



*Un fisquito de  
Matemáticas  
7ª temporada*

**DISQUISICIONES  
DE UNA  
MATEMÁTICA  
POR UN MUNDO  
MÁS  
SOSTENIBLE**

**Belén Melián**

Jueves  
8 de noviembre de 2018  
10:45-10:55  
Aula Magna de  
Matemáticas y Física

POAT-Matemáticas

# Nuestro Mundo



# Noticias de prensa

≡ EL PAÍS

Materia

CALENTAMIENTO GLOBAL ›

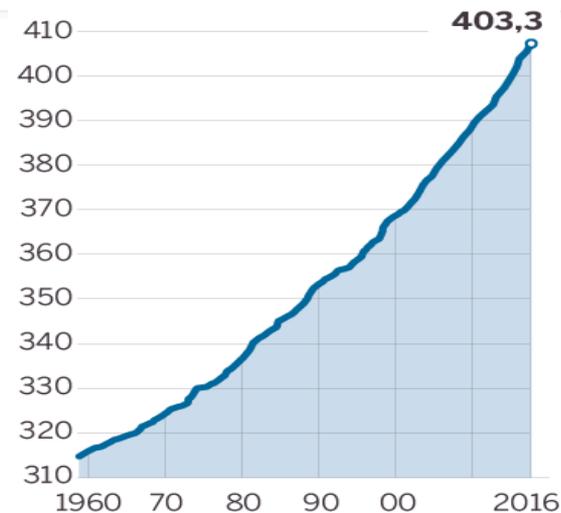
## Nuevo récord de concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera

La Organización Meteorológica Mundial advierte de un "aumento peligroso de la temperatura"



### CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub>

En la atmósfera (partes por millón)



MANUEL PLANELLES

Madrid - 30 OCT 2017 - 16:30 CET

Fuente: WMO. EL PAÍS



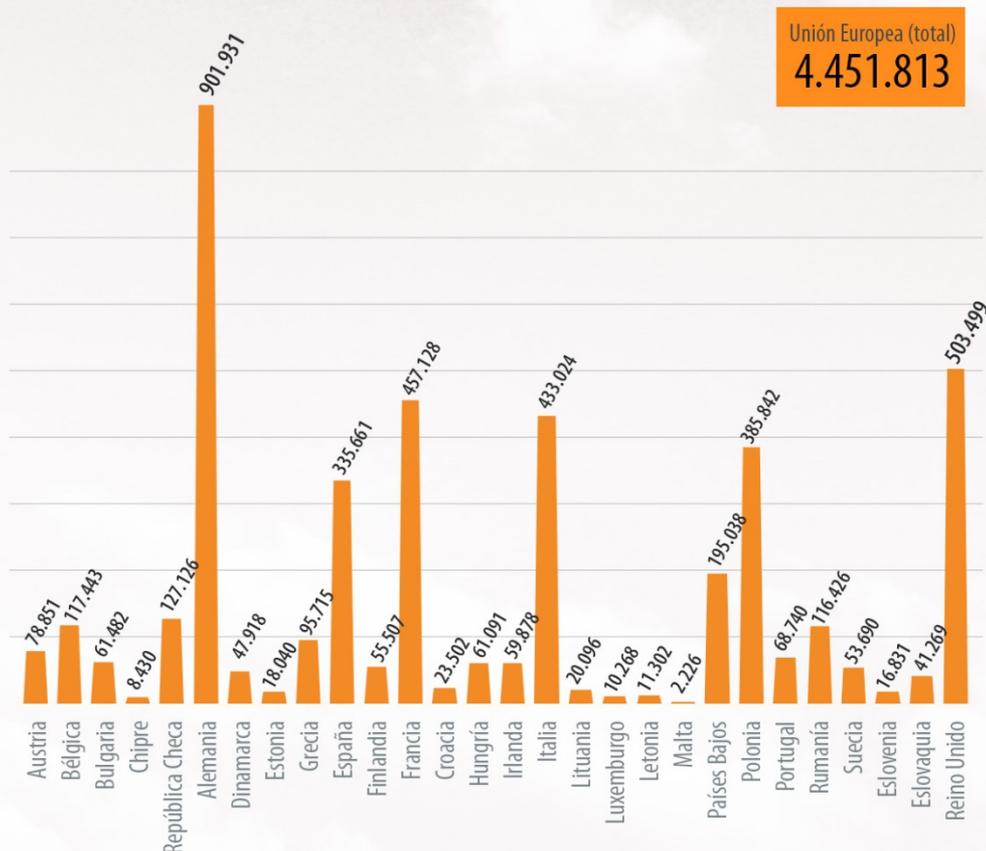
Noticias  
Parlamento Europeo

## Emisiones de gases de efecto invernadero por país

07-03-2018 - 14:49

# Total de emisiones de gases de efecto invernadero por país en 2015

[kilotoneladas de equivalente de CO<sub>2</sub>\*\*]



\*Todos los sectores excluyendo el uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura

\*\*CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O en equivalente de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> en equivalente de CO<sub>2</sub>, PFC en equivalente de CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> en equivalente de CO<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>F en equivalente de CO<sub>2</sub>

Fuente:  
Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA),  
Eurostat



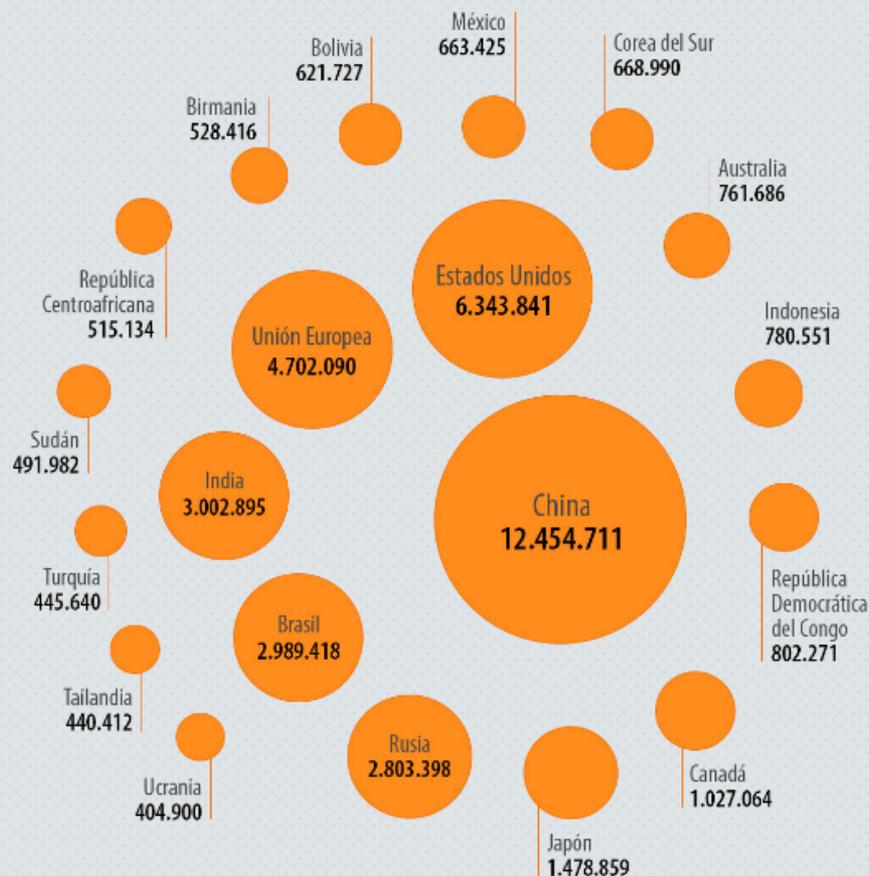
Noticias  
Parlamento Europeo

## Emisiones de gases de efecto invernadero por país

07-03-2018 - 14:49

# Principales emisores de gases de efecto invernadero en el mundo en 2012

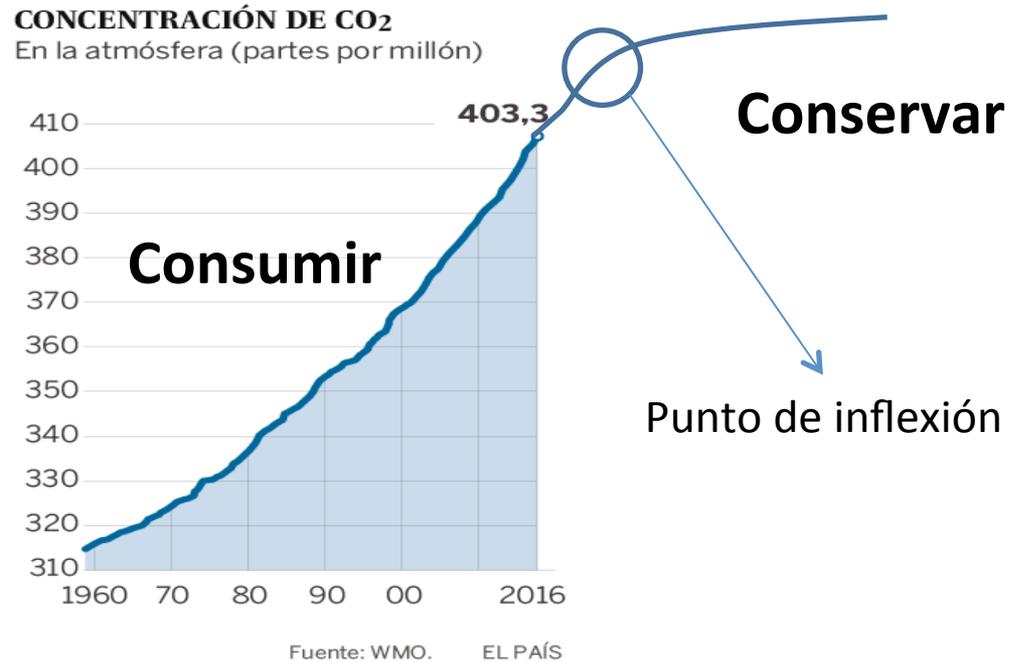
[kilotoneladas de equivalente de CO<sub>2</sub>]



europarl.eu

Fuente: Banco Mundial

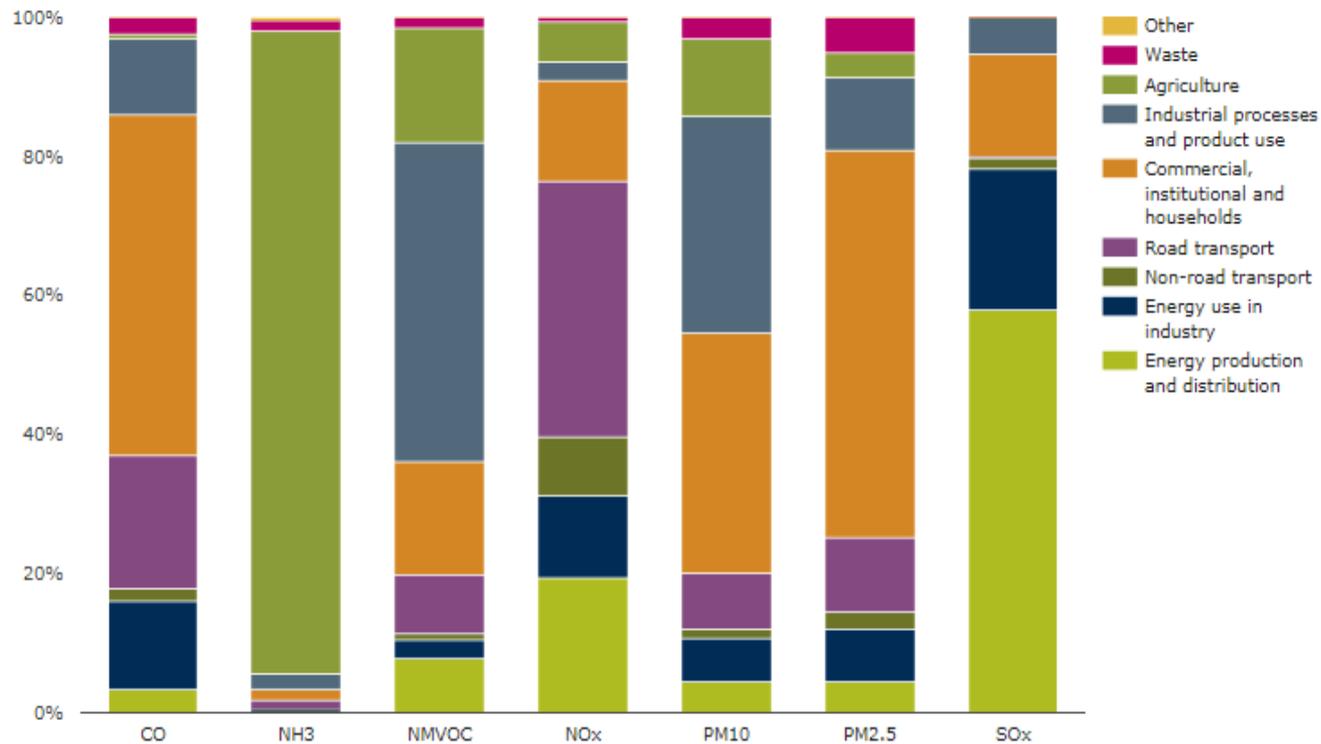
# ¿Matemáticas y sostenibilidad?



- **Sostenible.** Que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente
- Cambio medioambiental - Las matemáticas preguntan cuánto de rápido
- Riesgo - Las matemáticas preguntan cuáles son las probabilidades
- Ecología, red interconectada de la vida - Las matemáticas preguntan cómo de conectada



Chart – Emissions of the main air pollutants by sector group in the EEA-33



**Note:**

CO: Carbon monoxide;

NH3: ammonia;

NMVOCs: non-methane volatile organic compounds, such as benzene, ethanol, etc.

NOx: nitrogen oxides is a generic term for the mono-nitrogen oxides NO and NO2;

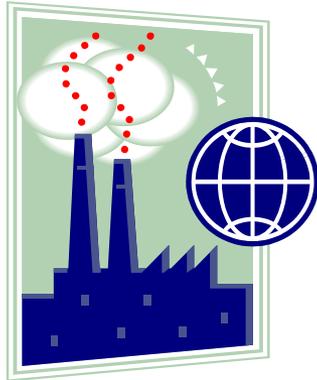
PM10: Fine particulate matter consisting of fine particles with a diameter of 10 micrometers or less;

PM2.5: fine particulate matter consists of fine particles with a diameter of 2.5 micrometers or less;

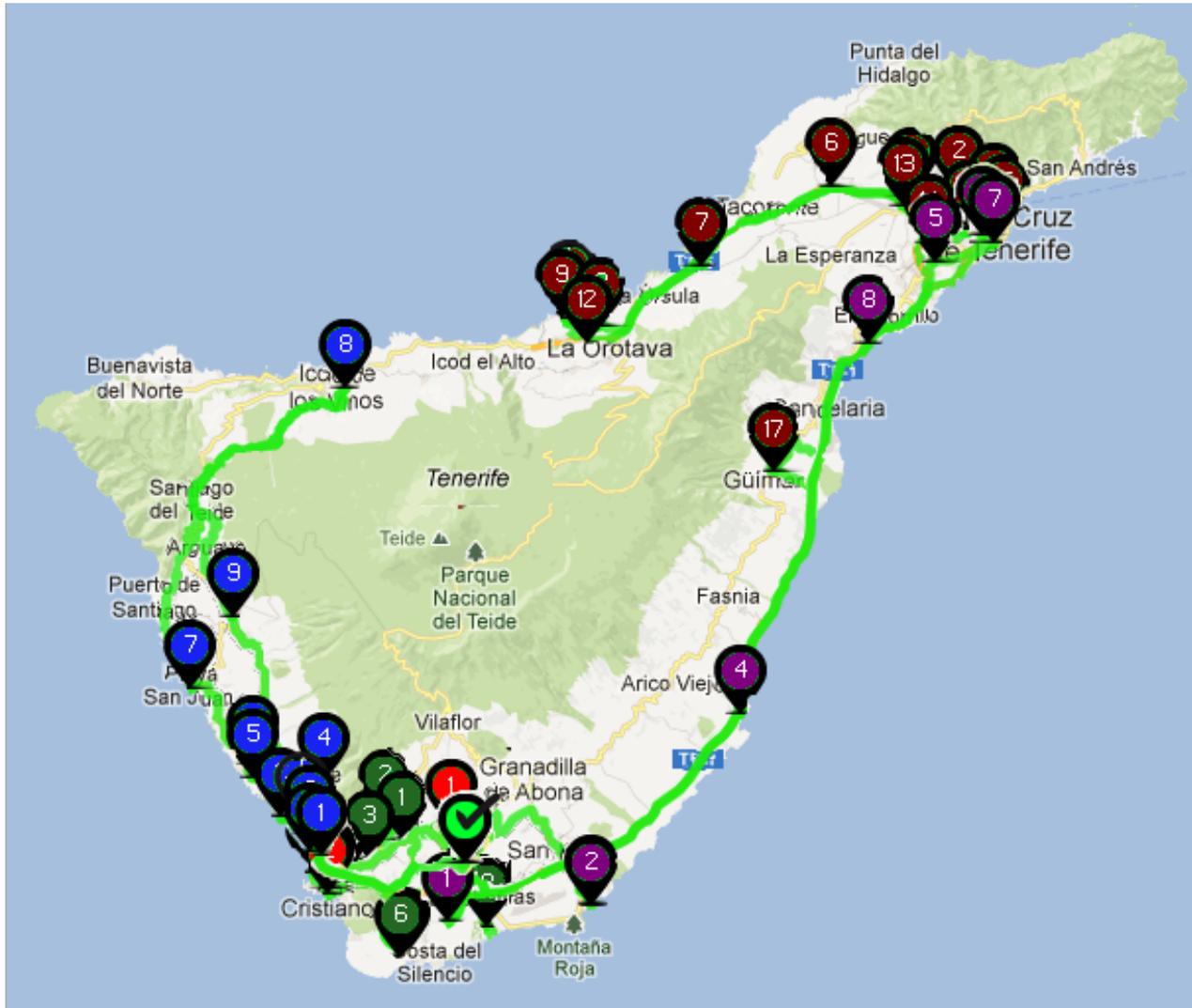
SOx: sulphur oxides is a term that refers to many types of sulphur- and oxygen-containing components (SO, SO2, SO3, S7O2, S6O2, S2O7, etc.).

Last year a separate sector, 'Solvent and product use', was included. This is now part of the 'Industrial processes and product use' sector.

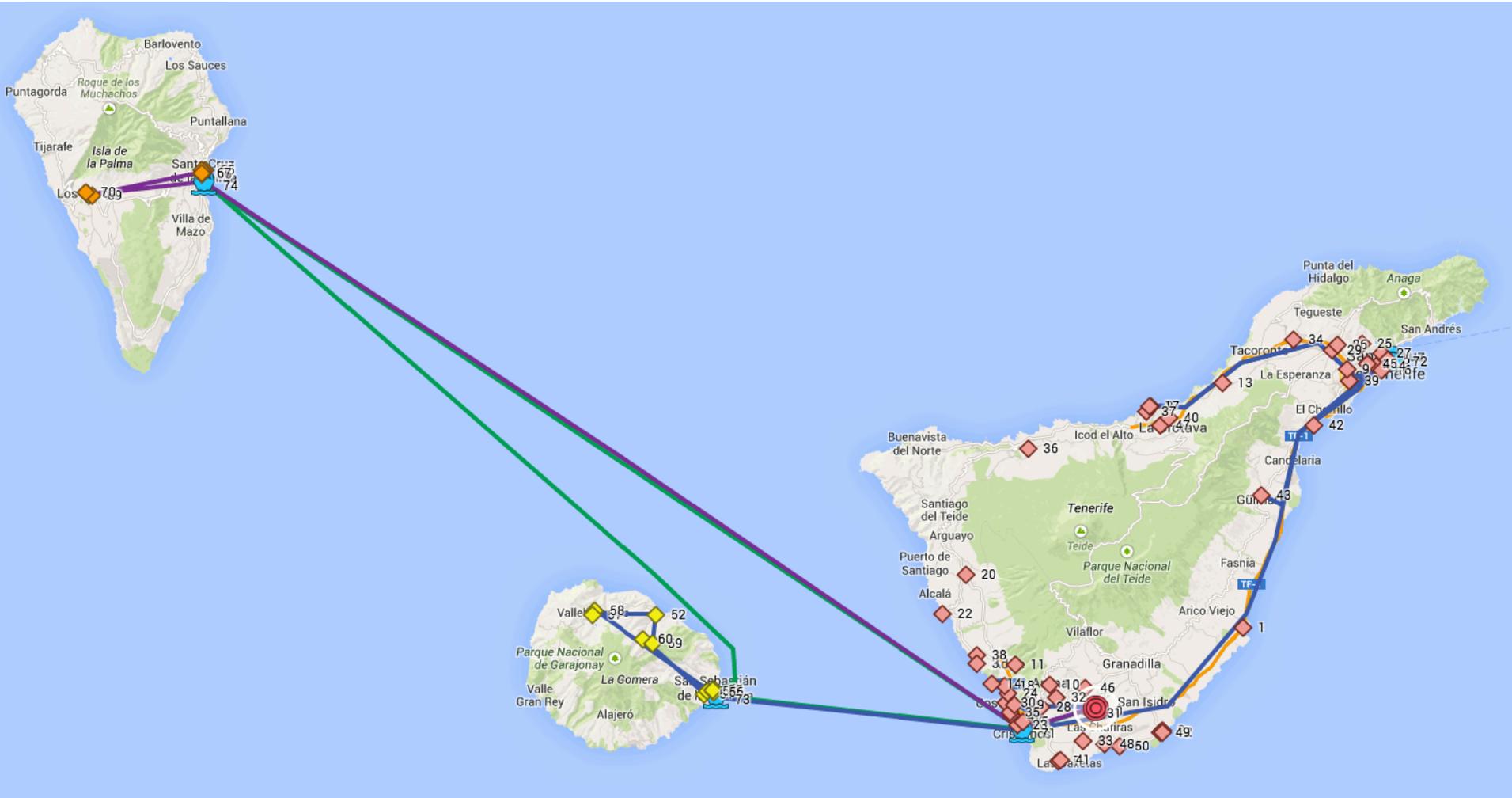
# ¿Qué pueden hacer las matemáticas en logística sostenible?



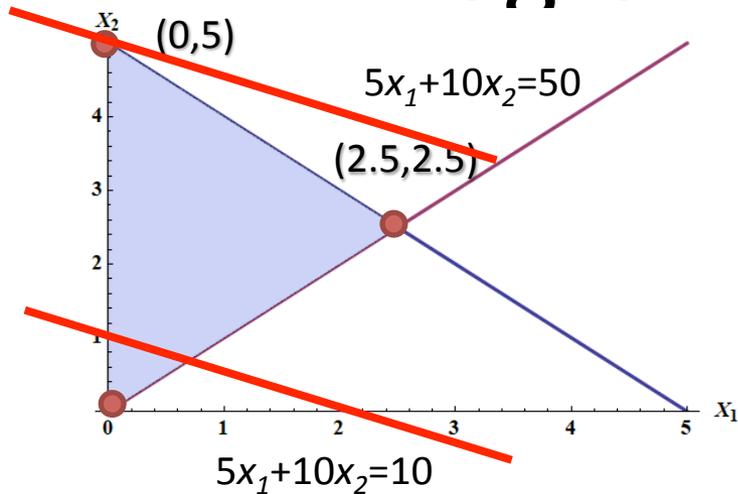
# Optimización de rutas por carretera (VRPTW)



# Optimización de rutas por carretera (IVRPTW)



# Programación lineal



**Maximizar**  $z = 5x_1 + 10x_2$

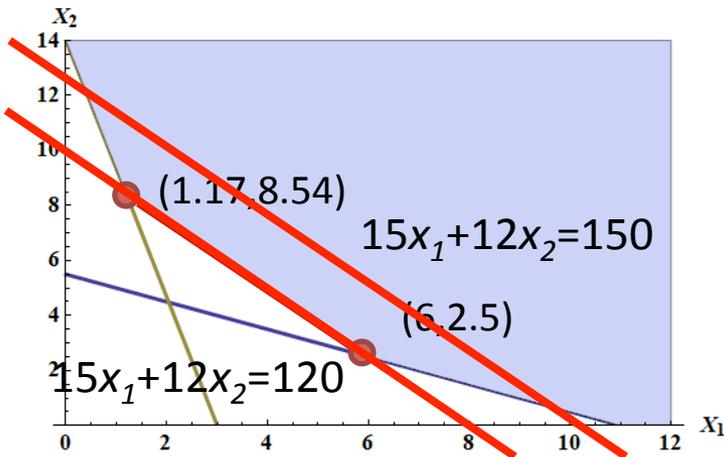
sujeto a:  $x_1 + x_2 \leq 5$

$x_1 - x_2 \leq 0$

$x_1, x_2 \geq 0$

Solución óptima:  $x_1 = 0, x_2 = 5;$

$z = 50$



**Minimizar**  $z = 15x_1 + 12x_2$

sujeto a:  $4x_1 + 8x_2 \geq 44$

$5x_1 + 4x_2 \geq 40$

$14x_1 + 3x_2 \geq 42$

$x_1, x_2 \geq 0$

Solución óptima: Tiene infinitas soluciones

$x_1 = 6, x_2 = 2.5; z = 120$

$x_1 = 1.17, x_2 = 8.54; z = 120$

# Programación lineal entera

En un problema con  $n$  variables binarias, el número de soluciones analizar es  $2^n$ .

Variables	Soluciones
1	2
2	4
4	16
5	32
10	1.024
15	32.768
20	1.048.576
25	33.554.432
50	1,1259E+15
100	1,2677E+30
200	1,6069E+60
500	3,2734E+150
1000	1,0715E+301

Tiempo	Operaciones
1 segundo	1E+12
1 minuto	6E+13
1 hora	3,6E+15
1 día	8,64E+16
1 mes	2,592E+18
1 año	3,1104E+19
1 siglo	3,1104E+21
100 siglos	3,1104E+23
1000 siglos	3,1104E+24
1 millón de siglos	3,1104E+27
100 millones de siglos	3,1104E+29
1000 millones de siglos	3,1104E+30

**100 variables**  
1,2677E+30

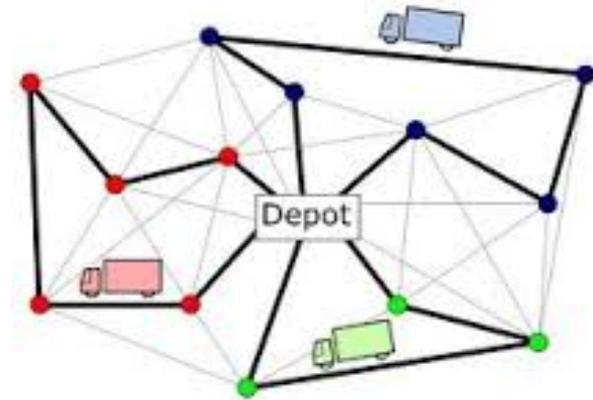
**408 Millones**  
**de siglos**

# Optimización de rutas por carretera (VRPTW)

El VRPTW puede ser modelado sobre un grafo completo, cuyos nodos son los  $n$  clientes más el depósito.

## Datos

- $n$ : número de clientes
- $V = \{0, 1, \dots, n\}$ : conjunto de índices de los nodos del grafo
- $d_i$ : demanda del cliente  $i$
- $c_{ij}$ : distancia del nodo  $i$  al nodo  $j$  usando el arco  $(i, j)$
- $Q$ : capacidad de los vehículos
- $s_i$ : tiempo de servicio en el cliente  $i$
- $a_i$ : comienzo de la ventana de tiempo del cliente  $i$
- $b_i$ : finalización de la ventana de tiempo del cliente  $i$



## Variables de decisión

- $x_{ij} = 1$ , si el arco  $(i, j)$  es usado en cualquier ruta; 0, en otro caso.
- Variables auxiliares de holgura para controlar la capacidad de los vehículos.

# Metaheurísticas

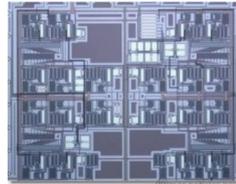
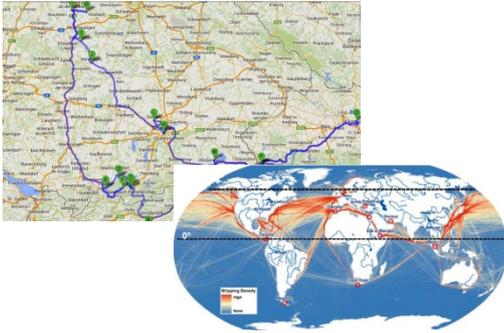
- Término acuñado por el profesor **Fred Glover** en 1986

“A **metaheuristic** is a high-level problem-independent algorithmic framework that provides a set of guidelines or strategies to develop heuristic optimization algorithms. The term is also used to refer to a **p r o b l e m - s p e c i f i c** implementation of a heuristic optimization algorithm according to the guidelines expressed in such a framework.” (Glover and Sorensen, 2013)



# Metaheurísticas

## Aplicaciones





*Un fisquito de  
Matemáticas  
7ª temporada*

**DISQUISICIONES  
DE UNA  
MATEMÁTICA  
POR UN MUNDO  
MÁS  
SOSTENIBLE**

**Belén Melián**

Jueves  
8 de noviembre de 2018  
10:45-10:55  
Aula Magna de  
Matemáticas y Física