

GF 3022

Hoy

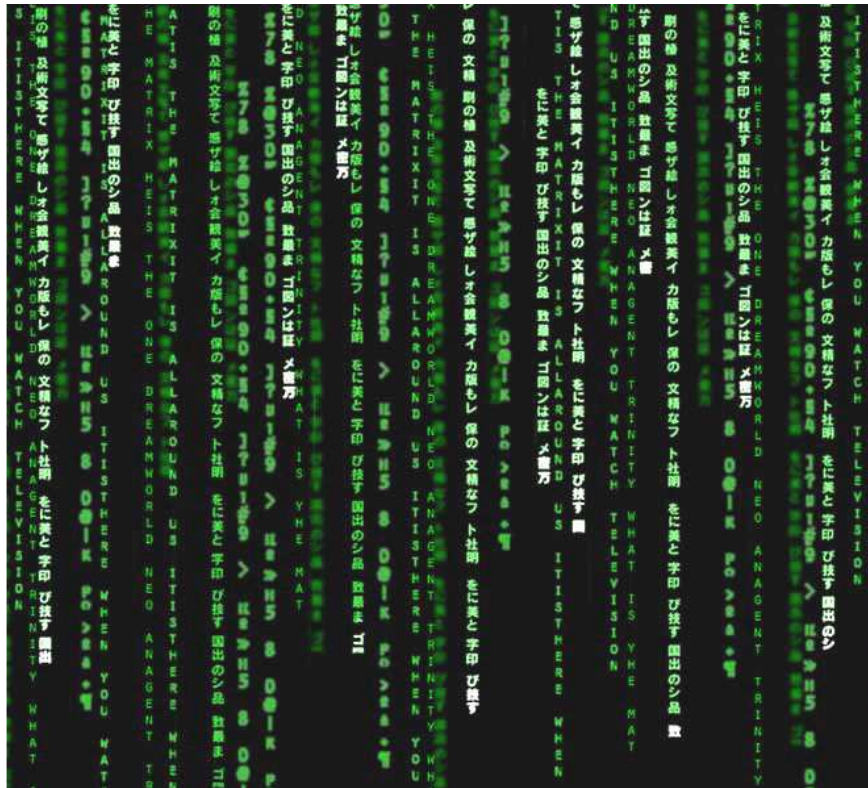
- Presentaciones grupales
- Ecuación de continuidad (“LA” ecuación)
 - Términos
 - Deducción
 - Descomposición de Reynolds
 - Advección y mezcla turbulenta
 - Procesos y modularización



Modelos de dispersión

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\vec{v} \cdot \nabla c - c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) + Q - S$$

+CI & CB

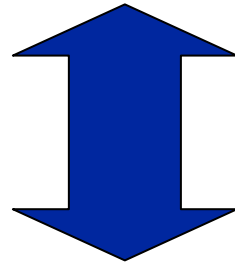


Ecuación de continuidad
Procesos
Tipos de modelos
Modelos en Chile

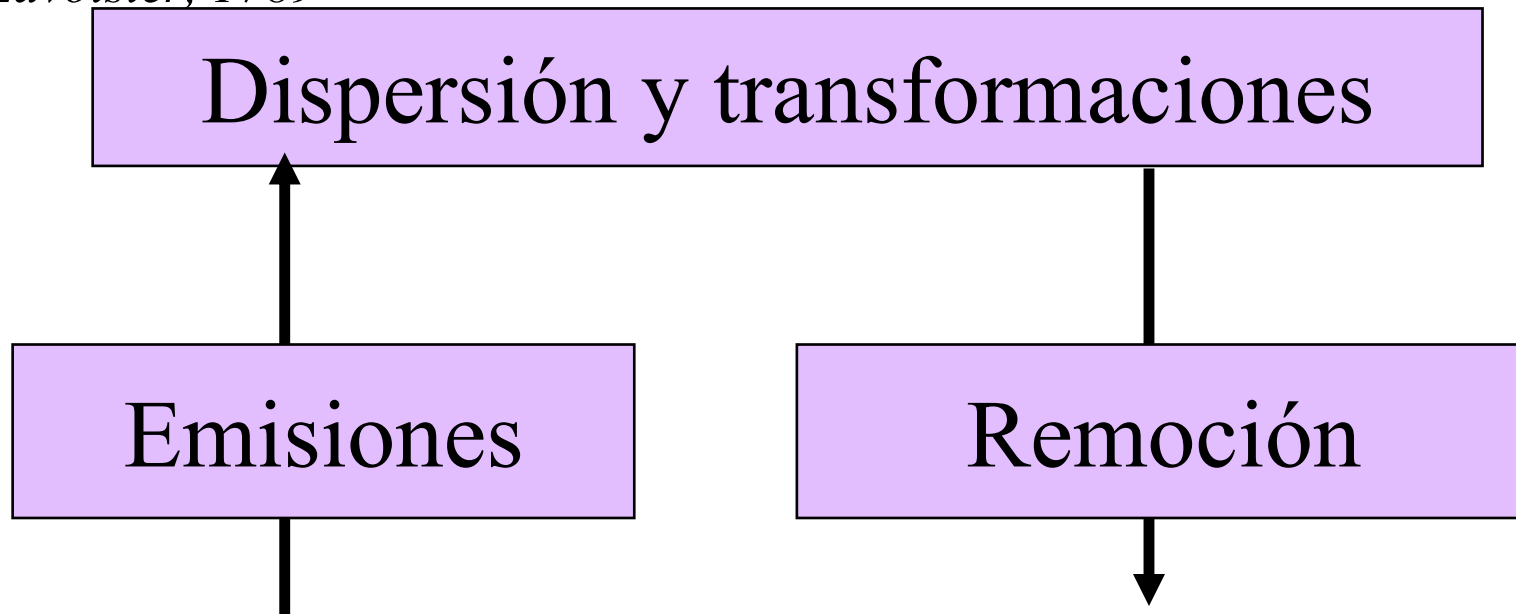
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\vec{v} \cdot \nabla c - c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) + Q - S$$



Lavoisier, 1789



+CI & CB



Conservación de masa para cada traza

+CB

+CI

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\vec{v} \cdot \nabla c - c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) + Q - S$$

Variación por advección
por el flujo promedio

Variación por
flujos turbulentos

Variación por convergencia
o divergencia del aire

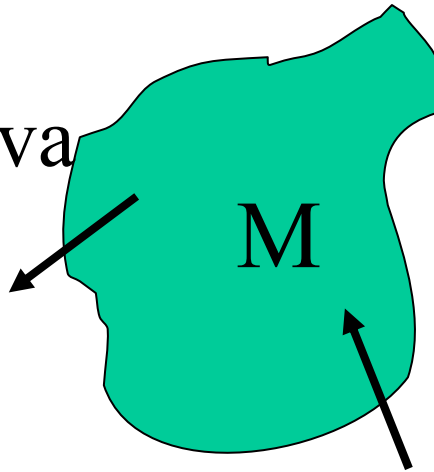
Variación Local
de la concentración

Fuentes y Sumideros

¿De dónde viene la ecuación de continuidad?

Lavoisier (1789)
la masa se conserva

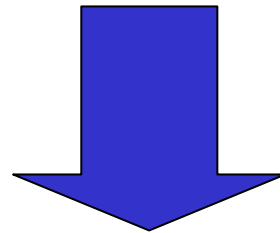
Sea un volumen
arbitrario V que
contiene una masa M



$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_V c dV = \int_{A=\partial V} -\vec{F} \cdot d\vec{A} + \int_V (Q - S) dV$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_V c dV = \int_{A=\partial V} -\vec{F} \cdot d\vec{A} + \int_V (Q - S) dV$$

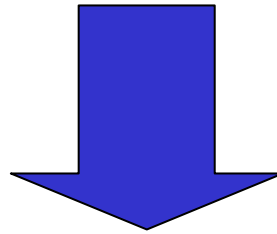
Gracias a Gauss...



$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_V c dV = \int_V -\nabla \cdot \vec{F} dV + \int_V (Q - S) dV$$

Como V es arbitrario...

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \int_V c dV = \int_V -\nabla \cdot \vec{F} dV + \int_V (Q - S) dV$$



$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\nabla \cdot \vec{F} + Q - S$$

Transporte
Atmosférico
¿Qué es $\vec{F}$?

Desorganizado e individual,
difusión molecular

$$\vec{F} = \kappa \nabla c$$

Organizado y colectivo,
siguiendo el viento promedio

$$\vec{F} = c \vec{V}$$

Ergo...

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\nabla \cdot \vec{F} + Q - S$$

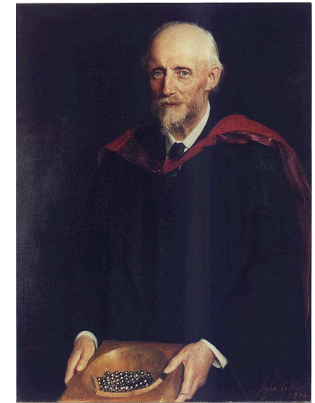
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\nabla \cdot (c\vec{v}) - \kappa \nabla^2 c + Q - S$$

Pero en la práctica...

1. La difusión molecular es **casi** siempre despreciable

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\nabla \cdot (c\vec{V}) - \cancel{k\nabla^2 c} + Q - S$$

0



2. Las variables se conocen sólo como promedios temporales y/o espaciales (Partición de Reynolds)

$$c = \bar{c} + c' \quad \vec{V} = \bar{\vec{V}} + \vec{V}'$$

Usando las identidades...

$$\frac{dc}{dt} = \frac{\partial c}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla c$$

$$\nabla \cdot (c \vec{v}) = \vec{v} \cdot \nabla c + c \nabla \cdot \vec{v}$$

À la Euler...modelos Eulerianos

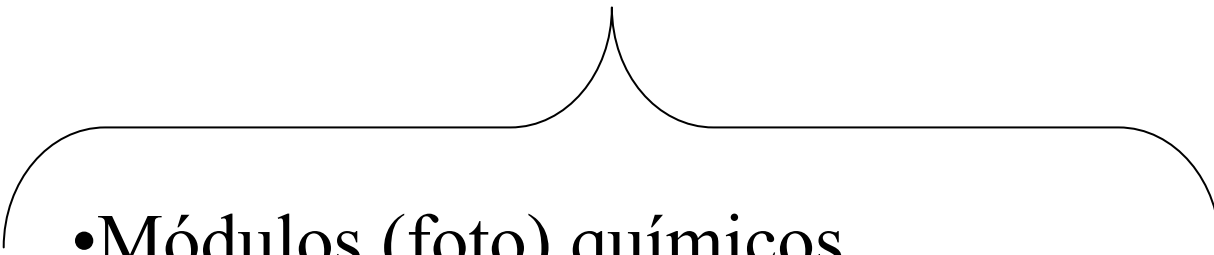
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\vec{v} \cdot \nabla c - c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) + Q - S$$

À la Lagrange...modelos Lagrangianos

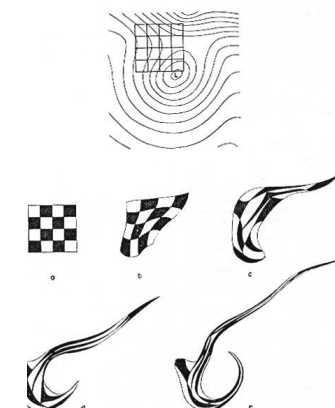
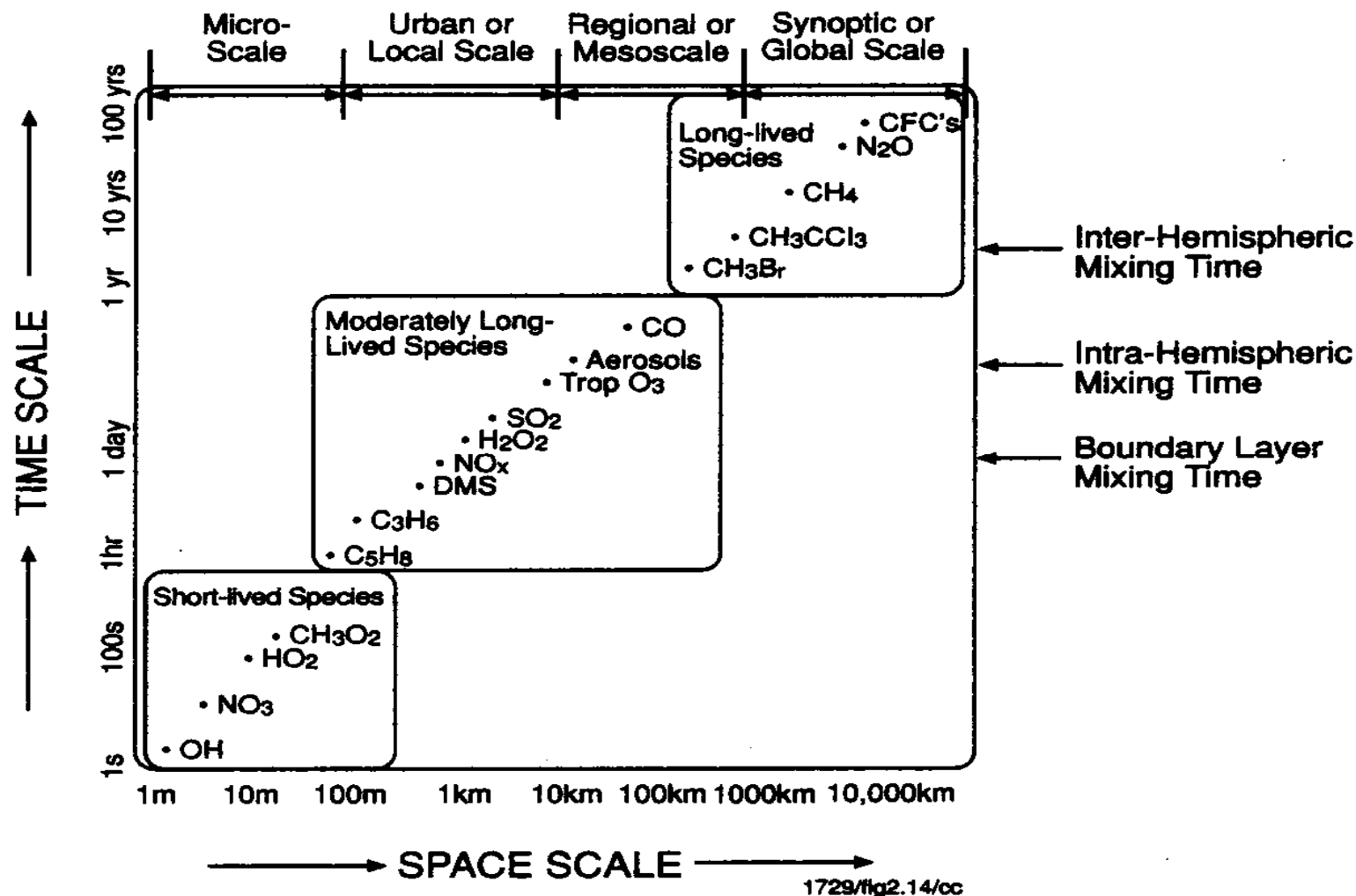
$$\frac{dc}{dt} = -c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) + Q - S$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\vec{v} \cdot \nabla c - c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) + Q - S$$

CI/CB

- 
- Módulos (foto) químicos
 - *Módulos meteorológicos*
 - Métodos numéricos y resolución de EDP
 - Datos de entrada (Emisiones, CI, CB)
 - Implementaciones computacionales
 - Evaluación y validación

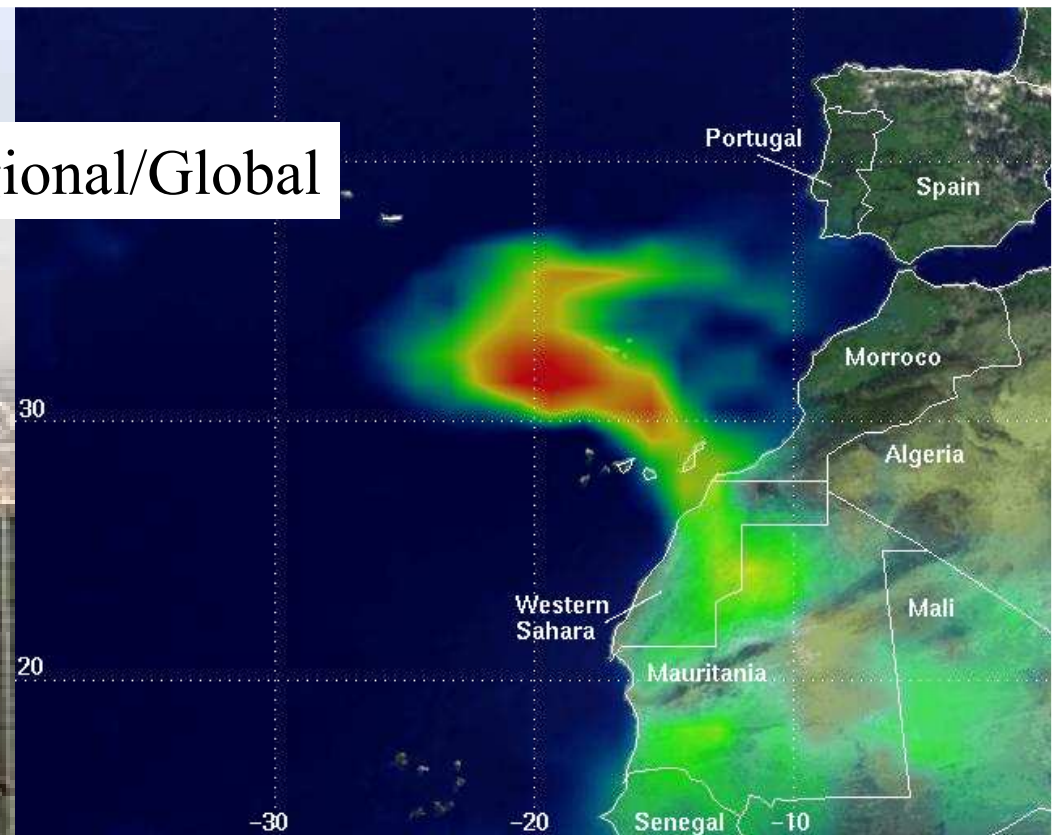
Desde interacciones moleculares hasta sistemas de tiempo de miles de kilómetros...¡todo a la vez!



Local/regional



Regional/Global



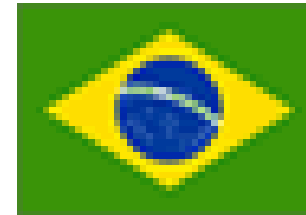
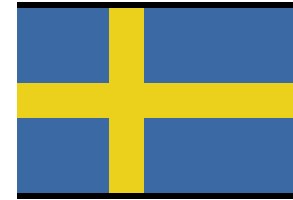
Local/micro

LGK GF3022 2009



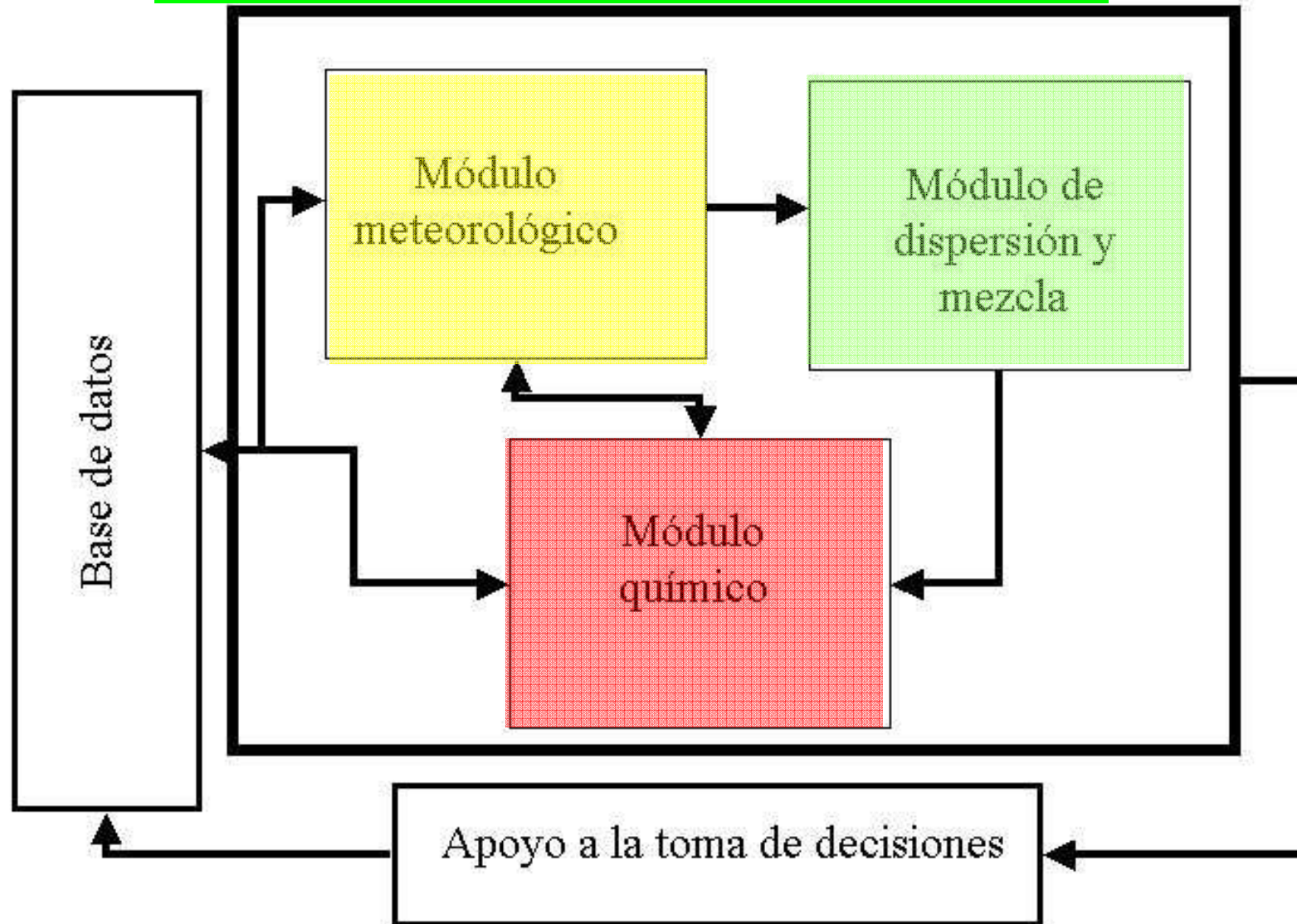
Ecuación de continuidad en:

- MATCH según Robertson et al, 1999
- CATT-BRAMS según Freitas et al, 2007



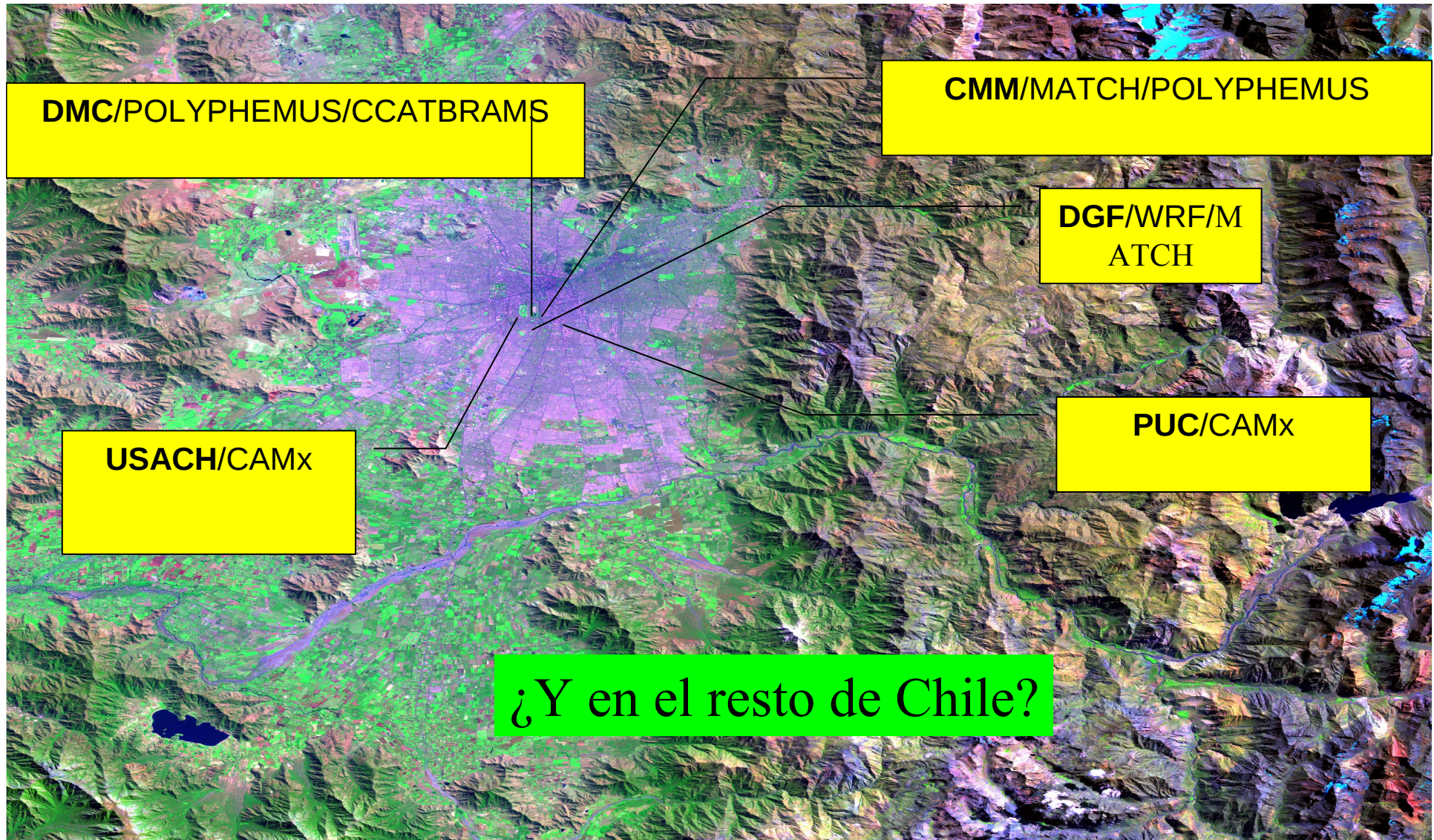
¿Qué tienen en común? ¿qué los diferencia?

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad T = -\vec{v} \cdot \nabla c - c \nabla \cdot \vec{v} - \nabla \cdot (\langle c' \vec{v}' \rangle) \quad C = Q - S$$





¿Modelos en Santiago?...



Lecturas recomendadas de hoy

- *Gallardo, 2006*
- Seinfeld & Pandis, 1998/2006 Cap. 17
- Jacobson, 1999 Cap 3
- <http://arjournals.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.energy.22.1.537>