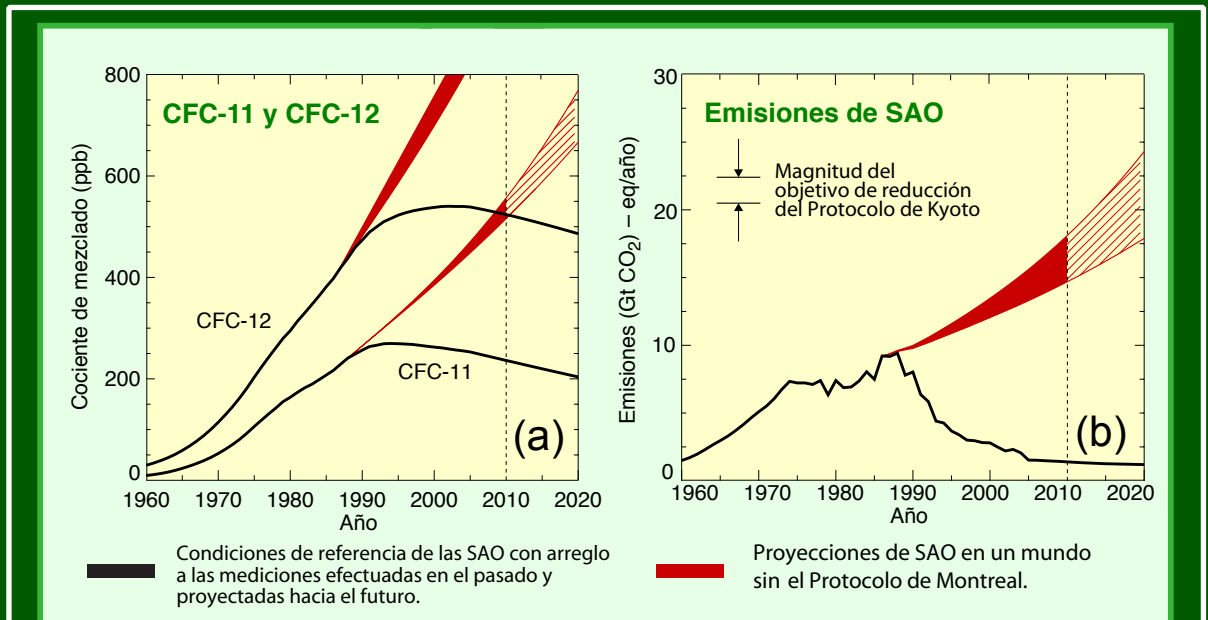


## Boletín sobre los gases de efecto invernadero

Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2007



*El Protocolo de Montreal (1987) desembocó en la reducción de la producción y el consumo de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO). Gracias a esa reducción, en 2010 habrá disminuido el calentamiento debido a los gases de efecto invernadero, es decir, se habrá cumplido un objetivo de reducción cinco veces superior al primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kyoto.*

El Protocolo de Montreal controla la producción y el consumo de las SAO, o sea, de las sustancias que agotan el ozono estratosférico. El gráfico a) muestra cómo las concentraciones atmosféricas (curvas negras) de clorofluorocarbonos-11 y clorofluorocarbonos-12 empezaron a declinar a principios del decenio de 1990 gracias a la aplicación del Protocolo. A modo de comparación se muestran los incrementos (curvas rojas) proyectados en caso de que no existiese el Protocolo. En 2010 las concentraciones serán la mitad o menos de lo que habrían sido sin el Protocolo. El gráfico b) muestra la suma total de las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono expresadas como emisión equivalente de CO<sub>2</sub>. A partir de finales del decenio de 1980 se observa una caída en picado (curva negra) de las emisiones de estas sustancias en comparación con las caídas proyectadas sin el Protocolo (curva roja). En 2010 gracias al Protocolo de Montreal se habrán reducido las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono en una cantidad equivalente a aproximadamente 11 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> al año (teniendo en cuenta las compensaciones); esta reducción supera en 5 a 6 veces el objetivo del primer período de compromiso (2008-2012) del Protocolo de Kyoto (2 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente/año). Basado en Velders et al., Proc. Natl. Acad. Sci., 104, 4814-4819, 2007. Figura preparada por E. Dlugokencky, D. Dailey-Fisher y D. Fahey, ESRL de la NOAA.

### Resumen ejecutivo

El último análisis de los datos de la red mundial OMM/VAG de vigilancia de los gases de efecto invernadero, que forma parte del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), muestra que los promedios mundiales de los cocientes de mezclado del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) alcanzaron nuevos índices elevados en 2007, al llegar a 383,1 ppm en el caso del CO<sub>2</sub>, a 1.789 ppb en el caso del CH<sub>4</sub> y a 320,9 ppb en el caso del N<sub>2</sub>O. Estos valores son más elevados que los que se registraron en la era preindustrial (antes de 1750) en un 37%, 156% y 19% respectivamente. Los índices de crecimiento atmosférico del CO<sub>2</sub> y el N<sub>2</sub>O registrados en 2007 son coherentes con los que se han registrado en los últimos años. El cociente de mezclado del CH<sub>4</sub> es el que más ha aumentado desde 1998. El índice anual de gases de efecto invernadero de la NOAA revela que de 1990 a 2007 el forzamiento radiativo de la atmósfera debido al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración ha aumentado en un 24,2%. El forzamiento radiativo combinado causado por las sustancias que agotan la capa de ozono más abundantes, a saber los CFC-11 y los CFC-12, es superior al del N<sub>2</sub>O. Estos gases están disminuyendo lentamente como consecuencia de la reducción de las emisiones lograda gracias a la aplicación del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.



**Organización  
Meteorológica  
Mundial**

Tiempo • Clima • Agua



## Sinopsis

Éste es el cuarto número de una serie de boletines anuales de la OMM/VAG sobre gases de efecto invernadero. Cada año en estos boletines se informa del consenso mundial acerca de las últimas tendencias y cargas atmosféricas de los gases más persistentes y de larga duración, a saber, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), así como de las dos sustancias más abundantes que agotan la capa de ozono que son gases de efecto invernadero. Asimismo, se resumen las contribuciones de los demás gases de menor importancia. Esos cinco gases principales contribuyen por sí solos en un 97% aproximadamente al aumento del forzamiento radiativo de la atmósfera debido a los cambios producidos en los gases de efecto invernadero de larga duración desde el inicio de la era industrial (aproximadamente en 1750).

El programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) coordina las observaciones sistemáticas y el análisis del entorno atmosférico mundial, en particular las mediciones de gases de efecto invernadero y de otros gases traza de la atmósfera. En la Figura 1 se muestran los sitios donde los gases de efecto invernadero son objeto de vigilancia. Los países participantes comunican los datos de estas mediciones y el Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (CMDGEI) del Servicio Meteorológico de Japón los archiva y distribuye.

En el Cuadro 1 figuran las estadísticas sobre las concentraciones atmosféricas mundiales actuales, que se han obtenido gracias a un método de análisis mundial basado en una serie de datos trazable a la Referencia Patrón Mundial de la OMM (<http://gaw>.

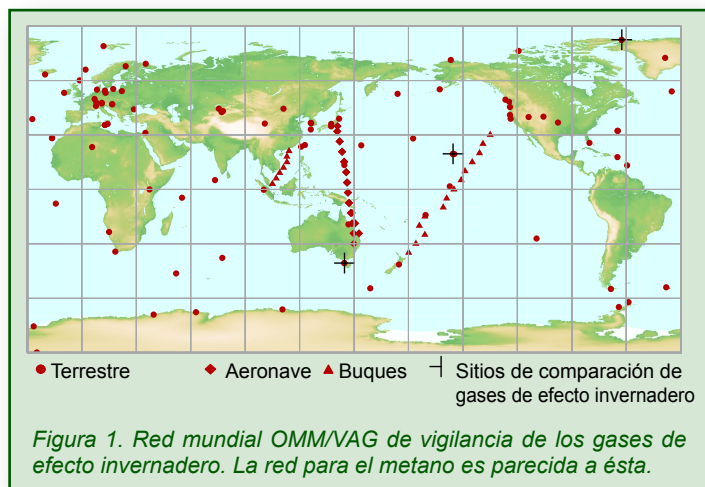


Figura 1. Red mundial OMM/VAG de vigilancia de los gases de efecto invernadero. La red para el metano es parecida a ésta.

**Cuadro 1. Promedio de las concentraciones de los principales gases de efecto invernadero en los 12 meses de 2007 y tendencias según la red mundial OMM/VAG de vigilancia de los gases de efecto invernadero.**

	$\text{CO}_2$ (ppm)	$\text{CH}_4$ (ppb)	$\text{N}_2\text{O}$ (ppb)
Concentraciones mundiales en 2007	383,1	1789	320,9
Concentraciones de 2007 con respecto a los valores de 1750 <sup>1</sup>	137%	256%	119%
Aumento registrado entre 2006 y 2007 (en valor absoluto)	1,9	6	0,8
Aumento registrado entre 2006 y 2007 (en valor relativo)	0,50%	0,34%	0,25%
Promedio anual del aumento de los últimos 10 años (en valor absoluto)	2,00	2,7	0,77

<sup>1</sup> En la hipótesis de que el cociente de mezclado preindustrial fuera de 280 ppm para el  $\text{CO}_2$ , de 700 ppb para el  $\text{CH}_4$  y de 270 ppb para el  $\text{N}_2\text{O}$ .

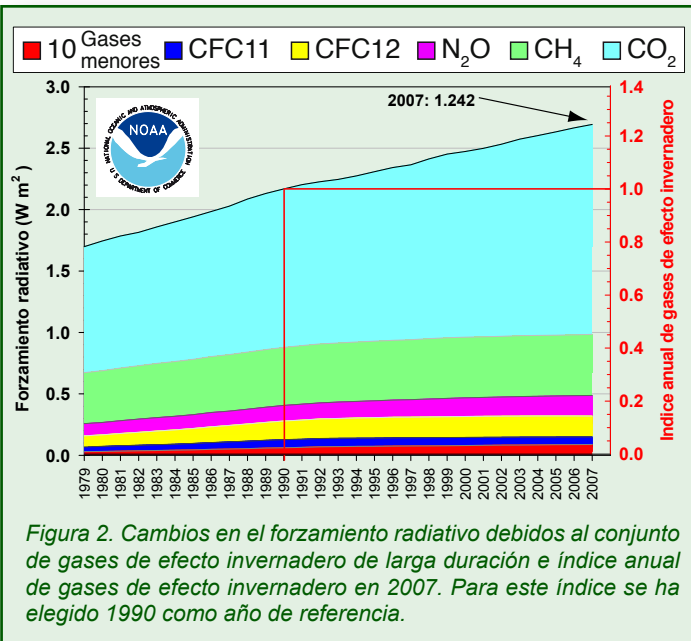


Figura 2. Cambios en el forzamiento radiativo debidos al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración e índice anual de gases de efecto invernadero en 2007. Para este índice se ha elegido 1990 como año de referencia.

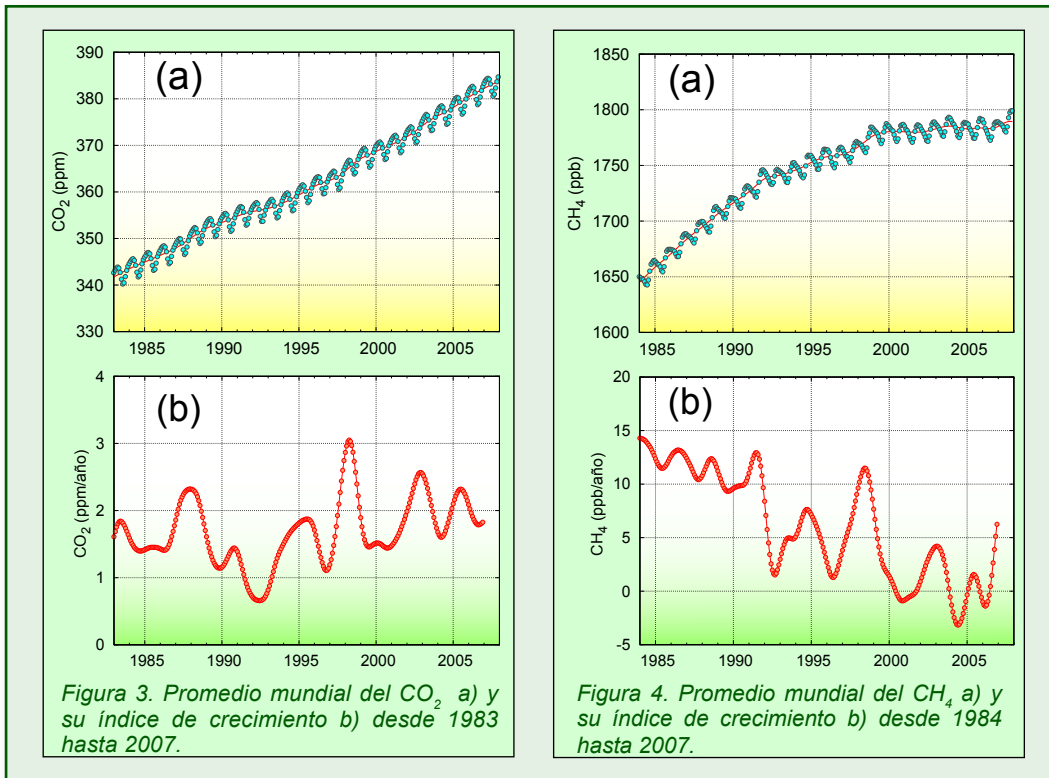
[kishou.go.jp/wdcgg/products/bulletin.html](http://kishou.go.jp/wdcgg/products/bulletin.html)). Los valores que figuran en el Cuadro 1 son ligeramente diferentes de los que figuran en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, principalmente porque se han examinado estaciones diferentes.

Los tres gases principales de efecto invernadero del Cuadro 1 han ido aumentando en la atmósfera desde el inicio de la era industrial. El vapor de agua es un componente natural del sistema meteorológico y climático, que se ve indirectamente afectado por las actividades humanas a través de los cambios de temperatura, las características de la superficie de la tierra y los efectos de los aerosoles sobre las nubes. El presente Boletín se centra en los gases de efecto invernadero que sufren la influencia directa de las actividades humanas y que generalmente perduran más tiempo en la atmósfera que el vapor de agua.

Según el índice anual de gases de efecto invernadero de la NOAA, el forzamiento radiativo total de la atmósfera debido al conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración ha aumentado en un 24,2% desde 1990 y en un 1,06% entre 2006 y 2007 (véase la Figura 2 y el sitio web: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>).

## Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )

El  $\text{CO}_2$  es el principal gas antropogénico que absorbe radiaciones infrarrojas de la atmósfera. Contribuye al 63% del forzamiento radiativo total de la Tierra provocado por los gases de efecto invernadero de larga duración y, respectivamente, del 87% y el 90% del aumento de ese forzamiento observado en los últimos diez y cinco años. Durante aproximadamente los 10.000 años anteriores a la revolución industrial, las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  eran casi constantes, alcanzando unos 280 ppm (ppm = número de moléculas de gas de efecto invernadero por millón de moléculas de aire seco). Esta concentración correspondía a un equilibrio de los importantes flujos estacionales (del orden de 100 gigatoneladas de carbono al año) entre la atmósfera y la biosfera (fotosíntesis y respiración) y entre la atmósfera y el océano (intercambio físico de  $\text{CO}_2$ ). Desde finales de 1700, las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  han aumentado en un 37% debido principalmente a las emisiones de la quema de combustibles fósiles (en la actualidad, unas 8,4 gigatoneladas de carbono al año) y, en menor grado, a la deforestación (alrededor de 1,5 gigatoneladas de carbono al año). Las mediciones extremadamente precisas de las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  iniciadas en 1958 revelan que el promedio del



aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera corresponde aproximadamente al 55% del CO<sub>2</sub> emitido por la quema de combustibles fósiles. Los océanos y la biosfera terrestre han ido eliminando el 45% restante. En 2007 el promedio global de CO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanzó 383,1 ppm, lo que supuso un aumento de 1,9 ppm con respecto a 2006 (Figura 3). Esta tasa de crecimiento es superior al promedio observado para los años noventa (alrededor de 1,5 ppm al año), debido principalmente al aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles.

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

El metano contribuye al 18,5% del forzamiento radiativo directo debido a los gases de efecto invernadero de larga duración sometidos a la influencia de las actividades humanas. La química del metano también tiene un efecto indirecto sobre el clima en la medida en que influye en el ozono troposférico y en el vapor de agua estratosférico. Las fuentes de emisión del metano a la atmósfera son tanto naturales (alrededor del 40%, p.ej.: humedales y termitas) como antropogénicas (alrededor del 60%, p.ej.: explotación de combustibles fósiles, cultivo del arroz, cría de rumiantes, combustión de biomasa y vertederos). El metano se elimina de la atmósfera principalmente al reaccionar con el radical hidroxil (OH) y tiene una vida atmosférica de unos 9 años. Antes de la era industrial el metano atmosférico era de unos 700 ppb (ppb = número de moléculas de gas por mil millones (10<sup>9</sup>) de moléculas de aire seco), pero debido al aumento de las emisiones antropogénicas de dicho gas se ha multiplicado por un factor de 2,6. Sin embargo, el ciclo del metano es complejo y para gestionar su carga en la atmósfera es necesario comprender cuáles son sus numerosas fuentes y sumideros. El promedio mundial de CH<sub>4</sub> en 2007 era de 1789 ppb, cifra que supone un aumento de 6 ppb desde 2006 y supera el valor más alto jamás alcanzado, registrado en 2003 (Figura 4). A finales del decenio de 1980 el metano aumentó hasta 13 ppb al año, mientras que el índice de crecimiento ha disminuido durante el último decenio. El aumento de 6 ppb que se produjo de 2006 a 2007 es el mayor incremento anual observado desde 1998. No obstante, todavía es demasiado pronto para afirmar con certeza que este incremento

representa el comienzo de una nueva tendencia al alza del metano.

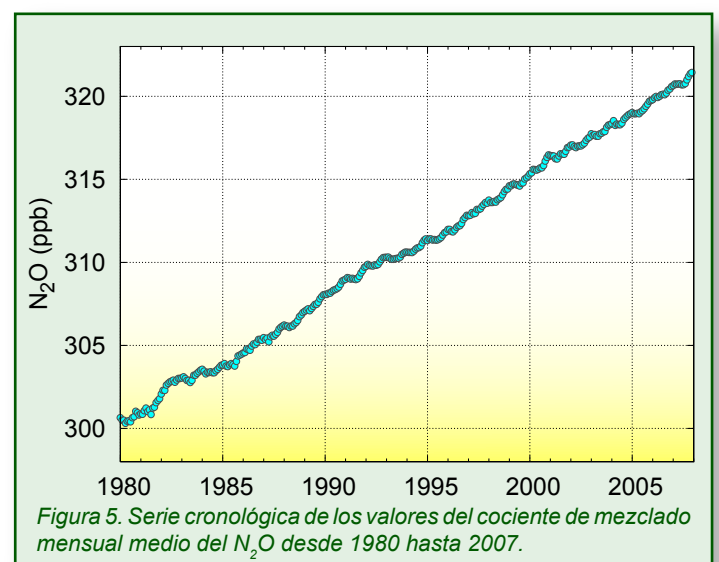
### Óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)

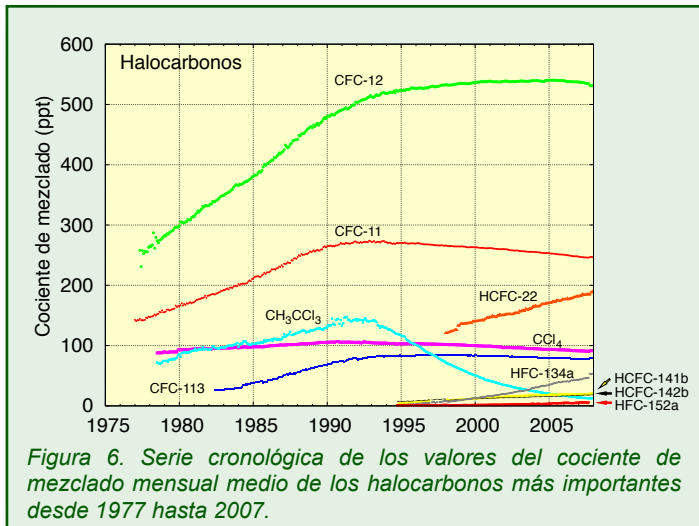
El óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) contribuye al 6,2% del forzamiento radiativo debido al incremento del conjunto de gases de efecto invernadero de larga duración. Su concentración atmosférica era de 270 ppb antes de la era industrial. Las emisiones de N<sub>2</sub>O en la atmósfera proceden de fuentes naturales o antropogénicas, en particular de los océanos, el suelo, la quema de combustibles, la combustión de biomasa, el uso de fertilizantes y diversos procesos industriales. De esas emisiones un tercio corresponde a fuentes antropogénicas. El N<sub>2</sub>O se

elimina de la atmósfera por procesos fotoquímicos que tienen lugar en la estratosfera. En 2007 el promedio mundial del N<sub>2</sub>O fue de 320,9 ppb, lo que supuso un aumento de hasta 0,8 ppb con respecto al año anterior (Figura 5). El índice de crecimiento medio anual ha sido de 0,77 ppb en los últimos diez años.

### Otros gases de efecto invernadero

Los clorofluorocarbonos (CFC) que destruyen la capa de ozono, junto con gases halogenados menores, también contribuyen al forzamiento radiativo de la atmósfera de manera significativa (un 12% del total; <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi>). Si bien actualmente la cantidad de CFC presentes en la atmósfera está disminuyendo lentamente, algunos todavía influyen considerablemente en el efecto invernadero de la atmósfera. Como se puso de relieve en la página de cobertura, sus efectos habrían sido mucho mayores si no se hubieran aplicado medidas para reducir la cantidad de sustancias que agotan la capa de ozono. Algunos tipos de gases, tales como los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), que absorben con fuerza los





rayos infrarrojos, están aumentando a un ritmo rápido aunque aún son poco abundantes (Figura 6). El ozono de la troposfera no es de larga duración, pero la contribución del incremento del ozono causado por actividades del hombre al efecto invernadero de la atmósfera es comparable a la de los CFC. Aunque el ozono troposférico tiene una influencia importante en el efecto invernadero de la atmósfera, resulta difícil estimar su distribución y evolución globales debido a que tiene una distribución geográfica sumamente desigual. Todos los gases mencionados en el presente documento también son objeto de vigilancia en el marco de la red mundial OMM/VAG.

## Distribución de los boletines

La Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) prepara y distribuye los boletines en cooperación con el Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (CMDGEI) del Servicio Meteorológico de Japón y el Grupo de asesoramiento científico de la VAG sobre los gases de efecto invernadero, y con la asistencia del Earth System Research Laboratory (Laboratorio de Investigaciones del Sistema Terrestre) de la NOAA. Los boletines se pueden consultar en el sitio web del programa de Vigilancia de la Atmósfera Global ([http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw\\_home\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html)) y en las páginas de acogida del Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>) y del Carbon Cycle Greenhouse Gases Group de la NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/>).

## Agradecimientos y enlaces

En el Sistema de información de las estaciones de la VAG (GAWSIS) se han registrado 44 países que han aportado datos sobre el CO<sub>2</sub> a los Centros Mundiales de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero de la VAG. Muchos de estos países están asociados con la red mundial cooperativa de muestreo del aire de la NOAA. Aproximadamente el 70% de los registros de medición facilitados en el marco de la VAG se obtienen en sitios de la red cooperativa de muestreo del aire del Earth System Research Laboratory de la NOAA. El resto de la red está mantenida por Australia, Canadá, China, Japón y numerosos países europeos (véanse los informes nacionales en el Informe N° 168 de la VAG de la reunión de expertos de septiembre de 2005). Todas las estaciones de vigilancia de la VAG de la OMM que han aportado los datos utilizados en el presente Boletín figuran en el mapa (Figura 1) y se enumeran en la Lista de contribuyentes del sitio web del Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg/>).

Asimismo, se describen en el GAWSIS (<http://gaw.empa.ch/gawsis/>), Sistema que opera Suiza.

## Contactos

1. Organización Meteorológica Mundial, División de investigación sobre el medio ambiente atmosférico, Departamento de investigación, Ginebra.  
Correo electrónico: [AREP-MAIL@wmo.int](mailto:AREP-MAIL@wmo.int)  
Sitio web: [http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw\\_home\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html)
2. Centro Mundial de Datos sobre Gases de Efecto Invernadero, Servicio Meteorológico de Japón, Tokio.  
Correo electrónico: [wdcgg@hq.kishou.go.jp](mailto:wdcgg@hq.kishou.go.jp)  
Sitio web: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>

## Diversos observatorios de gases de efecto invernadero



Observatorio de la VAG en Jungfraujoeh (3.580 m sobre el nivel del mar) (Suiza).



Observatorio de la VAG en la montaña Zeppelin (474 m sobre el nivel del mar), en Spitsbergen (Noruega).



Observatorio AGAGE/VAG en Ragged Point (Barbados).