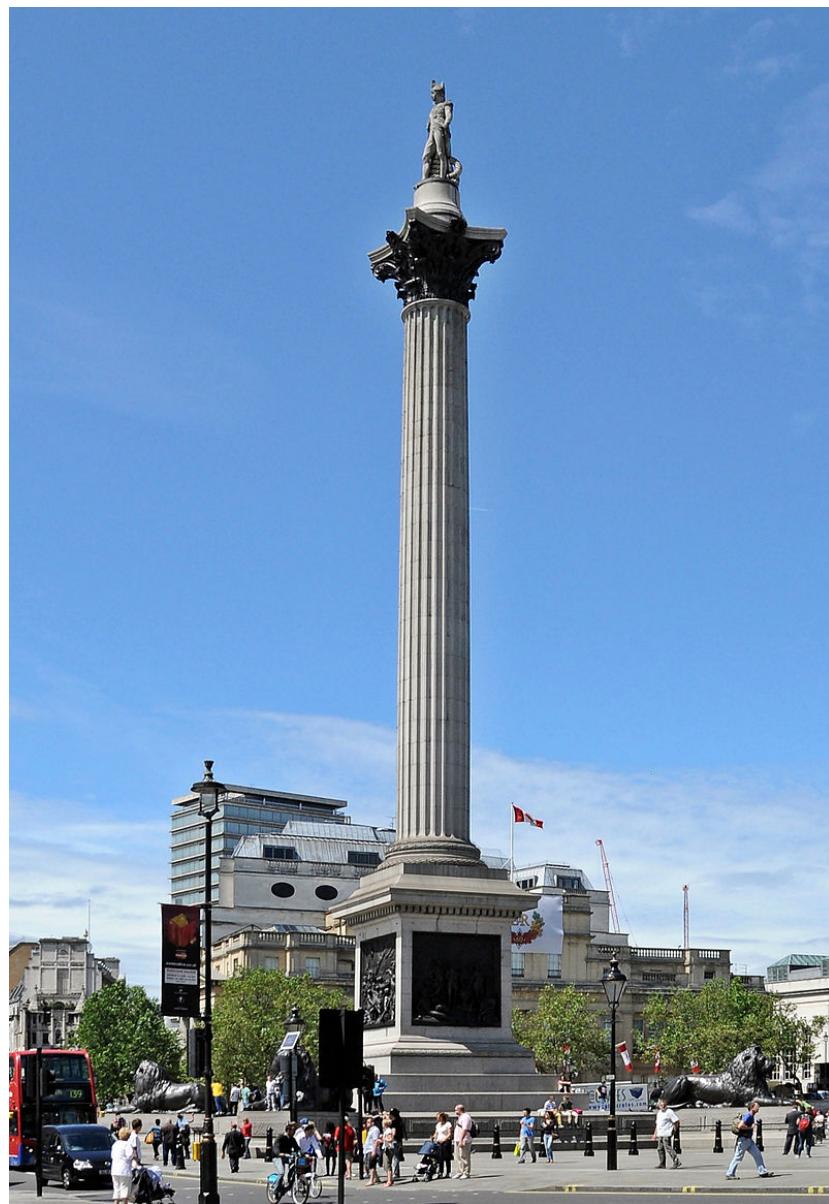


Figure 2.2: Columna de Nelson, Dominio Público



Figure 2.3: Columna de Nelson durante la Gran Niebla de 1952, Dominio Publico

#### 2.1.1.1 Consecuencias

A pesar que durante la fecha, las autoridades no consideraron el efecto de la contaminacion, este evento si causoo gran impacto en la comunidad (Wikipedia contributors, 2019c). Estudios posteriores cuantificaron un impacto en **12.000 muertos** asociados a este episodio de contaminacion (Bell and Davis, 2001).

*comentarios?*

#### 2.1.1.2 CLRTAP

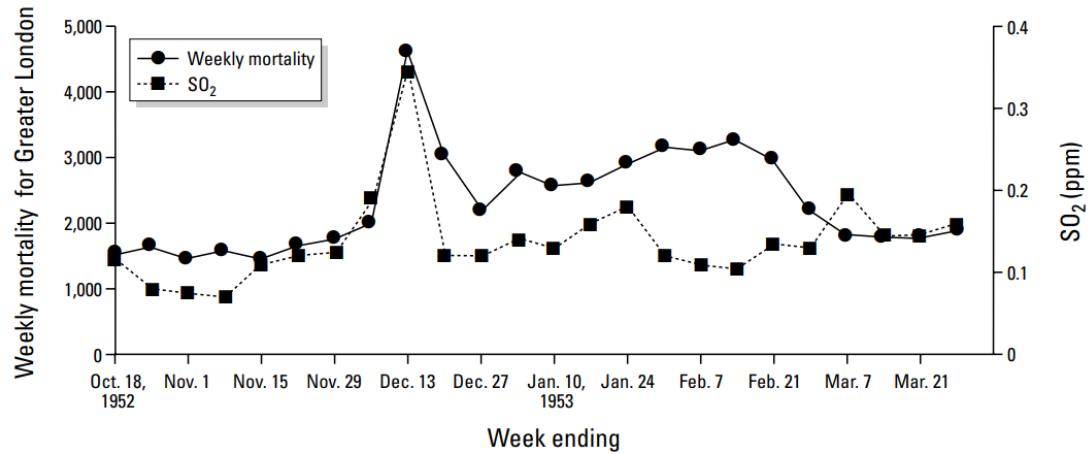
```
## Tarea / Tema de casa / Homework:  
## [1] "Investigue que es, causas, consecuencias y politica ambiental asociada a CLRTAP"
```

## 2.2 Contaminantes atmosfericos

Las emisiones liberadas a la atmosfera impactan la salud, meteorologia y clima en diferentes escalas como se ve en la siguiente figura.

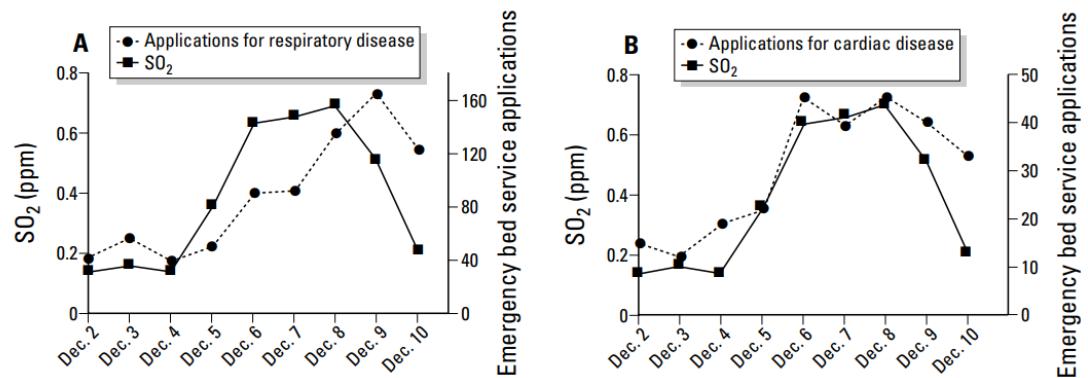
Por lo tanto para entender las emisiones necesitamos responder las siguientes preguntas:

- Que?
- Como?



**Figure 1.** Approximate weekly mortality and SO<sub>2</sub> concentrations for Greater London, 1952–1953.

Figure 2.4: Mortalidad semanal y concentraciones de SO<sub>2</sub> en Lobres 1952 (Bell and Davis, 2001)



**Figure 4.** (A) SO<sub>2</sub> and emergency bed service applications for respiratory disease for Greater London, 1952. (B) SO<sub>2</sub> and emergency bed service applications for cardiac disease for Greater London, 1952.

Figure 2.5: Mortalidad semanal y concentraciones de SO<sub>2</sub> en Lobres 1952 (Bell and Davis, 2001)

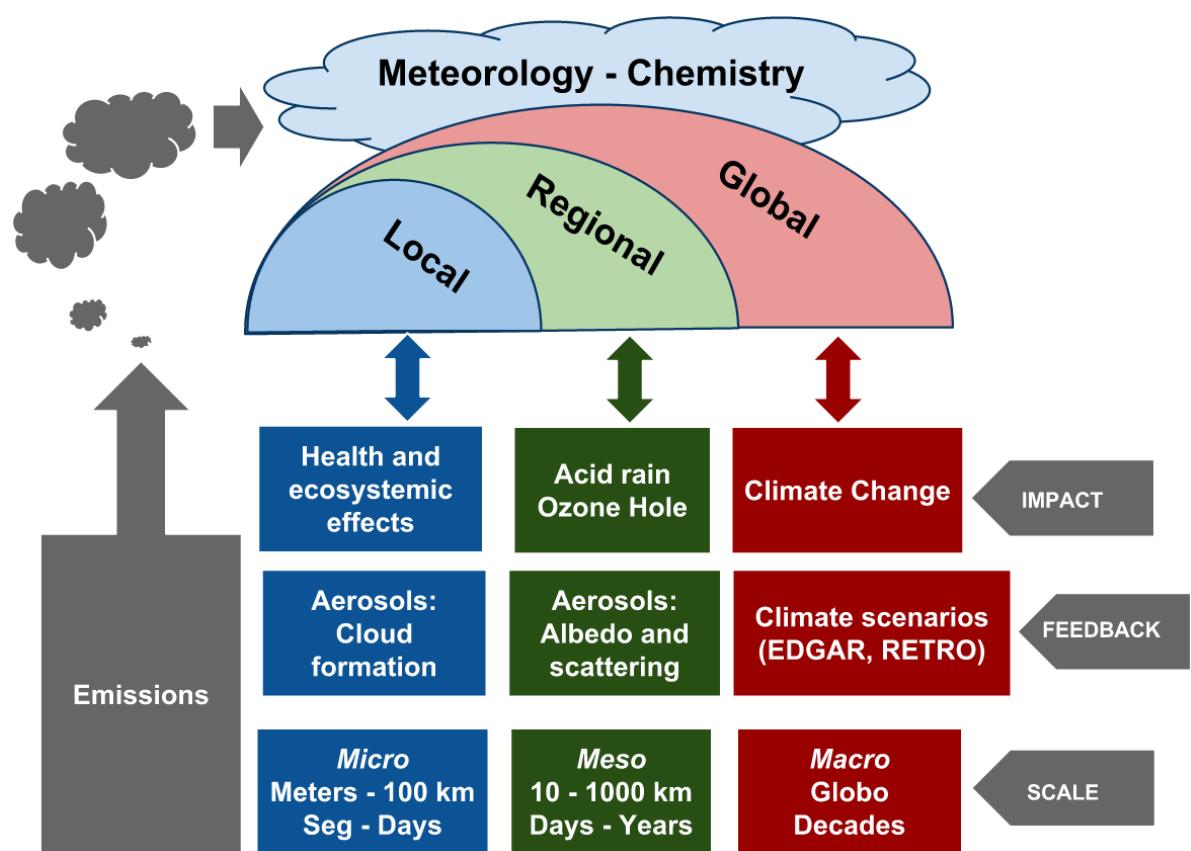


Figure 2.6: Esquema de impacto de emisiones (Ibarra, 2017)

- Cuando?
- Donde?

Los contaminantes atmosfericos suelen ser clasificados como:

- Primarios: emitidos directamente en la atmosfera. Ejemplo: CO.
- Secundarios: formados en la atmosfera. Ejemplo:  $O_3$ .

Existen muchos contaminantes atmosfericos de interes cientifico como

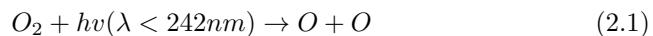
- Ozono  $O_3$
- Monoxido de Carbono  $CO$
- Radicales de Oxidos de nitrogeno  $NO_X \equiv NO + NO_2$
- Compuestos organicos volatiles  $COV$
- Radicales de Halogeno
- Especies de azufre  $SO_2$ ,  $SO_4$ ,  $H_2SO_4$
- Aersoles

**Cada contaminante tiene un extenso cuerpo teorico. En esta parte del curso nos referiremos brevemente al  $O_3$ , aerosoles y especies de azufre, sin embargo, el estudiante puede revisar la bibliografia para se aprofundar.**

### 2.2.1 Ozono $O_3$

Respecto del ozono es necesario mencionar que existen dos tipos, el estratosferico (bueno) y el troposferico (malo), como es expicado por Brasseur and Jacob (2017).

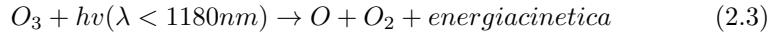
El ciclo deo ozono troposferico comienza con la fotolisis de lamolecula de oxigeno debido a radiacion solar de longitud de onda minimo 242 nm. Posteriormente, un atomo de oxigeno se combina con otra molecula de oxigeno para formar ozono. La molecula M (cuerpo inerte, como  $N_2$  o  $O_2$ ) estabiliza la molecula de  $O_3$  recien formada.



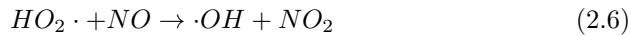
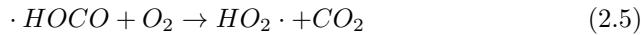
El Ozono luego es fotolizado a un atomo de oxigeno y una molecula de oxigeno ante radiacion menor a 1180 nm, liberando energia cinetica (Wikipedia contributors, 2019f).

En el caso del ozono troposferico, la reaccion comienza quando el radical hidroxilo  $\cdot OH$  oxida el  $CO$  generando el radical  $\cdot HOCO$  que es inestable y reacciona rapidamente con  $O_2$  generando el peroxy radical  $\cdot HO_2$  y  $CO_2$ . El peroxy radical reacciona oxida  $NO$  generando  $NO_2$  y un radical hidroxilo. Luego el  $NO_2$  es

fotolizado liberando un atomo de oxigeno que reacciona con la molecula de  $O_2$  generando  $O_3$ .



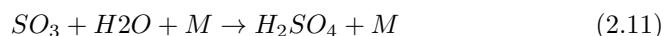
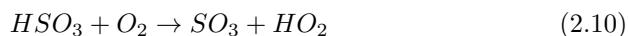
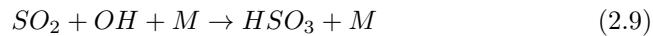
En el caso del ozono troposferico, los ingredientes principales son radiacion solar,  $NO_x$  y compuestos organicos volatiles (Wikipedia contributors, 2019g).



Los mecanismos mostrados son un resumen de complejas reacciones en la atmosfera donde muchas otras reacciones y compuestos juegan un rol.

### 2.2.2 Especies de azufre

El es un compuesto que reacciona generando importantes contaminantes como sulfatos y acido sulfurico, importantes en la lluvia acidna (depositioon acida). Los combustibles tienen azufre y durante la combustion, el azufre es oxidado generando  $SO_2$ , diesel tiene mayor cantidad de azufre que gasolina, por lo tanto generando mas  $SO_2$ . Tambien existe el dimetilsulfido (DMS)  $(CH_3)_2S$ , que es biogenico, asi como el carbonilo sulfido (COS), que largo tiempo de vida que permite su transporte a la estratosfera. A continuacion una resumen de los mecanismos de generacion de acido sulfurico (Brasseur and Jacob, 2017).  $SO_2$  es oxiado por  $OH$



### 2.2.3 Aerosoles

Son partículas suspendidas desde  $\sim 0.001 \mu m$  hasta  $100 \mu m$  (luster molecular a gota). Conocido como material particulado (MP), sus caracterización es realizada mayormente en base a su diámetro aerodinámico como se muestra en la siguiente figura (Wikipedia contributors, 2019a)(Brasseur and Jacob, 2017). Existen tres agrupaciones que son:

1. Modo Aiken: núcleos de condensación nuevos (fresh) que condensan (gas) o coagulan (líquidos). Diámetro hasta 100 nm.
2. Modo acumulación: Diámetro entre 100 y 1000 nm.
3. Modo coarse: Diámetro mayor que 1000 nm.

Los aerosoles son clasificados por números, área de superficie y volumen. Normalmente las agencias de medio ambiente miden  $MP_{10}$  (diámetro menor  $\leq$  que  $10 \mu m$ ) y  $MP_{2.5}$  (diámetro menor  $\leq$  que  $2.5 \mu m$ ) en  $\mu g \cdot m^{-3}$ . A continuación una figura mostrando material particulado en Chile, Brasil y China.

**Chile \***

**China**

ingrese aquí: <https://aqicn.org/forecast/beijing/>

**Osasco, Brasil**

NASA WORLDVIEW es un excelente recurso para monitorear aerosoles, incendios y mucho más.

## Ingrese a <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> y busque aerosol

## 2.3 Forzantes climáticos y gases de efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno que se produce naturalmente en la tierra, sin intervención humana. Por ejemplo, concentraciones biogénicas de CO<sub>2</sub> o el vapor de agua. Sin embargo, el término forzante climático se refiere a estos compuestos químicos que tienen una incidencia en el clima, pues alteran el cambio en iradiancia neta  $W \cdot m^{-2}$ .

El forzante radiativo es utilizado como predictor de cambio en la media global de temperatura. IPCC (Schimel et al., 1996) define forzamiento radiativo como:

“The radiative forcing of the surface-troposphere system due to the perturbation in or the introduction of an agent (say, a change in greenhouse gas concentrations) is the change in net (down minus up) irradiance (solar plus long-wave; in  $Wm^{-2}$ ) at the tropopause AFTER allowing for stratospheric temperatures to readjust to radiative equilibrium, but with surface and tropospheric temperatures and state held fixed at the unperturbed values” (Schimel et al., 1996)

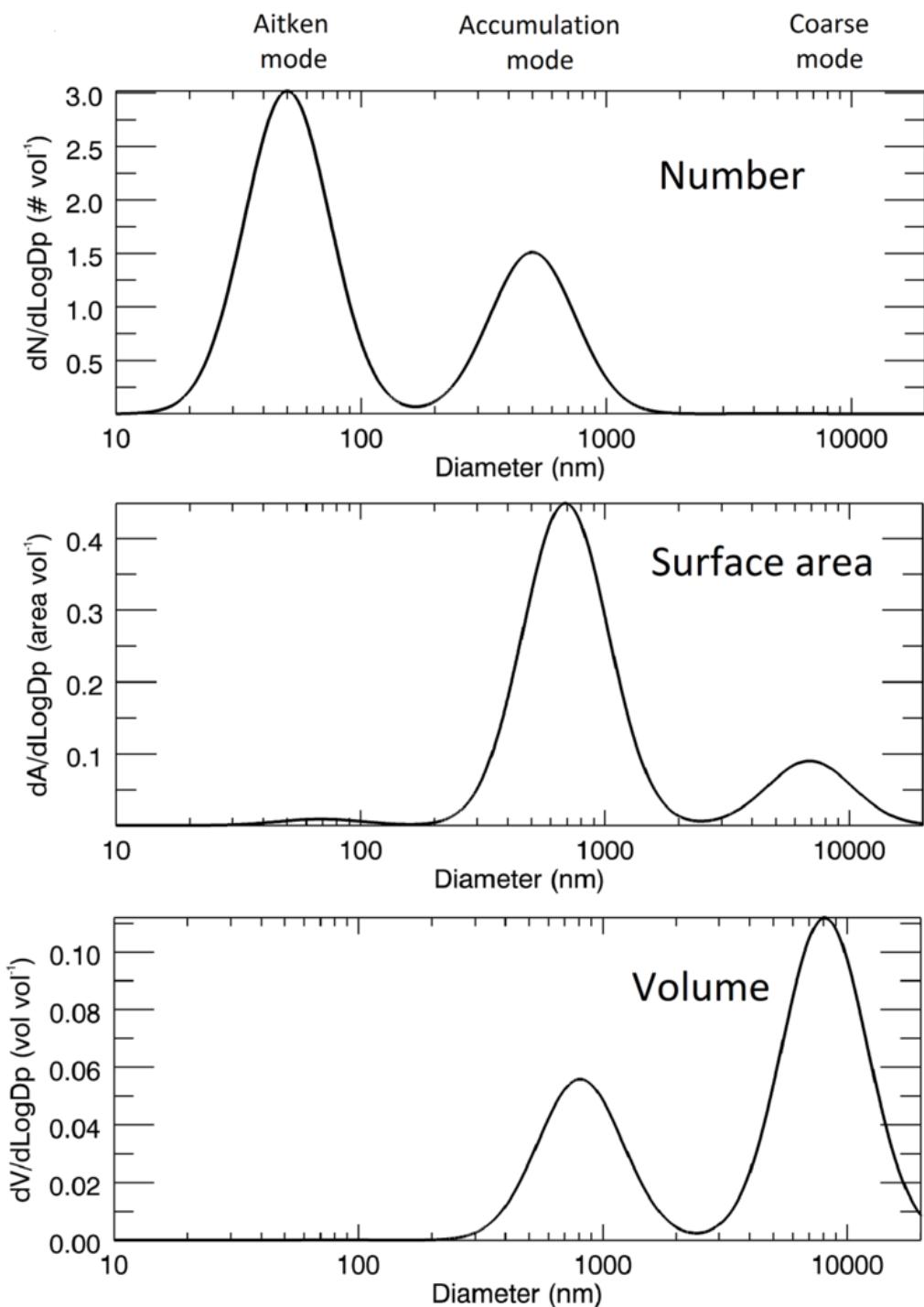


Figure 2.7: Distribucion normalizada (suma es 1000) de aerosoles por diametro aerodinamico, Dominio Publico

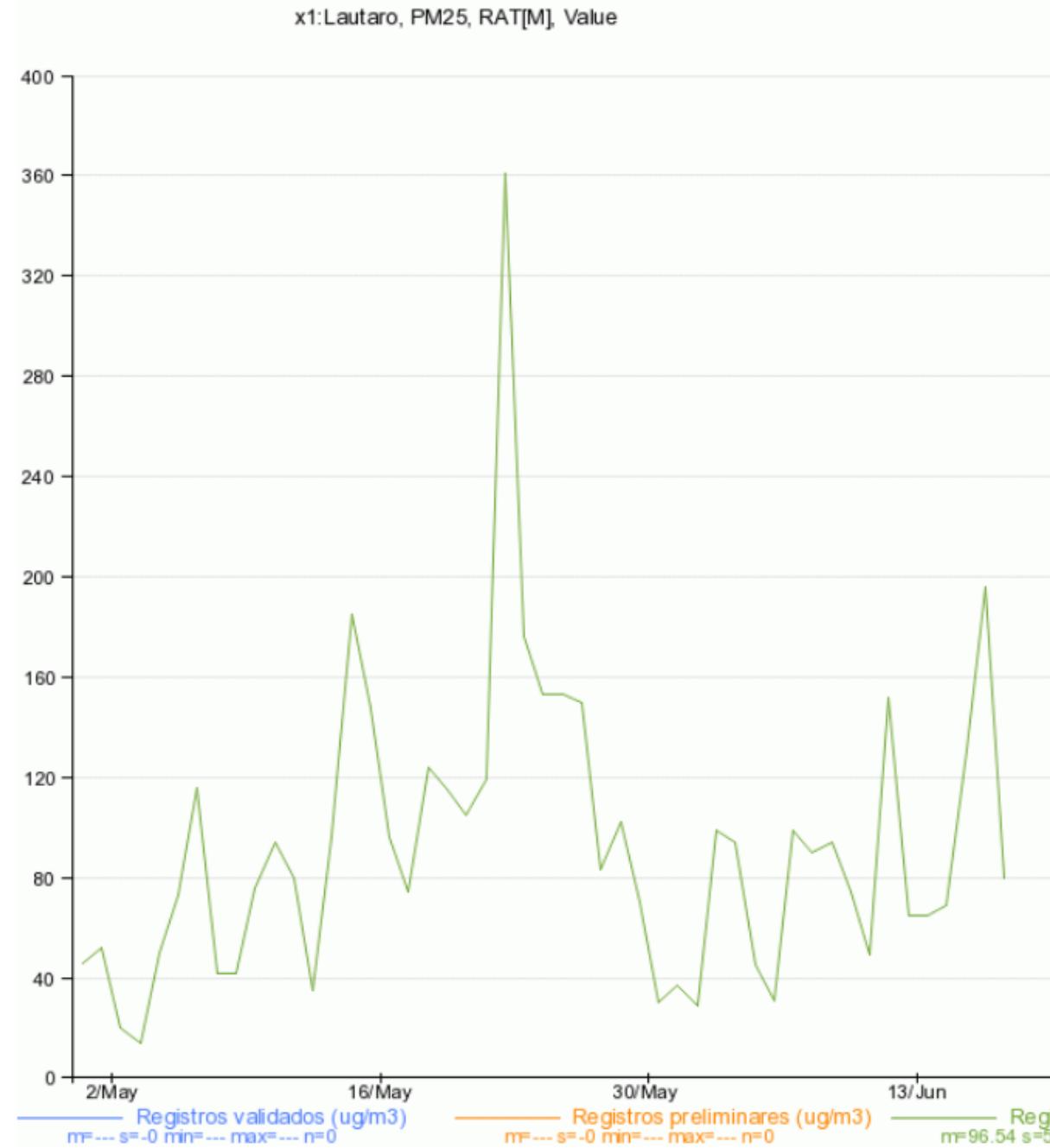


Figure 2.8: MP2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em Lautaro, Chile  
[\(<https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/870>\)](https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/870)

### 2.3. FORZANTES CLIMATICOS Y GASES DE EFECTO INVERNADERO23

Monitoring points	AQI	Air quality index category	Primary pollutant	PM2.5 fine particles	PM10 respirable particulate matter	CO carbon monoxide	NO2 nitrogen dioxide	O3 ozone 1 hour average	O3 ozone 8 hour average	SO2 sulfur dioxide
Regional station	500	Severe pollution	Particulate matter (PM10)	254	724	0.7	11	76	62	15
Gujiang Baga Township	393	Severe pollution	Particulate matter (PM10)	143	494	0.7	7	78	64	14

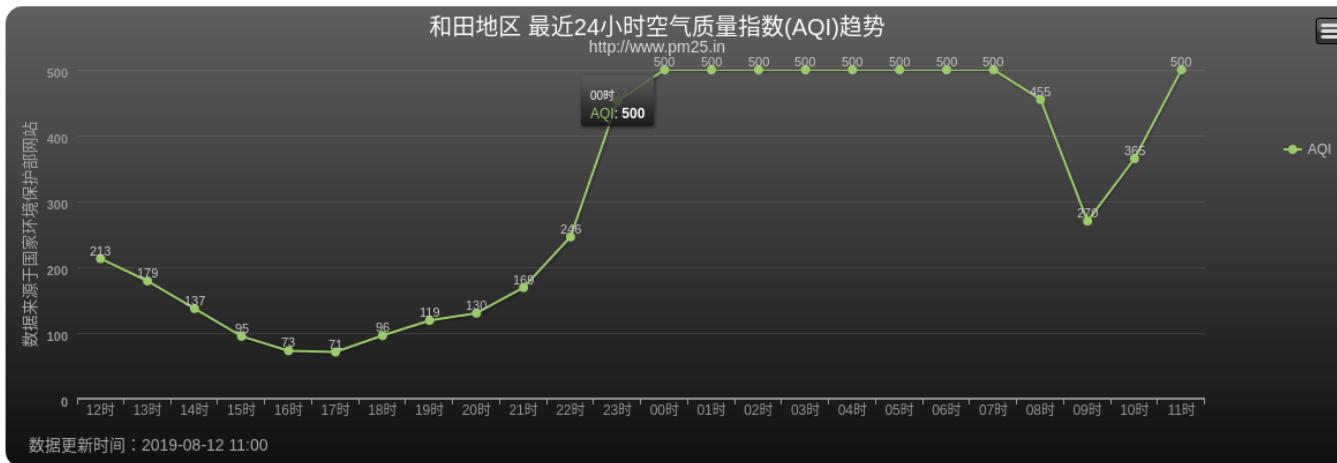
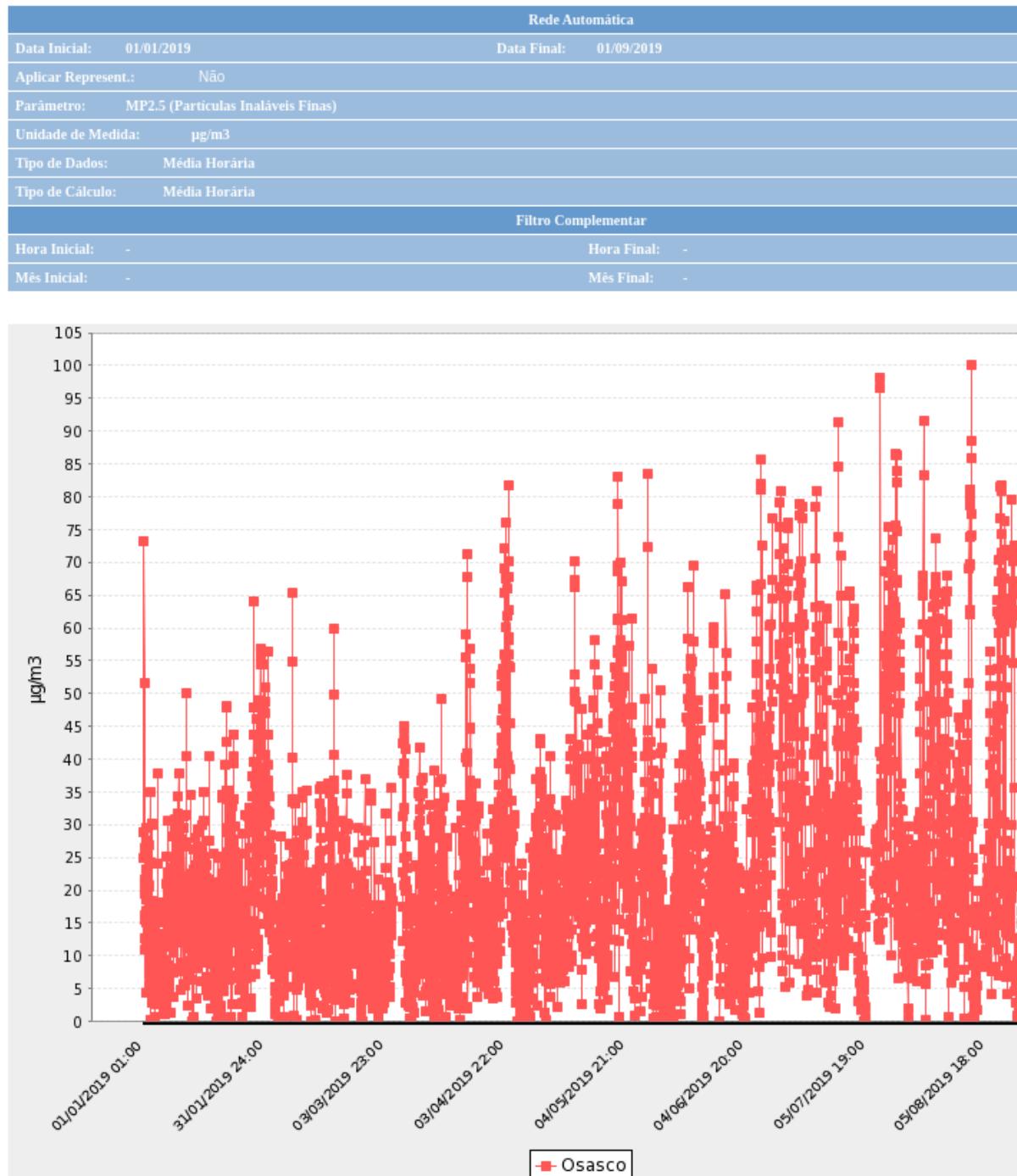


Figure 2.9: MP2.5 ug/m<sup>3</sup> em Hotan, China (<http://pm25.in/hetiandi>)

Figure 2.10: MP2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Osasco, Brasil (<https://qualar.cetesb.sp.gov.br>)

## 2.3. FORZANTES CLIMATICOS Y GASES DE EFECTO INVERNADERO25

Del sitio web de Copernicus (<https://atmosphere.copernicus.eu/climate-forcing>:

“Climate forcing measures the imbalance in the Earth’s energy budget caused by a perturbation of the climate system, for example changes in atmospheric composition driven by human activities. **Climate forcing, also known as Radiative Forcing, therefore determines the change in globally-averaged temperature change due to the natural or human-induced changes to the energy budget.** Increases in greenhouse gas concentrations over the industrial era are responsible for a positive climate forcing, causing a gain of energy in the climate system. In contrast, changes in atmospheric aerosol concentrations result in a negative climate forcing leading to a loss of energy. It is the balance between these various climate forcings that drive the change in global temperature.” <https://atmosphere.copernicus.eu/climate-forcing>

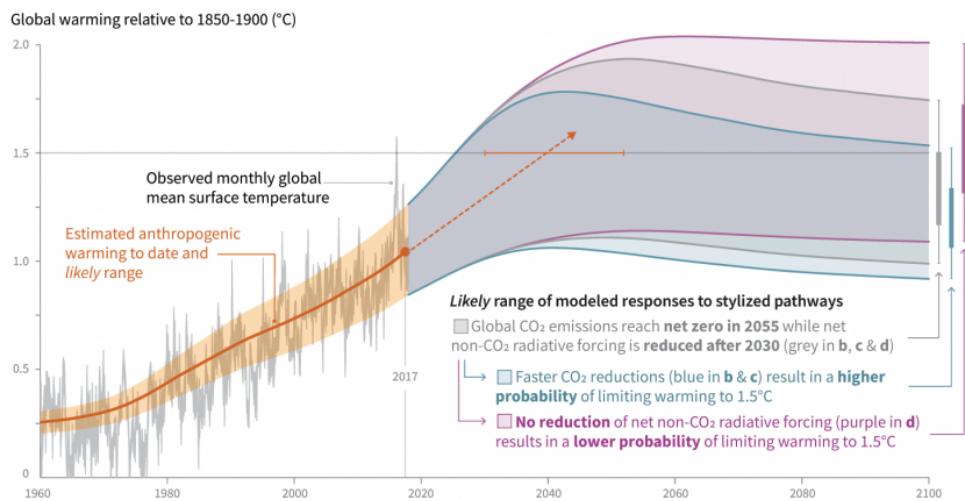
Esta figura muestra un resumen de los compuestos y su forzante radiativo (FR) (Stocker, 2014)

### 2.3.1 Efectos directos e indirectos de aerosoles

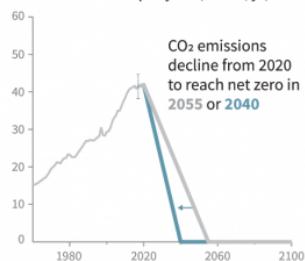
- Directo: Influencia en balance radiativo.
- Indirecto: Influencia en el clima.
- Primer efecto indirecto: microfisica de la precipitacion.
- Segundo efecto indirecto: Cantidad de lluvia.

## Cumulative emissions of CO<sub>2</sub> and future non-CO<sub>2</sub> radiative forcing determine the probability of limiting warming to 1.5°C

### a) Observed global temperature change and modeled responses to stylized anthropogenic emission and forcing pathways

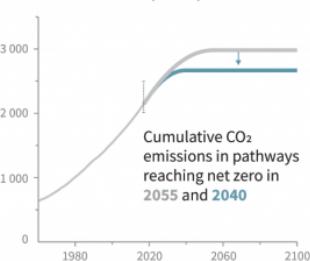


b) Stylized net global CO<sub>2</sub> emission pathways  
Billion tonnes CO<sub>2</sub> per year (GtCO<sub>2</sub>/yr)



Faster immediate CO<sub>2</sub> emission reductions limit cumulative CO<sub>2</sub> emissions shown in panel (c).

c) Cumulative net CO<sub>2</sub> emissions  
Billion tonnes CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>)



Maximum temperature rise is determined by cumulative net CO<sub>2</sub> emissions and net non-CO<sub>2</sub> radiative forcing due to methane, nitrous oxide, aerosols and other anthropogenic forcing agents.

d) Non-CO<sub>2</sub> radiative forcing pathways  
Watts per square metre (W/m<sup>2</sup>)

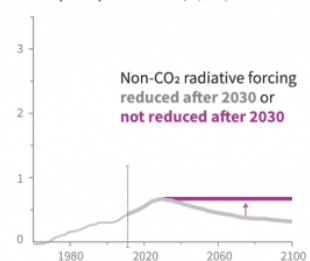


Figure 2.11: Cambio en la temperatura media debido a forzantes radiativas (<https://atmosphere.copernicus.eu/climate-forcing>)

## 2.3. FORZANTES CLIMATICOS Y GASES DE EFECTO INVERNADERO 27

Contributions to observed surface temperature change over the period 1951–2010

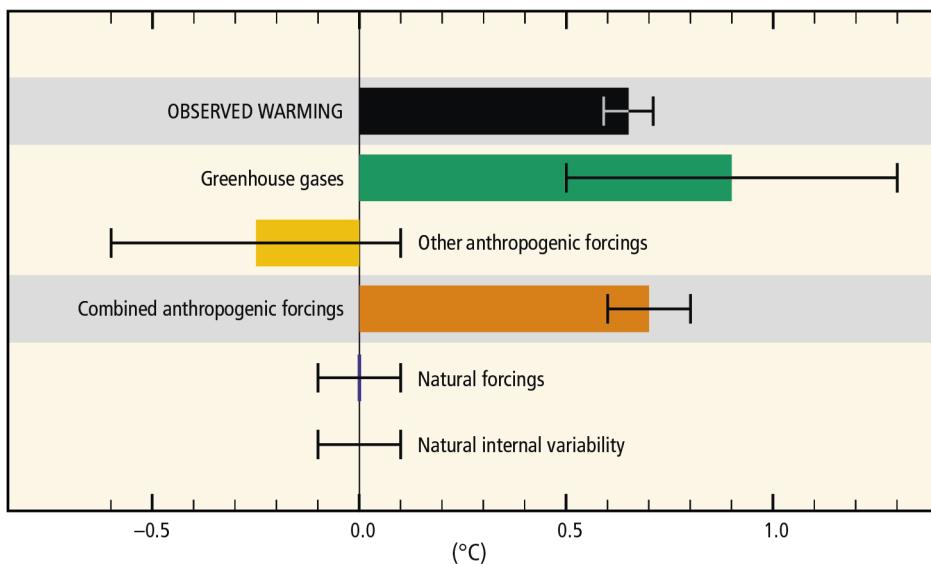
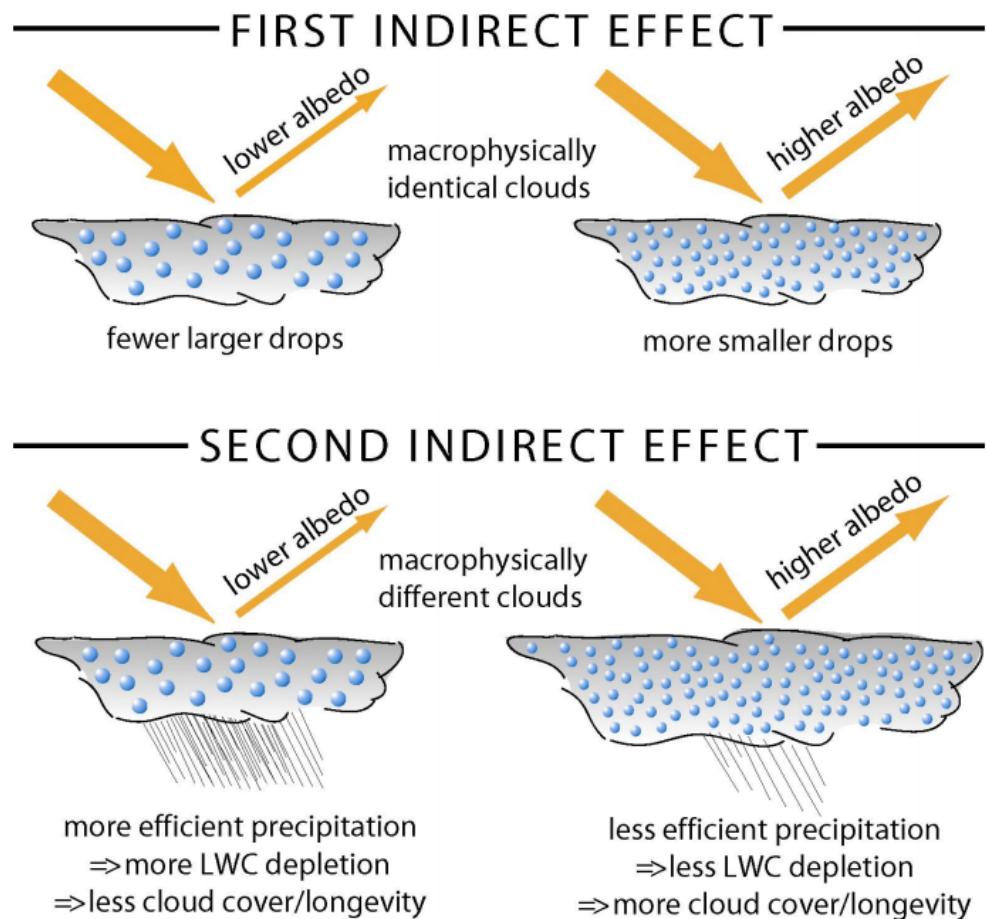


Figure 2.12: Cambio en la temperatura media debido a forzantes radiativas  
<https://atmosphere.copernicus.eu/climate-forcing>



\begin{figure}

28 CHAPTER 2. IMPACTO DE LAS EMISIONES ANTROPOGÉNICAS EN LA CALIDAD DEL AIRE

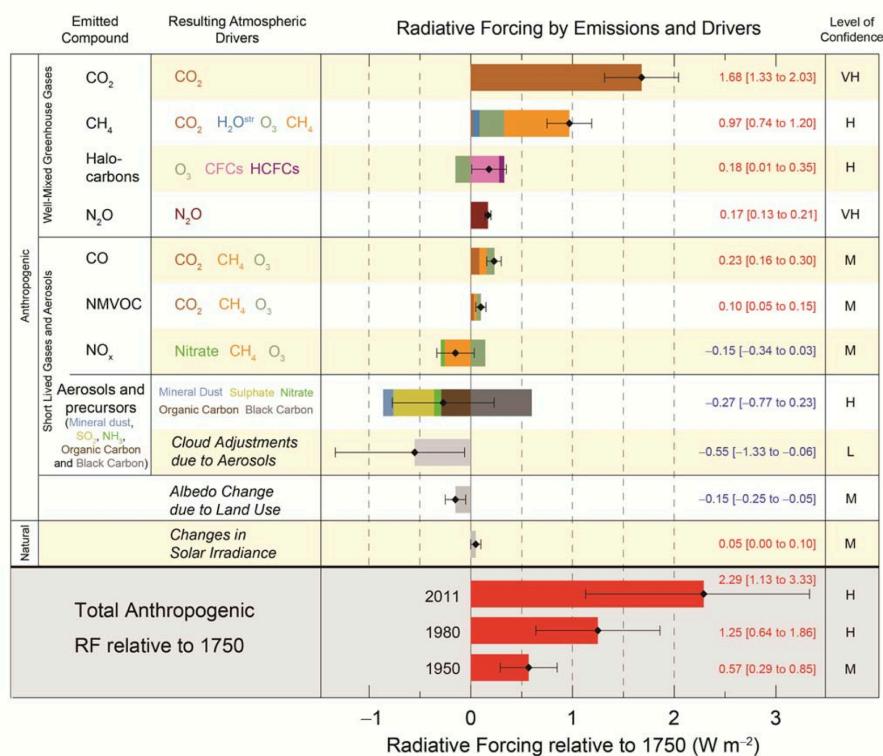


Figure 2.13: Forzante radiativo (https://atmosphere.copernicus.eu/climate-forcing)

## 2.3. FORZANTES CLIMATICOS Y GASES DE EFECTO INVERNADERO29

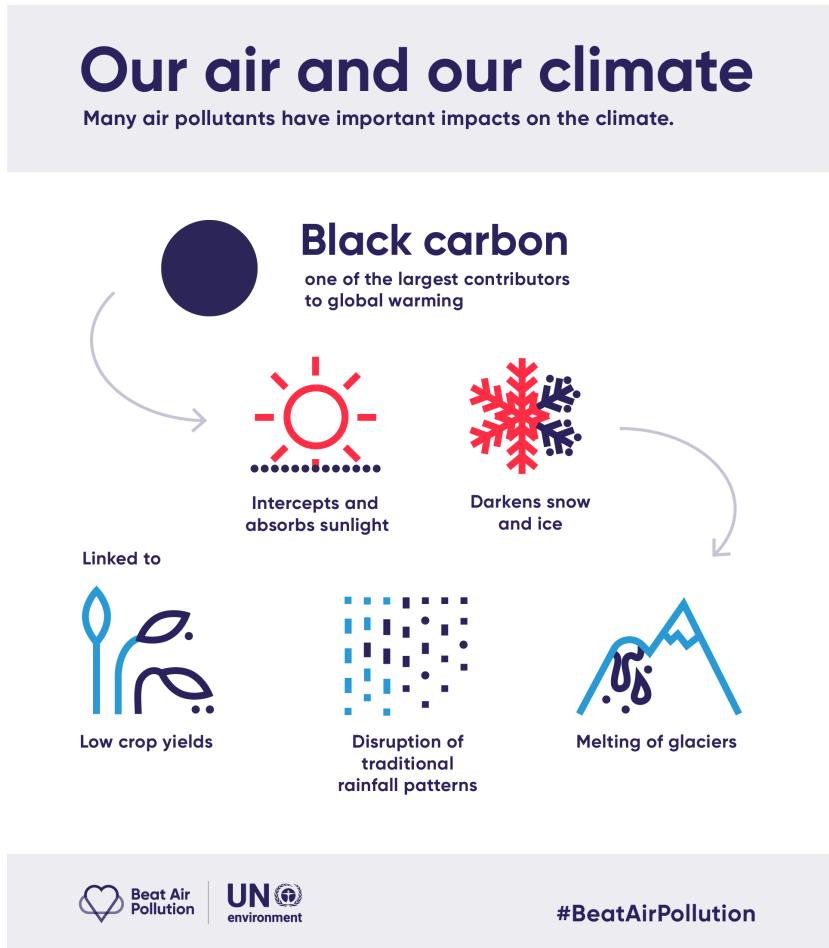


Figure 2.14: UNEP (<https://twitter.com/UNEnvironment/status/1150404638501416961/photo/1>

\caption{Forzantes indirectos (Robwood, 2019) ([https://atmos.uw.edu/~robwood/teaching/591/ATMS\\_591\\_Albrecht\\_1989.pdf](https://atmos.uw.edu/~robwood/teaching/591/ATMS_591_Albrecht_1989.pdf))} \end{figure}

### 2.3.2 Black Carbon - Carbono negro

Son partículas producto de la combustión incompleta de combustibles con origen antropogénico y biológico. Considerado el segundo gas de efecto invernadero después de CO<sub>2</sub> (Bond et al., 2013).



Figure 2.15: Fuentes de emisiones

## 2.4 Emisiones y sus fuentes

Un inventario de emisiones es la compilacion del flujo de masa de contaminantes emitida en un lugar y tiempo determinado.

Son definidos por la ecuacion basica de :

$$E = FE \cdot NA \quad (2.12)$$

Donde E es la emision, FE es el factor de emision y NA el nivel de actividad. Por ejemplo, si queremos saber las emisiones de vehiculos, FE esta en **g/km**, NA es la cantidad de vehiculos veces la distancia que recorren **km** en un tiempo determinado, luego E es la masa **g** de contaminantes.

### 2.4.1 Tipos

Ya que ya sabemos los contaminantes y su forzamiento radiativo, podemos ver cuales son las fuentes de ellos, desde el punto de vista de contaminacion atmosferica y clima. Existen varios tipos de fuentes de emisiones:

Pueden tener aplicaciones de gestion y cientificas:

Type of application	Inventory examples
Policy applications	National greenhouse gas inventories, submitted to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC [10])
	National air pollutant inventories submitted to the United Nations Economic Commission for Europe's Convention on Long Range Transboundary air Pollution (LRTAP [11])
	Pollutant Release and Transfer Registers (PRTR) like the USA Toxics Release Inventory (TRI, [12]) and the European Union's EPER system (EPER [13])
Scientific applications	The GEIA emission databases (GEIA [14])
	The EDGAR emission inventories (EDGAR [15])
	The TNO Emissions Assessment Model (TEAM [16, 17])

Figure 2.16: Tipos de inventarios (Pules and Helsinga, 2013)

Por ejemplo, IPCC entrega guías para que los países compilen inventarios de emisiones de efecto invernadero:

Ahora podemos ver como ha sido la serie de emisiones globales de gases de efecto invernadero:

#### 2.4.2 Calidad y criterio

Un inventario de emisiones debe considerar la aseguración de la calidad. En este sentido, los científicos buscan errores, puntos débiles. Los tomadores de decisiones (UNFCCC-IPCC) buscan consenso. Por lo tanto, la calidad para los inventarios científicos consiste en que las estimaciones tienen que ser confirmadas, calibradas y validadas. Y en el plano político, un inventario de calidad genera acuerdo y protocolo que todos deben atacar (VEA CLRTAP)

#### 2.4.3 Dimensiones

Como **científicos** necesitamos responder las siguientes preguntas:

- Que: Que contaminante (específico) es emitido.
- Como: Cual es el proceso.
- Cuando: Caracterización temporal.
- Onde: Caracterización temporal.

## 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

### 2019 Refinement has been accepted!

The following files are the advance version of the Overview Chapter and the underlying "2019 Refinement to the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories" including the Glossary as adopted/accepted on 12 May 2019 at the 49th session of the IPCC [<Decision - IPCC-XLIX-9 - Adoption and Acceptance of 2019 refinement>](#). They are subject to final copy-edit and layout prior to its final publication.

Added is the Note with the explanation of the technical corrections of editorial nature made to the accepted 2019 Refinement.

More information on the development of the 2019 Refinement can be found [here](#).

### Overview Chapter

[Volume 1 General Guidance and Reporting](#)

[Volume 2 Energy](#)

[Volume 3 Industrial Processes and Product Use](#)

[Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use](#)

[Volume 5 Waste](#)

Figure 2.17: Actualizacion en las guias de inventarios de emisiones IPCC (<https://www.ipcc-nppg.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>)

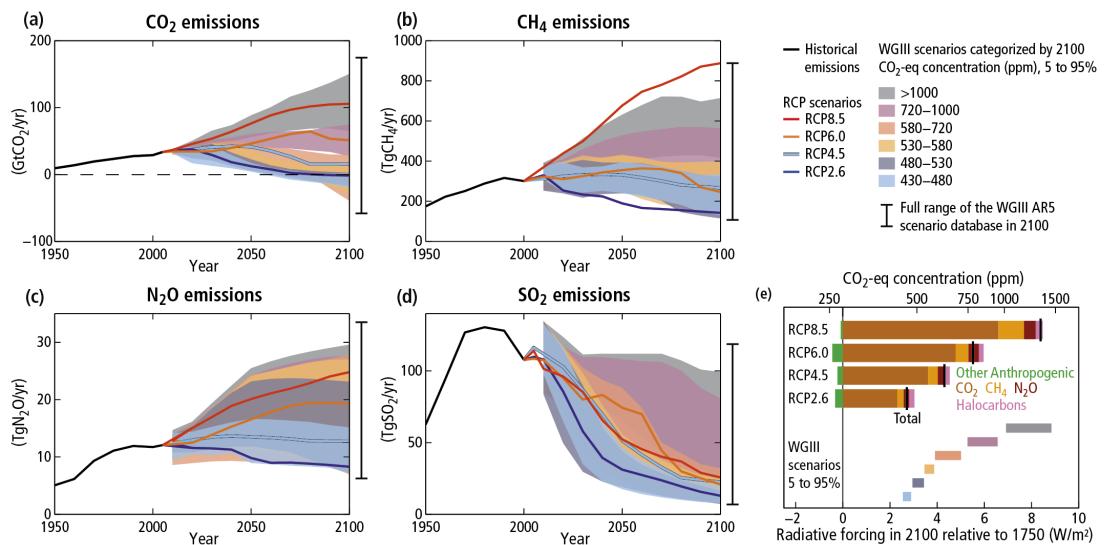
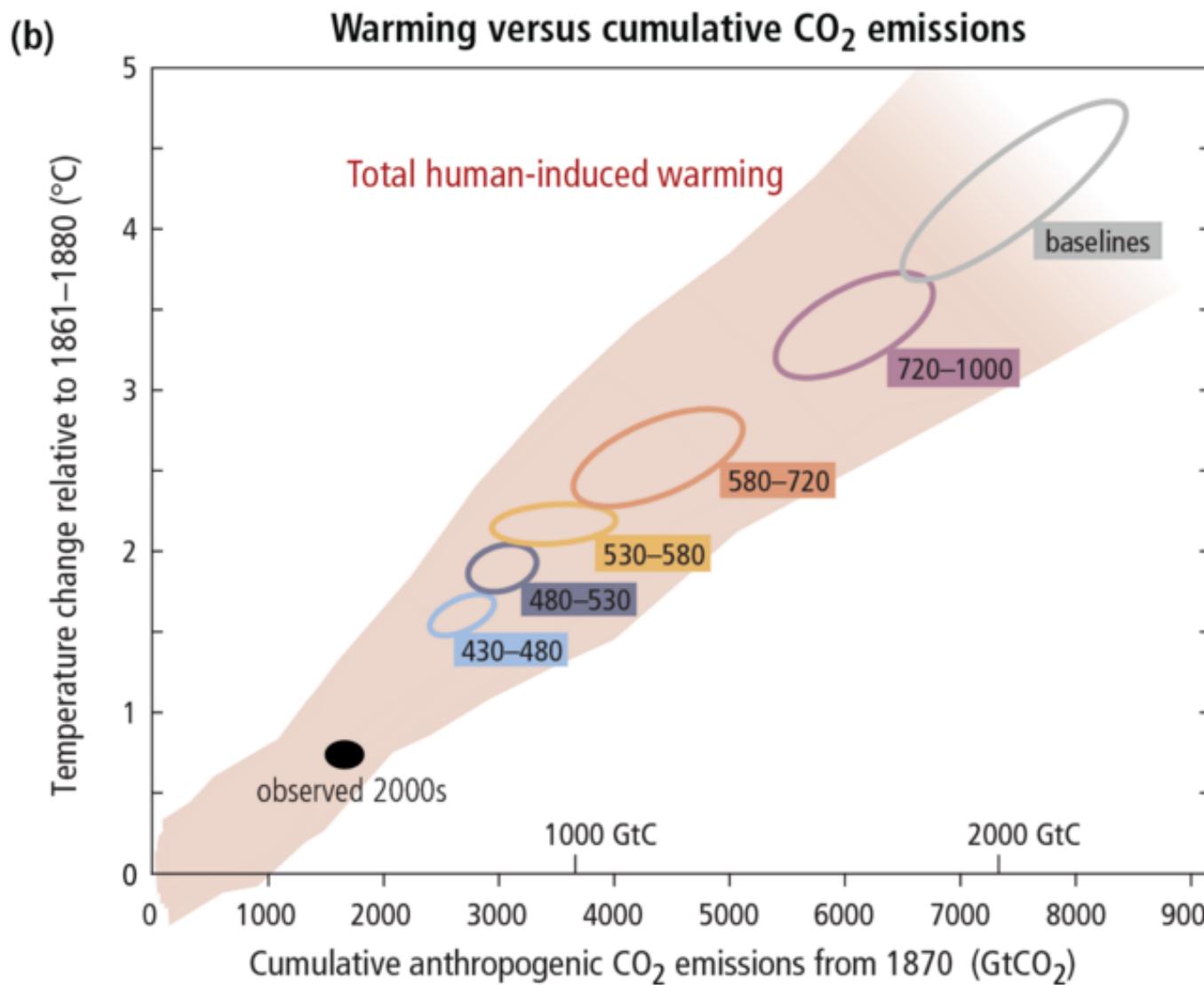


Figure 2.18: Serie de emisiones)

Figure 2.19: CO<sub>2</sub> y temperatura (<http://www.ipcc.ch/report/graphics/>)

\*\* Mapas interactivos de inventario de emisiones vehiculares de Sao Paulo (Ibarra 2017)\*\*

- PM2.5
- NOx
- CO
- HC

#### **2.4.4 Categorías llave**

En los inventarios de emisiones muchas veces pocas categorías emiten la mayor cantidad de contaminantes. Estas son las **categorías llave** y es en ellas donde debemos invertir la mayor cantidad de esfuerzo y recurso económico.

#### **2.4.5 Bottom-up y top-down**

En las guías de emisiones europeas, (2016) muestra la definición de los enfoques bottom-up y top-down.

#### **2.4.6 Ejemplo de factores de emisión (real-time GPS)**

### **2.5 Nuevos modelos de emisiones: VEIN**

En el último par de años se han publicado nuevos modelos para el cálculo de emisiones, como el Vehicular Emissions Inventory model (Ibarra-Espinosa et al., 2018) que consiste en una librería en R (<https://atmoschem.github.io/vein/>).

### **2.6 Nuevos datos, satélites y modelación inversa**

La modelación inversa está siendo utilizada para corregir y estimar emisiones con los nuevos datos de satélite disponibles (Kaiser et al., 2018):

Columna total de NO<sub>2</sub> en europa con Sentinel 5P librería stars (Pebeșma, 2019)

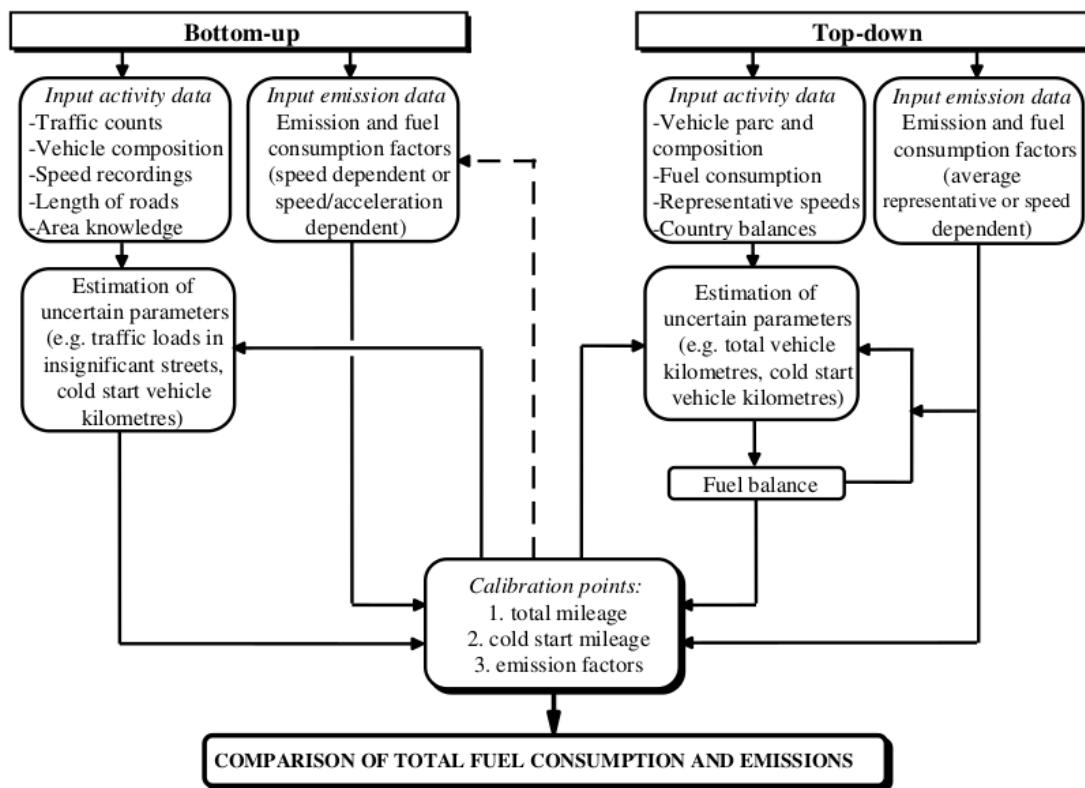


Figure 2.20: Bottom up y top-down

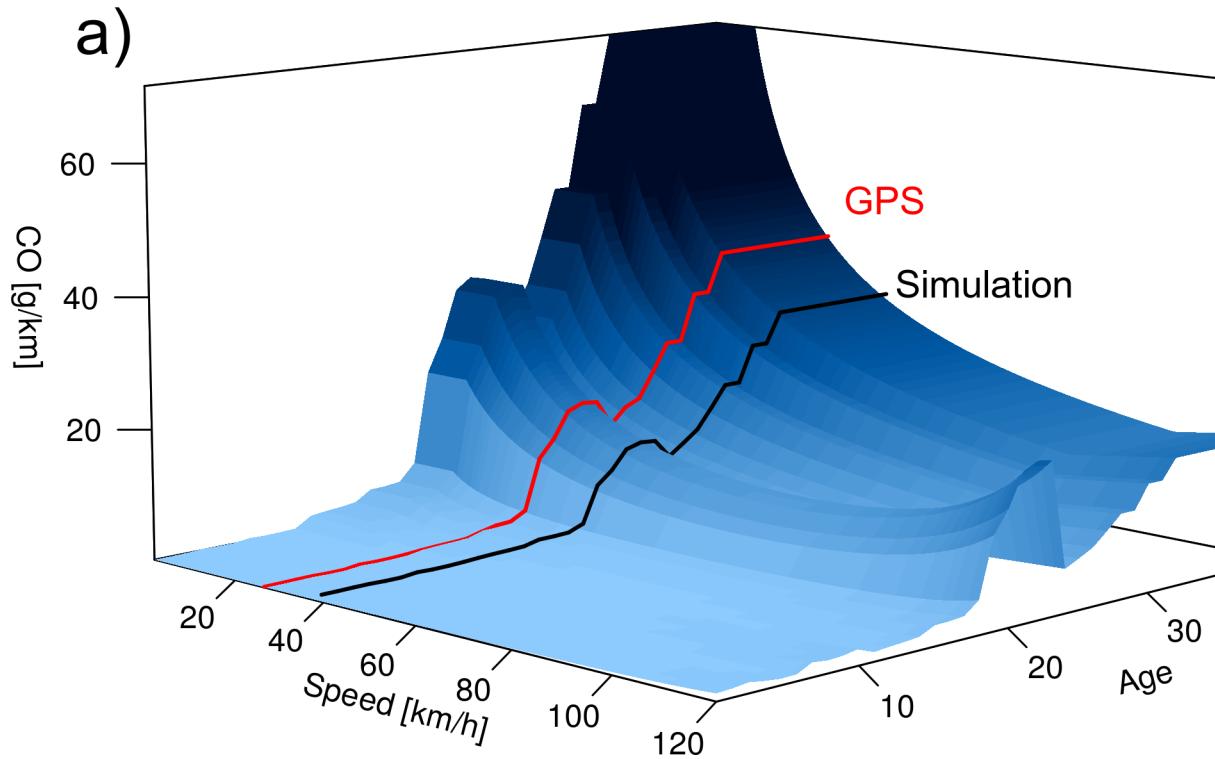


Figure 2.21: (Ibarra-Espinosa et al., 2019 under-review)

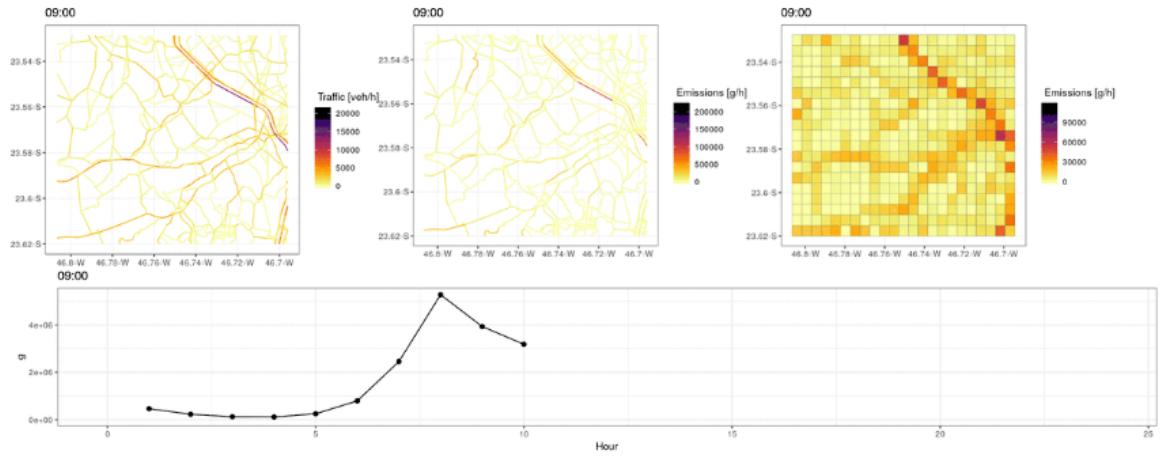
Figure 2.22: (Ibarra-Espinosa et al., 2018, <https://atmoschem.github.io/vein/>)



Figure 2.23: (Ibarra-Espinosa et al., 2018, <https://atmoschem.github.io/vein/>)

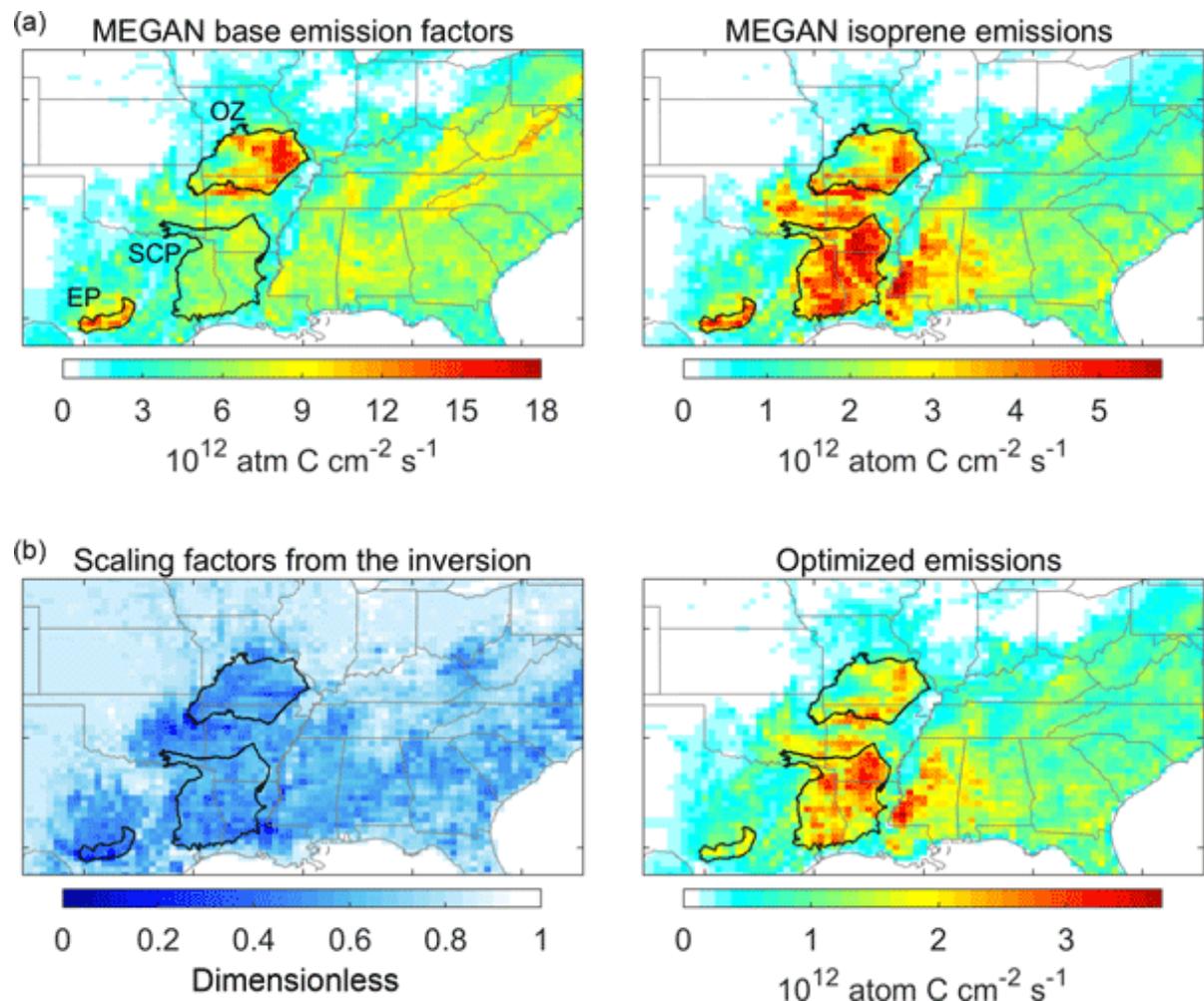


Figure 2.24: (Kaiser et al., 2018)

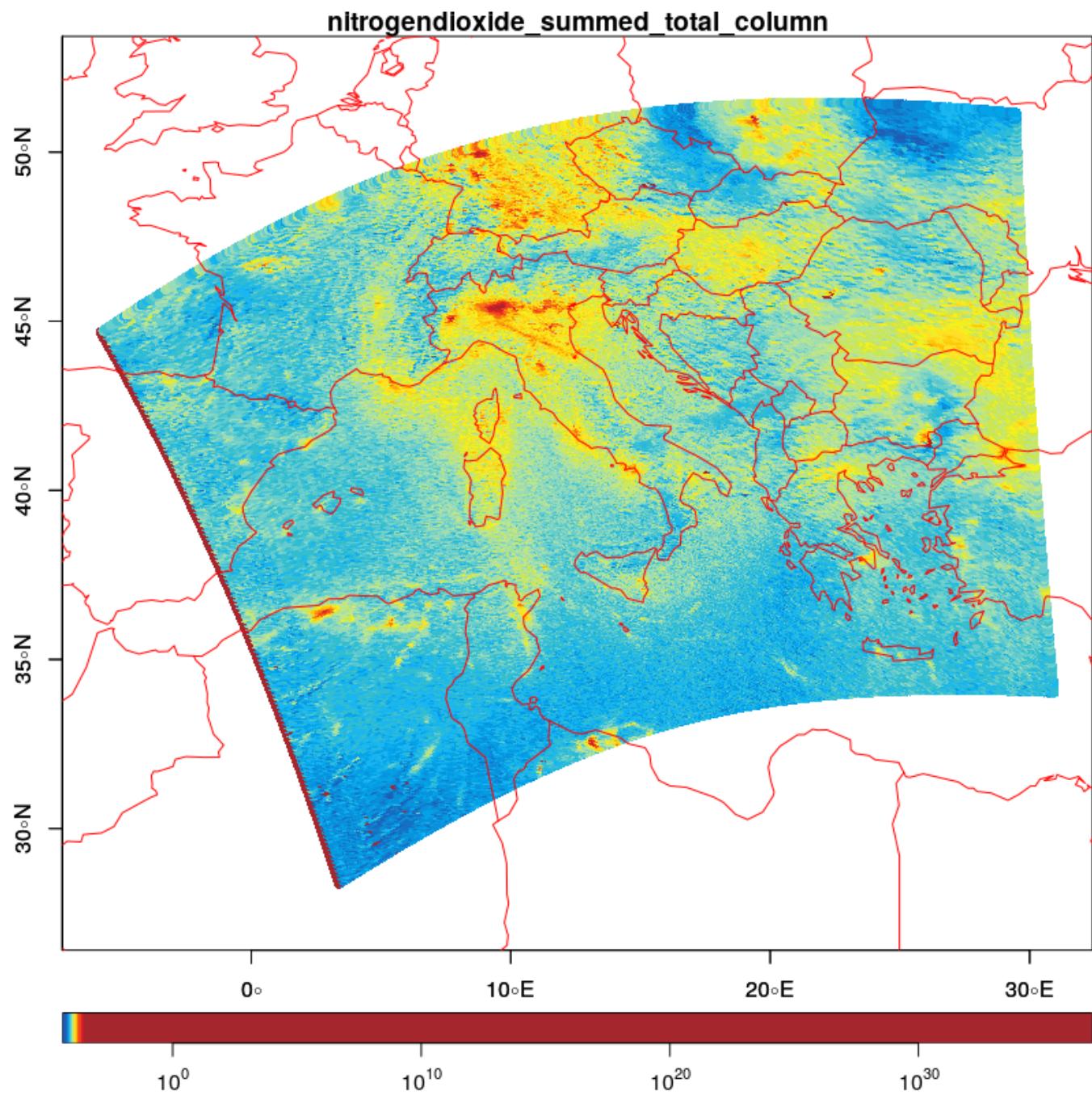


Figure 2.25: STARS! Sentinel 5P



# Chapter 3

## Taller VECTORES: Aplicación de software de información geográfica y modelado (no terminado)

**Nota:** Existen diferentes recursos para aprender R, sf, stars y raster.  
Use Google, Baidu o duckduckgo

- [www.github.com/r-spatial/sf](http://www.github.com/r-spatial/sf)
- [www.github.com/r-spatial/stars](http://www.github.com/r-spatial/stars)
- [www.github.com/rspatial/raster](http://www.github.com/rspatial/raster)
- <https://bookdown.org/>
- <https://geocompr.robinlovelace.net/>
- <https://www.datascienceatthecommandline.com/>
- <https://bookdown.org/rdpeng/rprogdatascience/>

### 3.1 Instalacion

Por favor instale las siguientes librerias en R, copie y peque (cole) en R:

```
install.packages(  
  c("sf", "stars", "cptcity", "ggplot2", "raster", "ncdf4",  
    "RNetCDF", "maps", "data.table", "readxl")  
)
```

Para correr el ejemplo de stars con Sentinel 5P instale la siguiente libreria (1 Gb)

```
install.packages(
  c("starsdata")
)
```

Para realmente comenzar es necesario mencionar que R es un lenguaje de programacion estadistico libre (gratis y abierto) orientado a objeto escrito en C, con bindings directos para C++, C y Fortran.

## 3.2 R desde Excel, libreoffice, archivos de text, etc.

A veces debemos o obtenemos datos en hojas de calculo (Libreoffice Calc o Microsoft Office Excel). Cuando este archivo es pequeño no hay problema, pero la realidad es que cada vez es mas frecuente contar con grandes bases de datos y trabajar con un programa de interface grafica se hace dificil. Una de las razones es que la interfaz grafica consume muchos recursos computacionales, que podrian ser usados para el procesamiento de informacion. Por lo tanto

**do (5 min)**

- Abra el archivo datus/o3.csv con Excel
- Vea rapidamente los datos
- Cierre y abrael archivo con un editor de texto (bloc de notas)
- Cual es la separacion de las columnas?
- Bajando datos de ozono: <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/D13>

### 3.2.1 Usando base

```
df <- read.csv("dados/o3.csv", h = T, sep = ";")
head(df)
names(df) <- c("YYMMDD", "HHMM", "o3_ppb", "novalido")
```

### 3.2.2 Usando data.table (mi favorito junto con sf)

data.table es mas rapido que python, julia y spark

<https://h2oai.github.io/db-benchmark/>

```
library(data.table)
df <- fread("data/china_cities_20190413.csv")
head(df)
```

### 3.2.3 Usndo readxl

```
library(readxl)
df <- read_xlsx("data/china_cities_20190413.xlsx")
head(df)
```

## 3.3 Representacion de objetos espaciales

Nuevo estandard ISO (puntos, areas, lineas, volume, etc)



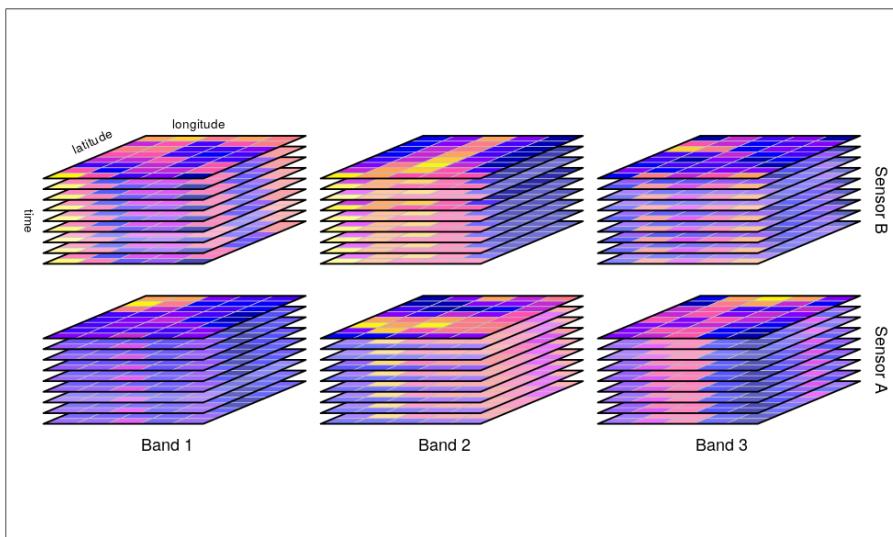
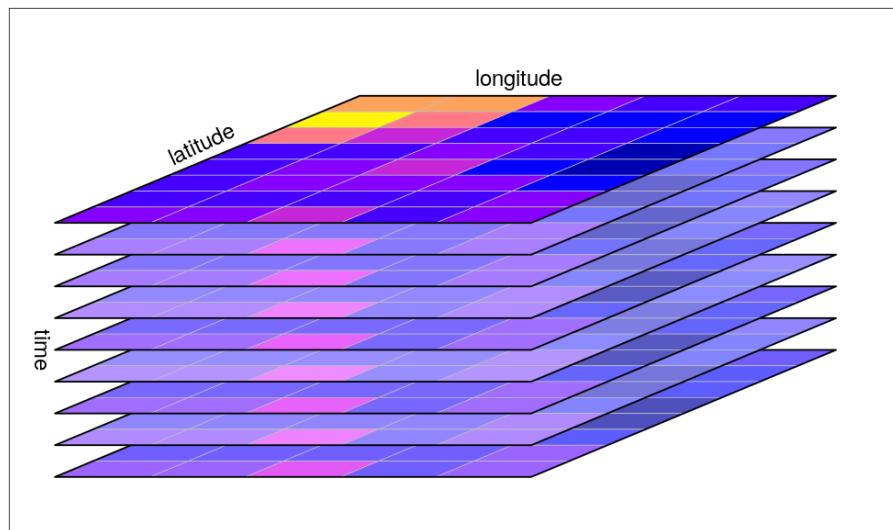
## **Chapter 4**

# **Taller RASTER Y CUBOS DE DATOS VECTORIALES: Aplicación de software de información geográfica y modelado (no terminado)**

Amanda Rehbein

Raster son informacion espaciales en una grilla espacial. Por ejemplo, vea las siguientes figuras:

#### 46 CHAPTER 4. TALLER RASTER Y CUBOS DE DATOS VECTORIALES: APLICACIÓN DE SOFTWARE



Ejemplos con R

# **Chapter 5**

## **Estudios de series de tiempo para asociar salud y variables ambientales**

Uno de los metodos mas validados y establecidos para identificar asociaciones entre mortalidad, morbilidad, y otros parametros con variables ambientales son las series de tiempo.

Algunos de los autores clasicos sobre este tipo de estudios estan:

- Francesca Dominici [[link google scholar](#)]
- Luis Cifuentes [[link google scholar](#)]
- Petros Koutrakis [[link google scholar](#)]
- Paulo Saldíva [[link google scholar](#)]
- Michelle Bell [[link google scholar](#)]
- Antonela Zanometti [[link google scholar](#)]

Francesca Dominici ha publicado diferentes estudios y actualizado la metodologia de estudios de series de tiempo considerando la distribucion estadistica, control de los factores de confusión y modelos generales aditivos.

### **5.1 Distribucion**

Los estudios de series de tiempo consideran en general variables diarias. En este sentido, las variables de salud son conteos diarios con una distribucion apropiada, generalmente Poisson o Binomial Negativa, por ejemplo. Estas son diferentes de la distribucion normal.

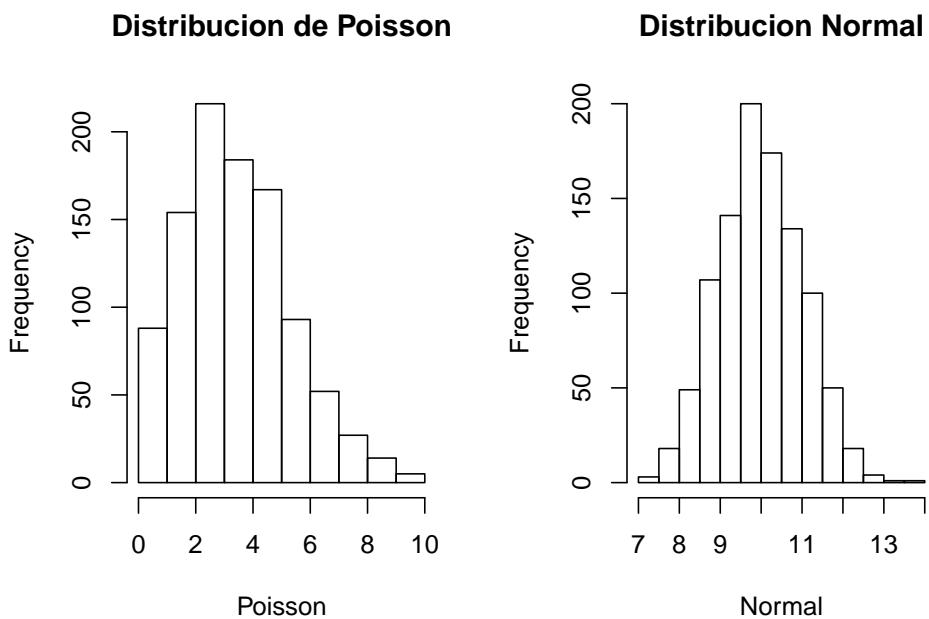
Densidad de la distribucion de Poisson:

$$p(x) = \lambda^x \exp(-\lambda)/x! \quad (5.1)$$

Densidad de la distribucion de Normal:

$$f(x) = 1/((2\pi)\sigma)e^{-((x-\mu)^2/(2\sigma^2))} \cdot 0.5 \quad (5.2)$$

Vamos a ver un ejemplo:



## 5.2 Efecto de la contaminacion

Dominici presento el modelo semi-parametrico usando modelos generales aditivos (Wood, 2017) para el estudio de series de tiempo. Este modelo consiste en:

$$\log(m) = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + s(meteo) + s(time) + s(season) + \dots \quad (5.3)$$

Donde  $m$  es la variable dependiente sobre salud,  $\beta$  son los coeficientes,  $X_i$  son los contaminantes,  $s$  es una funcion spline

Luego, la asociacion resultante es el riesgo relativo (Abrutzky et al., 2013):

$$RR = \exp(\beta_i \cdot \delta X_i) \quad (5.4)$$

Que indica el riesgo relativo dada un cambio en la variable, por ejemplo, si se incrementan las concentraciones de PM10 en 50 ug/m<sup>3</sup>, el riesgo de mortalidad respiratoria aumenta 7%. Aplicando este porcentaje sobre la poblacion es posible calcular la mortalidad anual asociada a la contaminacion. Vamos a ver valores reales para Argentina y Chile (Abrutzky et al., 2013).

### 5.3 Efecto de la temperatura

Puede se utilizada la misma metodologia pero considerando variables meteorologicas en este caso. Un trabajo muy interesante recientemente publicado por el grupo de Paulo Saliva es el efecto de la temperatura en diferentes ciudades del mundo.

[INSERTAR GRAFICO Y CITA]

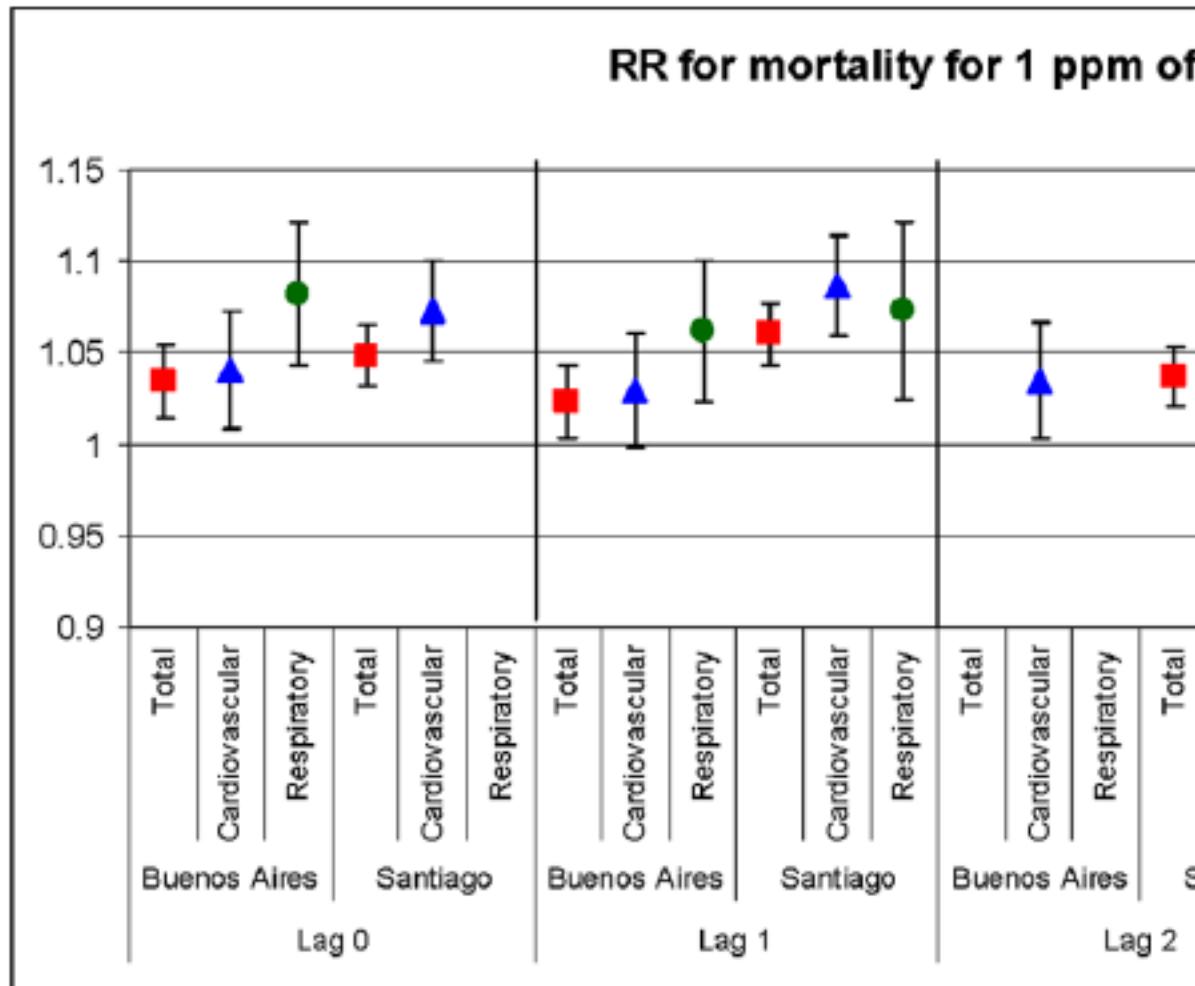


Figure 5.1: Riesgo relativo en mortalidad por incremento de 1 ppm de CO  
(Abrutzky et al., 2013)

# Bibliography

- Abrutzky, R., Ibarra-Espinosa, S., Matus, P., Romero-Lankao, P., Pereyra, V., and Dawidowski, L. (2013). Atmospheric pollution and mortality. a comparative study between two latin american cities: Buenos aires (argentina) and santiago (chile). *Int. J. Environment and Health*, 6.
- Bell, M. L. and Davis, D. L. (2001). Reassessment of the lethal london fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environmental health perspectives*, 109(suppl 3):389–394.
- Bond, T. C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen, T., DeAngelis, B. J., Flanner, M. G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., et al. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11):5380–5552.
- Brasseur, G., Orlando, J. J., Tyndall, G. S., et al. (1999). *Atmospheric chemistry and global change*. Oxford University Press.
- Brasseur, G. P. and Jacob, D. J. (2017). *Modeling of atmospheric chemistry*. Cambridge University Press.
- Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R., Verheggen, B., Maibach, E. W., Carlton, J. S., Lewandowsky, S., Skuce, A. G., Green, S. A., et al. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11(4):048002.
- Hijmans, R. J. (2019). *raster: Geographic Data Analysis and Modeling*. R package version 3.0-2.
- Ibarra-Espinosa, S., Ynoue, R., O'Sullivan, S., Pebesma, E., Andrade, M. D. F., and Osses, M. (2018). Vein v0.2.2: an r package for bottom-up vehicular emissions inventories. *Geoscientific Model Development*, 11(6):2209–2229.
- Kaiser, J., Jacob, D. J., Zhu, L., Travis, K. R., Fisher, J. A., González Abad, G., Zhang, L., Zhang, X., Fried, A., Crounse, J. D., St. Clair, J. M., and Wisthaler, A. (2018). High-resolution inversion of omi formaldehyde columns to quantify isoprene emission on ecosystem-relevant scales: application to the southeast us. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(8):5483–5497.

- Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., Bertollini, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J. I., Breysse, P. N., et al. (2018). The lancet commission on pollution and health. *The Lancet*, 391(10119):462–512.
- Macedonio, G., Pareschi, M. T., and Santacroce, R. (1988). A numerical simulation of the plinian fall phase of 79 ad eruption of vesuvius. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 93(B12):14817–14827.
- Ntziachristos, L. and Samaras, Z. (2016). Emeep/eea emission inventory guidebook; road transport: Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motorcycles. *European Environment Agency, Copenhagen*.
- OMS (2019). *Global Platform on Air Quality and Health*. <http://goo.gl/y0JhjI>.
- Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10(1):439–446.
- Pebesma, E. (2019). *stars: Spatiotemporal Arrays, Raster and Vector Data Cubes*. <https://r-spatial.github.io/stars/>, <https://github.com/r-spatial/stars/>.
- Pulses, T. and Helsinga, D. (2010). *The art of emissions inventorying*. TNO.
- Schimel, D., Alves, D., Enting, I., Heimann, M., Joos, F., Raynaud, D., Wigley, T., Prather, M., Derwent, R., Ehhalt, D., et al. (1996). Radiative forcing of climate change. *Climate change 1995: The science of climate change*, pages 65–131.
- Stocker, T. (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Wikipedia contributors (2019a). Aerosol — Wikipedia, the free encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Aerosol&oldid=914421453>. [Online; accessed 9-September-2019].
- Wikipedia contributors (2019b). Great smog of london — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Great\\_Smog\\_of\\_London&oldid=914236507](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Great_Smog_of_London&oldid=914236507). [Online; accessed 8-September-2019].
- Wikipedia contributors (2019c). Great smog of london — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Great\\_Smog\\_of\\_London&oldid=914236507](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Great_Smog_of_London&oldid=914236507). [Online; accessed 8-September-2019].
- Wikipedia contributors (2019d). Mount vesuvius — Wikipedia, the free encyclopedia. [Online; accessed 8-September-2019].

- Wikipedia contributors (2019e). Nelson's column — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nelson%27s\\_Column&oldid=914602869](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nelson%27s_Column&oldid=914602869). [Online; accessed 8-September-2019].
- Wikipedia contributors (2019f). Ozone — Wikipedia, the free encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ozone&oldid=914124258>. [Online; accessed 8-September-2019].
- Wikipedia contributors (2019g). Tropospheric ozone — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Tropospheric\\_ozone&oldid=911584695](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Tropospheric_ozone&oldid=911584695). [Online; accessed 8-September-2019].
- Wood, S. (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. Chapman and Hall/CRC, 2 edition.