



Organización  
Meteorológica  
Mundial

Tiempo · Clima · Agua



GLOBAL  
ATMOSPHERE  
WATCH

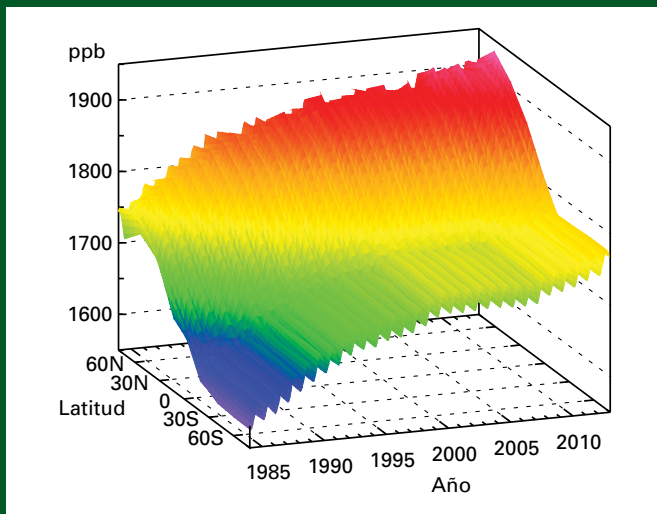
# OMM

## BOLETÍN SOBRE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

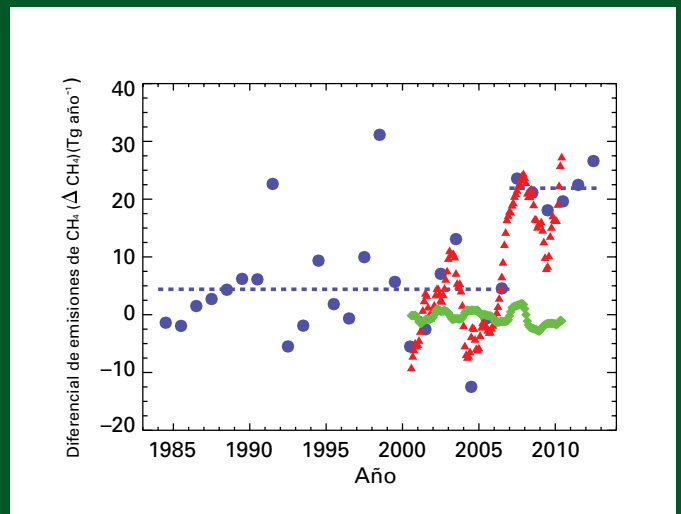
Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2012

Nº 9 | 6 de noviembre de 2013

ISSN 2078-0818



La figura de la izquierda muestra la distribución en latitud del metano atmosférico ( $\text{CH}_4$ ) interpolada a partir de mediciones realizadas por estaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global de la OMM. Tras permanecer prácticamente constante desde 1999 a 2006, el  $\text{CH}_4$  atmosférico comenzó a aumentar de nuevo en 2007. Las emisiones totales mundiales pueden calcularse a partir de la carga y el índice de crecimiento del  $\text{CH}_4$  atmosférico observado, junto con la estimación del período de vida atmosférico del metano (alrededor de 9 años). Las diferencias entre dichas emisiones ( $\Delta\text{CH}_4$ ) y el promedio de las emisiones durante el período 2003-2005 se muestran mediante círculos azules en la figura de la derecha; las



líneas de puntos azul reflejan las diferencias medias durante 1984-2006 y 2007-2012. Desde 1984 a 2006 las emisiones fueron muy variables, aunque siempre fueron inferiores a las del período de 2007 a 2012, excepto para 1991 y 1998. También se muestran los valores medios de las diferencias entre las emisiones mensuales (en  $\text{Tg CH}_4 \text{ año}^{-1}$ ) calculadas a nivel mundial (rojo) y para el Ártico (verde) según un estudio del modelo de transporte de sustancias químicas (Bergamaschi, y otros., 2013). El análisis de los datos indica que las emisiones en latitudes medias del hemisferio norte han contribuido al aumento del  $\text{CH}_4$  atmosférico desde 2007 y que aún no se ha detectado un aumento medido de las emisiones de  $\text{CH}_4$  en el Ártico.

### Resumen ejecutivo

El último análisis de las observaciones de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM muestra que los promedios mundiales de las fracciones molares del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) alcanzaron nuevos máximos en 2012 al registrar, respectivamente  $393,1 \pm 0,1 \text{ ppm}^{[2]}$ ,  $1\,819 \pm 1 \text{ ppb}^{[3]}$  y  $325,1 \pm 0,1 \text{ ppb}$ , lo que constituye el 141%, 260% y 120% de los niveles preindustriales (antes de 1750) respectivamente. El aumento de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera de 2011 a 2012 fue superior al índice de crecimiento medio de los últimos 10 años. En cambio, el aumento de  $\text{N}_2\text{O}$  de 2011 a 2012 fue menor que el observado de 2010 a 2011, pero mayor que el índice de crecimiento medio de los últimos 10 años. Por su parte, el  $\text{CH}_4$  atmosférico continuó aumentando a un ritmo

similar al observado en los últimos cuatro años. El índice anual de gases de efecto invernadero (AGGI) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA) muestra que entre 1990 y 2012 el forzamiento radiativo debido a los gases de efecto invernadero de larga duración experimentó un aumento del 32%, al que el  $\text{CO}_2$  contribuyó en casi un 80%.

### Sinopsis

En este noveno boletín anual sobre los gases de efecto invernadero de la VAG de la OMM se informa acerca de la carga atmosférica y los índices de evolución de los principales gases de efecto invernadero de larga duración ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) y se resumen las contribuciones de otros gases. Esos tres gases junto con el CFC-12 y el CFC-11 contribuyen aproximadamente

a un 96%<sup>[4]</sup> del forzamiento radiativo debido a los gases de efecto invernadero de larga duración (figura 1).

El programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM (<http://www.wmo.int/gaw>) coordina las observaciones sistemáticas y el análisis de los gases de efecto invernadero y de otros gases traza. En la figura 2 se muestran los emplazamientos en los que se ha supervisado el nivel de los gases de efecto invernadero en la última década. En 2012 disminuyó el número de estaciones de observación. Los países participantes en el programa envían los datos de las mediciones al Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (CMDGEI) del Servicio Meteorológico de Japón, que se encarga de archivarlos y distribuirlos.

En el cuadro 1 figura el promedio de las abundancias atmosféricas mundiales de los tres principales gases de efecto invernadero de larga duración en 2012 y la evolución de sus respectivas concentraciones desde 2011 y 1750. Estas cifras se han obtenido mediante un análisis global (OMM, 2009) de diversas series de datos conformes a la Referencia Patrón Mundial de la OMM. En este análisis a nivel mundial no se utilizan los datos procedentes de estaciones móviles, excepto el muestreo de la NOAA en el Pacífico (triángulos azules de la figura 2).

Los tres gases de efecto invernadero que se muestran en el cuadro 1 están estrechamente relacionados con actividades

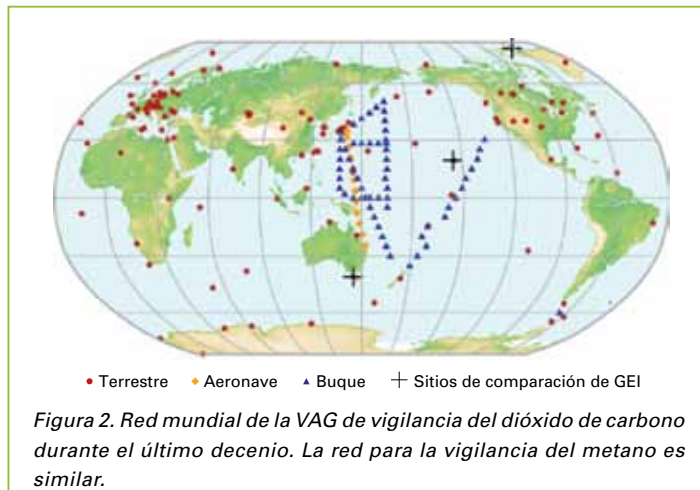


Figura 2. Red mundial de la VAG de vigilancia del dióxido de carbono durante el último decenio. La red para la vigilancia del metano es similar.

antropógenas e interactúan intensamente con la biosfera y los océanos. Es necesario conocer las numerosas fuentes, sumideros y transformaciones químicas de estos gases para poder predecir su evolución en la atmósfera.

El AGGI de la NOAA fue de 1,32 en 2012, representando un aumento del forzamiento radiativo total (respecto al nivel de 1750) debido al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración de un 32% desde 1990 y de 1,2% de 2011 a 2012 (figura 1). El forzamiento radiativo total debido al conjunto de esos gases en 2012 correspondió a una fracción molar equivalente en CO<sub>2</sub> de 475,6 ppm (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

## Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el gas de efecto invernadero antropógeno más importante de la atmósfera y contribuye aproximadamente al 64%<sup>[4]</sup> del forzamiento radiativo ocasionado por el conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración. Es responsable de aproximadamente el 84% del aumento del forzamiento radiativo en los últimos diez años y de aproximadamente el 82% en los cinco últimos. El nivel de aproximadamente 278 ppm de la era preindustrial representaba un equilibrio de flujos entre la atmósfera, los océanos y la biosfera. En 2012 el CO<sub>2</sub> atmosférico alcanzó el 141% del nivel preindustrial a causa principalmente de las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles (9,5±0,5 PgC<sup>[1]</sup> de CO<sub>2</sub> en 2011 según <http://www.globalcarbonproject.org>), la deforestación y el cambio del uso de la tierra (0,9±0,5 PgC<sup>[1]</sup> en 2011). El aumento medio del CO<sub>2</sub> atmosférico con respecto a la era preindustrial corresponde aproximadamente al 55% del CO<sub>2</sub> emitido por la quema de combustibles fósiles, mientras que el 45% restante ha sido eliminado por los océanos y la biosfera terrestre. La porción de CO<sub>2</sub> emitida por la quema de combustibles fósiles que permanece en la atmósfera (fracción atmosférica) varía de un año para otro debido a la elevada variabilidad natural de los sumideros de CO<sub>2</sub> (Levin, 2012) y no sigue una tendencia global confirmada. En 2012 el promedio mundial de la fracción molar de CO<sub>2</sub> fue de 393,1±0,1 ppm (figura 3). El incremento anual de 2011 a 2012 de 2,2 ppm es superior al aumento de 2010 a 2011, al índice de crecimiento medio correspondiente a los años noventa (~1,5 ppm al año) y al crecimiento medio del último decenio (~2,0 ppm al año).

## Metano (CH<sub>4</sub>)

El metano (CH<sub>4</sub>) contribuye aproximadamente al 18%<sup>[4]</sup> del forzamiento radiativo ocasionado por los gases de efecto invernadero de larga duración. Aproximadamente el 40% del CH<sub>4</sub> que se emite a la atmósfera procede de fuentes naturales

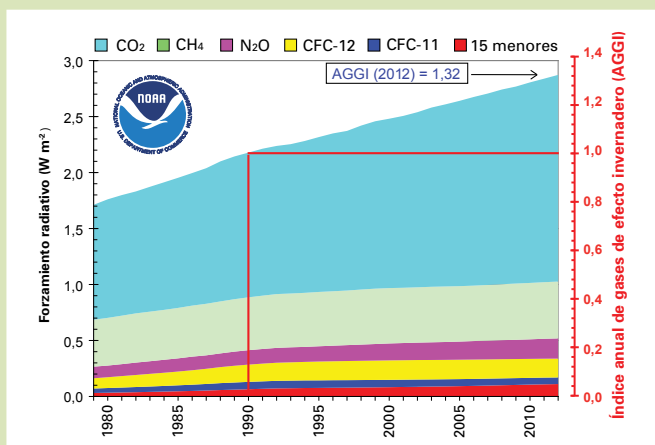


Figura 1. Forzamiento radiativo de la atmósfera debido a los gases de efecto invernadero de larga duración, respecto de 1750, y actualización de 2012 del AGGI de la NOAA.

Cuadro 1. Concentraciones mundiales promedio (2012) y tendencias de los gases de efecto invernadero medidos por la red mundial de la VAG de vigilancia de estos gases. Las unidades son las fracciones molares de aire seco, cuya incertidumbre tiene con un límite de confianza del 68%.

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Concentración mundial en 2012	393,1±0,1 <sup>[5]</sup> ppm	1 819±1 <sup>[5]</sup> ppb	325,1±0,1 <sup>[5]</sup> ppb
Concentración en 2012 respecto del año 1750*	141%	260%	120%
Crecimiento absoluto de 2011 a 2012	2,2 ppm	6 ppb	0,9 ppb
Crecimiento relativo de 2011 a 2012	0,56%	0,33%	0,28%
Promedio de crecimiento absoluto anual durante los últimos 10 años	2,02 ppm/año	3,7 ppb/año	0,80 ppb/año

\* En el supuesto de que la fracción molar preindustrial fuera de 278 ppm para el CO<sub>2</sub>, de 700 ppb para el CH<sub>4</sub> y de 270 ppb para el N<sub>2</sub>O.

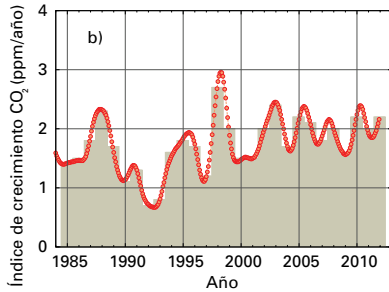
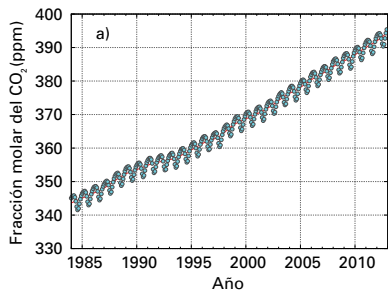


Figura 3. Promedio mundial de la fracción molar del CO<sub>2</sub> a) y su índice de crecimiento b) desde 1984 hasta 2012. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b).

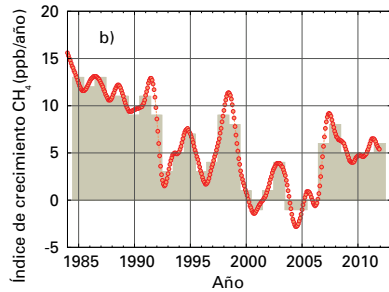
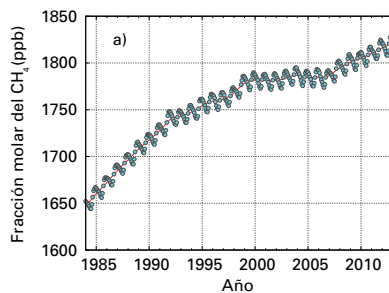


Figura 4. Promedio mundial de la fracción molar del CH<sub>4</sub> a) y su índice de crecimiento b) desde 1984 hasta 2012. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b).

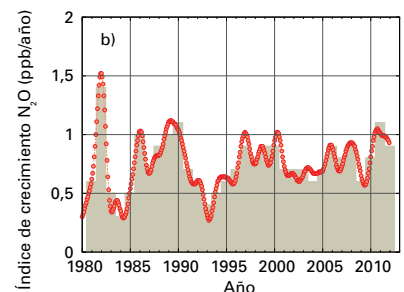
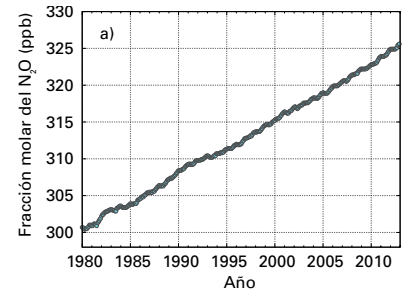


Figura 5. Promedio mundial de la fracción molar del N<sub>2</sub>O a) y su índice de crecimiento b) desde 1980 hasta 2012. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b).

(humedales o termitas), mientras que cerca del 60% procede de fuentes antropógenas (ruminantes, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles, vertederos o combustión de biomasa). En 2012 la concentración de CH<sub>4</sub> en la atmósfera a nivel mundial alcanzó un nuevo nivel máximo de 1 819±1 ppb, cifra que supone un aumento de 6 ppb con respecto al año anterior (figura 4). El índice de crecimiento del CH<sub>4</sub> disminuyó de aproximadamente 13 ppb anuales a principios de los años ochenta a prácticamente cero entre 1999 y 2006. Desde 2007 ha ido aumentando de nuevo, debido al aumento de las emisiones en latitudes tropicales y latitudes medias del hemisferio norte. La atribución de este aumento a fuentes antropógenas y naturales resulta difícil debido a que la red actual es insuficiente para caracterizar el proceso de las emisiones por regiones y según su origen.

## Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) contribuye aproximadamente al 6%<sup>[4]</sup> del forzamiento radiativo ocasionado por los gases de efecto invernadero de larga duración. Actualmente es el tercer gas que más contribuye a esa cifra. Las emisiones de este gas a la atmósfera proceden de fuentes naturales (~60%) y antropógenas (~40%), en particular de los océanos, el suelo, la combustión de biomasa, el uso de fertilizantes y diversos procesos industriales. En 2012 el promedio mundial de la fracción molar de N<sub>2</sub>O fue de 325,1±0,1 ppb, lo que representa un aumento de 0,9 ppb con respecto al año anterior (figura 5) y del 120% con respecto al nivel de la era preindustrial (270 ppb). El aumento anual de 2011 a 2012 ha sido superior al índice de crecimiento medio de los últimos diez años (0,80 ppb al año).

## Otros gases e efecto invernadero

El hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) es un potente gas de efecto invernadero de larga duración. Producido por la industria química, se utiliza principalmente como aislante eléctrico en los equipos de distribución de energía. Actualmente su fracción molar ha aumentado hasta casi doblar la cifra registrada a mediados de los años noventa (figura 6). Los clorofluorocarbonos (CFC), que destruyen la capa de ozono, y los gases halogenados menores contribuyen aproximadamente al 12%<sup>[4]</sup> del forzamiento radiativo causado por los

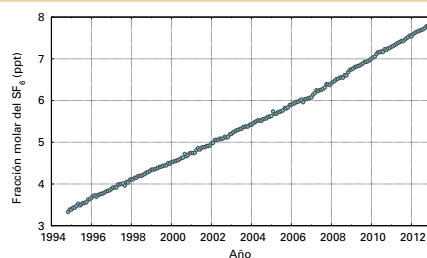


Figura 6. Fracción molar media mensual del hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) desde 1995 hasta 2012 (basada en mediciones de 20 estaciones).

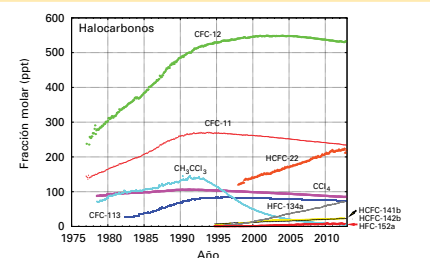


Figura 7. Fracción molar media mensual de los halocarbonos más importantes desde 1977 hasta 2012, promedio de la red (basada en mediciones de entre 7 y 19 estaciones).

gases de efecto invernadero de larga duración. Aunque los CFC y la mayoría de los halones están disminuyendo, los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y los hidrofluorocarbonos (HFC), a su vez potentes gases de efecto invernadero, están aumentando a un ritmo rápido, aunque todavía son poco abundantes (niveles de ppt<sup>[6]</sup>, figura 7).

En este boletín se abordan sobre todo los gases de efecto invernadero de larga duración. El ozono troposférico tiene un ciclo de vida relativamente corto, sin embargo, el forzamiento radiativo que produce es comparable al que provocan los halocarbonos. Otros muchos contaminantes a los que no se denomina gases de efecto invernadero como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles tienen efectos directos e indirectos de poca relevancia en el forzamiento radiativo. Asimismo los aerosoles (partículas en suspensión) son sustancias de corta duración que influyen en el balance de la radiación. Todos los gases y aerosoles mencionados son objeto de seguimiento por parte del programa de la VAG, que cuenta con el apoyo de los países Miembros de la OMM y de redes colaboradoras.

## Distribución de los boletines

La Secretaría de la OMM prepara y distribuye estos boletines en colaboración con el Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (CMDGEI) del Servicio Meteorológico de Japón y el Grupo consultivo científico sobre gases de efecto invernadero de la VAG, y cuenta con la asistencia del

Laboratorio de Investigación del Sistema Terrestre (ESRL) de la NOAA. Los boletines pueden consultarse en los sitios web de la VAG y del CMDGEI.

## Agradecimientos y enlaces

Cincuenta países Miembros de la OMM han aportado datos sobre el CO<sub>2</sub> al CMDGEI de la VAG. Aproximadamente el 47% de los registros de medición facilitados a ese Centro proceden de estaciones de la red cooperativa de muestreo del aire del ESRL de la NOAA. Si desea información sobre otras redes y estaciones consulte el Informe N° 206 de la VAG (<http://www.wmo.int/gaw>). Asimismo, el Experimento mundial avanzado sobre gases en la atmósfera (AGAGE) ha aportado los resultados de sus observaciones al presente boletín. Las estaciones de vigilancia de la VAG de la OMM que también han aportado datos a esta publicación (figura 2) se enumeran en la lista de contribuyentes del sitio web del CMDGEI (<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>). Además, se describen en el Sistema de información de las estaciones de la VAG (<http://gaw.empa.ch/gawsis>) que opera MeteoSwiss, Suiza.

## Referencias

- Bergamaschi, P., Houweling, S., Segers, A., y otros: Atmospheric CH<sub>4</sub> in the first decade of the 21st century: Inverse modeling analysis using SCIAMACHY satellite retrievals and NOAA surface measurements, *J. Geophys. Res.*, 118, 7350–7369, 2013, doi:10.1002/jgrd.50480
- Conway, T. J., Tans, P. P., Waterman, L. S., Thoning, K. W., Kitzis, D. R., Masarie, K. A. y Zhang, N. Evidence for interannual variability of the carbon cycle from the National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory global air sampling network, *J. Geophys. Res.*, 99, 22831-22855, 1994.
- Levin, I., Earth science: The balance of the carbon budget, *Nature*, 488, 35–36, 2012, doi:10.1038/488035a
- OMM, 2009: Technical Report of Global Analysis Method for Major Greenhouse Gases by the World Data Centre for Greenhouse Gases (Y. Tsutsumi, K. Mori, T. Hirahara, M. Ikegami and T. J. Conway). GAW Report No. 184 (WMO/TD No. 1473), Ginebra, 29 pp.

## Contactos

### Organización Meteorológica Mundial

División de investigación sobre el medio ambiente atmosférico,  
Departamento de investigación, Ginebra  
Correo electrónico: AREP-MAIL@wmo.int  
Sitio web: <http://www.wmo.int/gaw>

### Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero

Servicio Meteorológico de Japón, Tokio  
Correo electrónico: wdcgg@met.kishou.go.jp  
Sitio web: <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg>

[1] 1 PgC = mil millones de toneladas de carbono.

[2] ppm = número de moléculas de gas por millón de moléculas de aire seco.

[3] ppb = número de moléculas de gas por mil millones de moléculas de aire seco.

[4] Este porcentaje se calcula en términos de la contribución relativa del gas (gases) mencionado(s) al incremento del forzamiento radiativo mundial causado por el conjunto de los gases de efecto invernadero de larga duración desde 1750.

[5] Los márgenes de error indicados se calculan mediante el método bootstrap según Conway y otros, 1994. Esta incertidumbre se calcula con un intervalo de confianza del 68% (un sigma).

[6] ppt = número de moléculas de gas por billón (10<sup>12</sup>) de moléculas de aire seco.

## Algunos observatorios de gases de efecto invernadero



La estación de Plateau Rosa (45,93°N, 7,71°E, a 3 480 m sobre el nivel del mar) es una de las estaciones regionales europeas de la VAG situada a mayor altitud. Se encuentra cerca de Matterhorn, en la vertiente italiana de los Alpes (es explotada por la sección de Turín del Instituto Nacional de Astrofísica). Su posición en la troposfera libre, en un gran campo de nieve de una meseta montañosa sin vegetación y lejos de zonas urbanas y contaminadas, es apropiada para realizar mediciones del nivel de los gases de efecto invernadero. La empresa de investigación sobre sistemas energéticos, Ricercasul Sistema Energetico (RSE), ha realizado periódicamente mediciones de los principales gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) y del ozono troposférico. Las series cronológicas más largas corresponden al CO<sub>2</sub>, y abarcan más de 20 años (se dispone de mediciones puntuales desde 1989 a 1997, y mediciones continuadas desde 1993).



El Laboratorio de Investigación Atmosférica de Lauder, en Nueva Zelanda (45,038°S, 169,684°E, a 370 m sobre el nivel del mar) es una estación del sistema mundial de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG). Pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Atmosféricas y del Agua (NIWA). El laboratorio proporciona mediciones de alta calidad de entornos limpios y con escasez de datos de latitudes elevadas del hemisferio Sur. En Lauder se explota un FITR, dedicado a mediciones de la traza de gases asociados a la química del ozono y de columnas de CO<sub>2</sub> de alta precisión. Las mediciones in situ de los gases de efecto invernadero se realizan continuamente mediante técnicas que utilizan frascos de muestreo y telemedida. En esta estación se han realizado observaciones de los gases de efecto invernadero desde 1990 (<http://www.niwa.co.nz/our-science/atmosphere/lauder>).