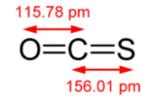


## TAREA 1

Repartida: Lunes 4 de Abril de 2011

Devolver: Lunes 2 de Mayo de 2011



### 1) El compuesto de azufre más abundante de la atmósfera

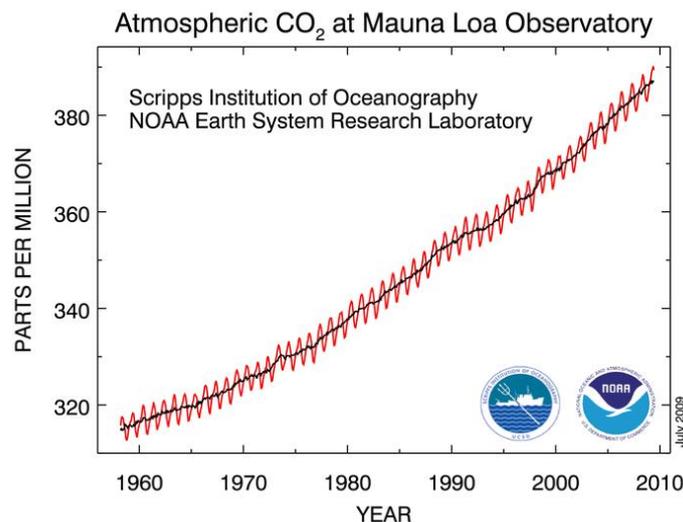
La razón de mezcla en volumen del oxisulfuro de carbono (OCS) en la atmósfera es en promedio 500 pptv. Estima su tiempo de recambio en la atmósfera si se producen anualmente  $1.2 \text{ Tg}^{**}$ , contados como azufre (S), y se puede suponer que hay equilibrio entre fuentes y sumideros. Considerando el tiempo de recambio estimado, ¿cuán acertado es suponer que el OCS está perfectamente mezclado en la atmósfera?; ¿esperarías medir variaciones interhemisféricas?

#### Lecturas complementarias:

Montzka, S. A., P. Calvert, B. D. Hall, J. W. Elkins, T. J. Conway, P. P. Tans, and C. Sweeney (2007), On the global distribution, seasonality, and budget of atmospheric carbonyl sulfide (COS) and some similarities to  $\text{CO}_2$ , *J. Geophys. Res.*, 112, D09302, doi:10.1029/2006JD007665.

### 2) Acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera

La emisión anual de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por quema de combustibles fósiles es aproximadamente  $7 \text{ PgC}^1$ . ¿Cuál sería el aumento anual en la razón de mezcla de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera si todo el  $\text{CO}_2$  emitido se acumulara en la atmósfera?



Ver :

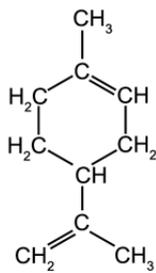
<http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg/trends/>

<http://www.ipcc.ch/> IPCC report 2007

\*\*  $\text{Tg} = 10^{12} \text{ g}$ ;  $\text{Pg} = 10^{15} \text{ g}$

<sup>1</sup>  $1 \text{ Pg} = 10^{15} \text{ g}$

### 3) El aroma de los bosques de cítricos



**Figura.** Compuesto limonina e imagen de árbol o arbusto cítrico

La limonina (L) es un hidrocarburo que emiten los árboles cítricos. En la atmósfera esta sustancia reacciona con ozono (O<sub>3</sub>) y radicales hidroxilo (OH) de acuerdo a:



a) Calcula la vida media de la limonina respecto de las reacciones R1 y R2. Considera que la razón de mezcla de ozono es 60 ppbv y la de OH es 1 pptv. Las tasas de las reacciones son:

$$k_1 = 3.7 \text{ ppbv}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$k_2 = 1.6 \cdot 10^{-5} \text{ ppbv}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

b) ¿Se puede despreciar el efecto de las reacciones con OH y O<sub>3</sub> sobre la concentración (c) de la limonina a 70 m de altura sobre la capa de los árboles si uno compara con el efecto del transporte turbulento? (Supón pinos de 20 m de alto).

Considera que con buena aproximación:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial c}{\partial z} \right) - R_1 - R_2$$

donde z indica la dirección vertical y K<sub>z</sub> es el coeficiente de “difusión” (mezcla turbulenta). K<sub>z</sub> tiene un valor aproximado de 10 m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. En la capa superficial K<sub>z</sub> es relativamente constante.

¡Busca una solución alternativa a resolver la ecuación diferencial anterior!. Considera que el tiempo característico de los procesos “difusivos” está dado por:

$$\tau = \frac{L^2}{K}$$

donde L es la distancia sobre la cual se realiza el proceso de transporte difusivo y K es el coeficiente de difusión característico.

¿Cuáles términos se han depreciado en la ecuación de continuidad anterior?, o bien, ¿cuáles procesos de transporte están considerados en este modelo y cuáles no?. ¿En qué referente está escrita la ecuación de continuidad anterior?

#### 4) Ecuación de continuidad en modelos usados en Chile

- A partir de Robertson et al (1999) y lo que tú conoces de modelos de dispersión, indica cómo se representa la ecuación de continuidad o de conservación de masa en este modelo.
- Repite el ejercicio anterior para Freitas et al (2005).
- ¿Qué semejanzas y diferencias hay en estos modelos de dispersión?

#### Lecturas necesarias:

Freitas, S., K. Longo, M. Silva Dias, P. Silva Dias, R. Chatfield, E. Prins, P. Artaxo, G. Grell and F. Recuero a. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. *Environmental Fluid Mechanics*, DOI: 10.1007/s10652-005-0243-7, 5 (1-2), p. 135 - 167, 2005.

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

#### 5) Un modelo simple de azufre oxidado

Un modelo simple de transporte de contaminantes describe la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y sulfato (SO<sub>4</sub>) según:

$$\frac{dC_1}{dt} = (1 - \alpha - \beta) \frac{Q}{D} - \left( \frac{v_1}{D} + k_t + k_{w1} \right) C_1 \qquad \frac{dC_2}{dt} = \beta \frac{Q}{D} + k_t C_1 - \left( \frac{v_2}{D} + k_{w2} \right) C_2$$

donde:

C<sub>1</sub>: concentración de SO<sub>2</sub>-S (expresado como azufre S) en gS/m<sup>3</sup>

C<sub>2</sub>: concentración de SO<sub>4</sub>-S (expresado como azufre S) en gS/m<sup>3</sup>

Q: emisión de SO<sub>2</sub>-S en gS/m<sup>2</sup> s

α=0.15: deposición local de SO<sub>2</sub>-S dentro de los primeros 100 km de trayecto

β=0.05: fracción de la emisión que ocurre como SO<sub>4</sub>-S

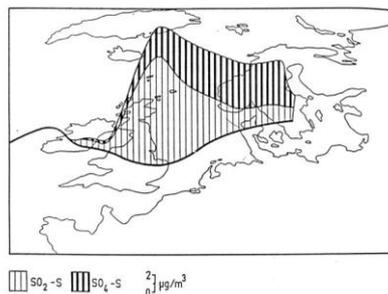
D= 1km: altura de la capa de mezcla

k<sub>t</sub>=3.0 10<sup>-6</sup> s<sup>-1</sup> coeficiente de transformación de SO<sub>2</sub> a SO<sub>4</sub>

k<sub>w1</sub>, k<sub>w2</sub>: coeficientes de deposición húmeda de SO<sub>2</sub> y SO<sub>4</sub>

v<sub>1</sub>= 0.8 cm/s : velocidad de deposición de SO<sub>2</sub>-S

v<sub>2</sub>= 0.1 cm/s : velocidad de deposición de SO<sub>4</sub>-S



**Figura** 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  $\text{SO}_2\text{-S}$  y  $\text{SO}_4\text{-S}$  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

## 6) Inventarios de emisiones

- Describe los tipos de fuentes que forman parte de un inventario de emisiones y mencione ejemplos de las incertidumbres que pueden aparecer en cada una de ellas.
- D'Angiola y colaboradores publicaron en 2009 el primer inventario de emisiones de Buenos Aires relativo a fuentes móviles. Describe en términos generales la metodología empleada.

### Lectura necesaria:

D'Angiola, Ariela, Laura E. Dawidowski, Darío R. Gómez, Mauricio Osses, 2009: On-road traffic emissions in the metropolitan area of Buenos Aires, Argentina. *Atmos. Env.* 44 (2010) 483-493

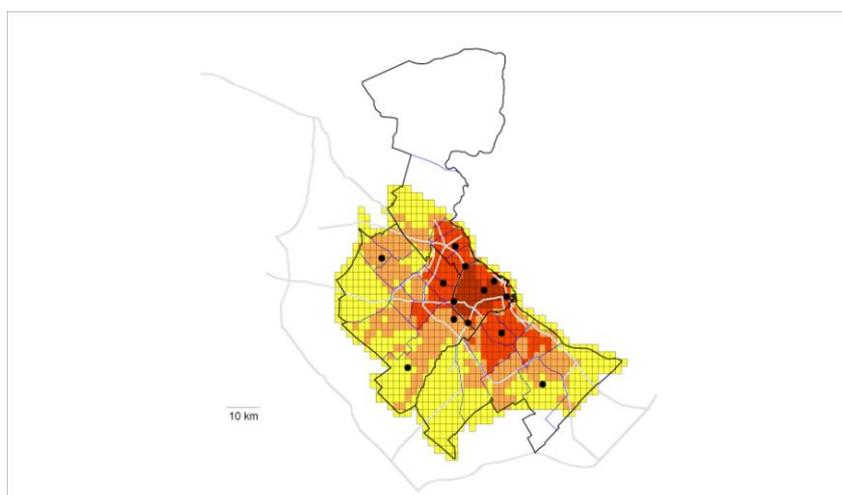


Imagen del inventario de emisiones de monóxido de carbono (fuentes móviles) de Buenos Aires. Gentileza de Ariela D'Angiola y colegas (Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina).