

Tarea 2

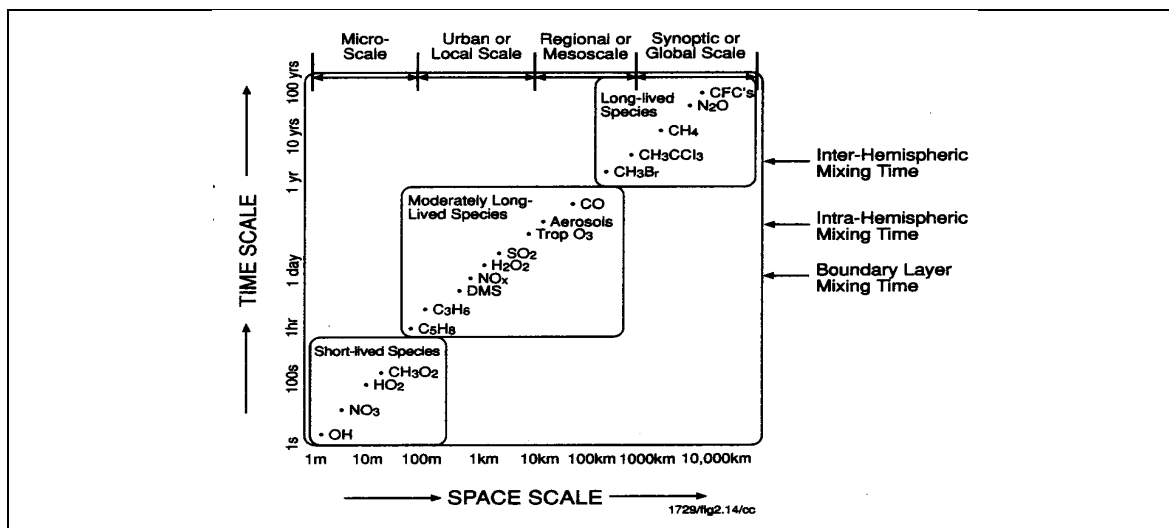
1) Tiempo de recambio y alcance de la dispersión

Se estima que el tiempo de recambio de:

- el metano (CH_4) es de aproximadamente 10 años
- el monóxido de carbono (CO) es de aproximadamente 1 mes
- el dióxido de azufre (SO_2) es de aproximadamente 3 días
- las partículas “gruesas” es de $\frac{1}{2}$ hora

¿Qué puede decirse acerca de la extensión sobre la cual estos compuestos son dispersados? Justifica tu respuesta.

Considera:



Fuente: Brasseur, G. P., a. B. Khattatov, and S. Walters, 1999: Modeling, in *Atmospheric Chemistry and Global Change*, edited by G. Brasseur, a. J. Orlando, and G. Tyndall, Oxford University Press, Oxford.

2) Ecuación de continuidad en un modelo de dispersión global MOGUNTIA (Zimmermann, 1988*).

A partir de la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial(\rho\mu)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho\mu\mathbf{v}) = Q - S (*)$$

donde:

$\partial/\partial t$: indica la variación local respecto del tiempo

* Zimmermann, P., 1988: MOGUNTIA: A handy global tracer model. In "Air pollution modeling and its applications" (van Dop, ed.), Volume VI Plenum, New York.

∇ : indica la variación respecto del espacio (tres direcciones independientes)

ρ : densidad el aire (g/m^3)

μ : razón de mezcla en masa (g/g)

$\mathbf{v}$: vector tridimensional de viento (m/s)

Q : fuentes ($\text{g/m}^3 \text{ s}$)

S : sumideros ($\text{g/m}^3 \text{ s}$)

y:

- definiendo los promedios:

$$\langle x \rangle = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau x \, dt$$

$$[x] = \frac{\langle \rho x \rangle}{\langle \rho \rangle}$$

- considerando las particiones (llamadas de Reynolds):

$$\rho = \langle \rho \rangle + \rho'$$

$$\mu = [\mu] + \mu''$$

$$\mathbf{v} = [\mathbf{v}] + \mathbf{v}''$$

donde las primas ' indican perturbaciones en torno al promedio.

- usando la ecuación de conservación de masa del aire expresada como:

$$\frac{\partial(\rho)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

- introduciendo el “tensor de difusión” según:

$$[\mu'' \mathbf{v}''] = -K_{ij} \frac{\partial [\mu]}{\partial x_j} = -\tilde{K} \cdot \nabla \mu$$

demuestra que la ecuación de continuidad para cualquier sustancia (*) se puede escribir como:

$$\langle \rho \rangle \frac{\partial([\mu])}{\partial t} = -\langle \rho \rangle [\mathbf{v}] \cdot \nabla [\mu] + \nabla \cdot (\langle \rho \rangle \tilde{K} \cdot \nabla [\mu]) + \langle Q \rangle - \langle S \rangle \quad (**)$$

Discute el significado de cada uno de los términos de la ecuación (**).

Visita sugerida: <http://www.moguntia-global-modelling.de/>

3) Un modelo simple de azufre oxidado

Un modelo simple de transporte de contaminantes describe la concentración de dióxido de azufre (SO_2) y sulfato (SO_4) según:

$$\frac{dC_1}{dt} = (1 - \alpha - \beta) \frac{Q}{D} - \left(\frac{v_1}{D} + k_t + k_{w1} \right) C_1$$

$$\frac{dC_2}{dt} = \beta \frac{Q}{D} + k_t C_1 - \left(\frac{v_2}{D} + k_{w2} \right) C_2$$

donde:

C_1 : concentración de SO_2 -S (expresado como azufre S) en gS/m^3

C_2 : concentración de SO_4 -S (expresado como azufre S) en gS/m^3

Q : emisión de SO_2 -S en $\text{gS/m}^2 \text{ s}$

$\alpha=0.15$: deposición local de SO_2 -S dentro de los primeros 100 km de trayecto

$\beta=0.05$: fracción de la emisión que ocurre como SO_4 -S

$D=1\text{ km}$: altura de la capa de mezcla

$k_t = 3.0 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ coeficiente de transformación de SO_2 a SO_4

k_{w1}, k_{w2} : coeficientes de deposición húmeda de SO_2 y SO_4

$v_1 = 0.8 \text{ cm/s}$: velocidad de deposición de SO_2 -S

$v_2 = 0.1 \text{ cm/s}$: velocidad de deposición de SO_4 -S

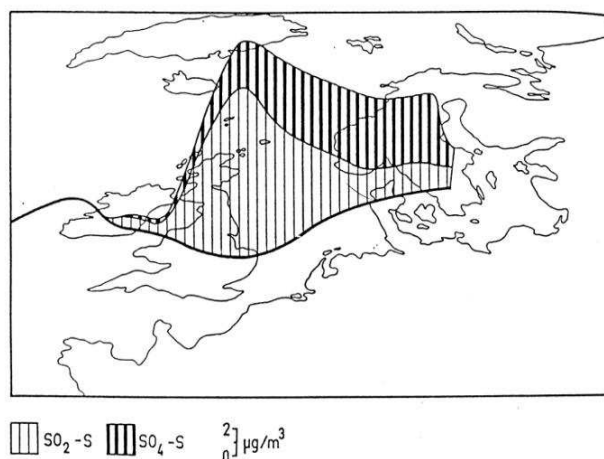


Figura 1. La figura muestra la evolución de un penacho de azufre oxidado emitido en Gran Bretaña hasta su llegada a Escandinavia (Adaptado de Rodhe, 1991).

Las ecuaciones anteriores describen las derivadas temporales individuales (totales) y describen las transformaciones en el tiempo que ocurren en las burbujas de aire que siguen trayectorias en la capa límite.

Estima la concentración de SO_2 -S y SO_4 -S en la costa occidental sueca cuando el azufre emitido en Inglaterra es transportado según este modelo (¿En qué tipo de referente está expresado este modelo?).

Supón que las emisiones en Inglaterra determinan una concentración inicial en el paquete de aire que es transportado de $30 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ y $10 \mu\text{g SO}_4/\text{m}^3$. Considera también que el tiempo de transporte entre Inglaterra y la costa sueca es de 20 horas y que no llueve en el trayecto. Durante dicho trayecto no hay emisiones.

Para más detalle ver (Lectura sugerida):

Eliassen, A., Hov, Ø., Isaksen, I., Saltbones, J. and Stordal, F., 1982: A Lagrangian long-range transport model with atmospheric boundary layer chemistry. *J. Appl. Met.*, 21, 1645-1661.

4) Ecuación de continuidad en un modelo regional (MATCH)

Revisa la información presentada en:

Robertson, L., Langner, J., and Engardt, M. 1999. An Eulerian limited-area atmospheric transport model. *J. Appl. Met.* 38, 190-210.

- A partir de lo allí explicado y lo que tú conoces de modelos de dispersión, indica cómo se representan la ecuación de continuidad o de conservación de masa en este modelo.
- Busca información sobre algún otro modelo de dispersión (ver tabla adjunta) y discute en qué se diferencia la representación de la ecuación de continuidad en dicho modelo.

Sigla	www	Referencias	Contacto en Chile
POLYPHEM US/ POLAIR	http://www.enpc.fr/cerea/polyphemus/	V. Mallet and B. Sportisse. 3-d chemistry-transport model Polair3D: numerical issues, validation and automatic-differentiation strategy. <i>Atmos.Chem. Phys. Disc.</i> , (1):1371:1392, 2004.	Ricardo Alcañuz ricardo@meteochile.cl
CMAQ/ CAMx	http://www.epa.gov/asmdnerl/CMAQ/ http://www.camx.com/	http://www.epa.gov/asmdnerl/CMAQ/CMAQscienceDoc.html	- Luis Díaz, Universidad Católica de Temuco, ldiaz@uct.cl - Héctor Jorquera, U. Católica Santiago, jorquera@puc.cl - Pedro Sanhueza, Universidad de Santiago, psanhuez@usach.cl
WRF	http://www.wrf-model.org/index.php	Skamarock, W. C., J. B. Klemm, J. Dudhia, D. O. Gill, D. M. Barker, W. Wang and J. G. Powers, 2005: A Description of the Advanced Research WRF Version 2 (http://www.wrf-model.org/wrfadmin/publications.php)	Rainer Schmitz schmitzr@dgf.uchile.cl

NB. Recuerda ser explícito(a) y claro(a) en cuanto al razonamiento y la presentación de tus resultados. En particular, define los símbolos y resuelve primero simbólicamente y luego con números. Controla que tus resultados sean razonables. En los ejercicios numéricos usa el número apropiado de cifras significativas. ¡Buena suerte!

Repartida: 19 de Abril, Devolver: 3 de Mayo