

Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero¹

por Lars Peter Riishojgaard y Oksana Tarasova

La aplicación satisfactoria del Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) requerirá un seguimiento sostenido y casi en tiempo real de los flujos y concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) para evaluar el impacto y la eficacia general de los esfuerzos de mitigación emprendidos por las Partes en el acuerdo. Dado que el Acuerdo de París se refiere a medidas que pueden aplicar las naciones, se centra en gran medida en la evaluación de la parte de los GEI que está directamente bajo el control humano, es decir, las emisiones antropógenas. Estas se estiman utilizando un enfoque o inventario ascendente que combina datos de actividad y factores de emisión. Las estimaciones de emisiones resultantes suelen considerarse de buena calidad en los países industrializados, los cuales cuentan con la base de unas buenas estadísticas nacionales con respecto a las actividades económicas. Sin embargo, en muchos países en desarrollo no se dispone de los datos subyacentes necesarios para realizar estimaciones de inventarios ascendentes.

El impacto de los GEI en el clima no obedece solamente a las emisiones antropógenas, sino más bien a los flujos netos totales (el equilibrio entre los flujos que entran y salen de la atmósfera) que controlan la concentración atmosférica. Fuentes y sumideros naturales de GEI, muchos de los cuales están asociados con flujos incluso mayores que los resultantes de la actividad humana, generalmente no se incluyen en la estimación de inventarios.

Esta circunstancia conduce a una incertidumbre continua en algunos de los procesos que subyacen en el continuo aumento de la concentración en la atmósfera de los gases de efecto invernadero, en la eficacia de los diversos tipos de medidas de mitigación, y en cómo las fuentes y sumideros naturales de GEI pueden responder al

cambio climático en curso. En vista de estas deficiencias, y considerando la experiencia de la OMM en materia de vigilancia y predicción del tiempo y el clima, y en la investigación de GEI, el *Simposio sobre vigilancia de los gases de efecto invernadero* celebrado en la sede de la OMM a principios de año hizo un llamamiento para que la Organización tomara la iniciativa en la coordinación de un esfuerzo internacional para establecer un monitoreo sistemático de GEI en apoyo de la implementación del Acuerdo de París.

A diferencia del inventario de emisiones o estimaciones de emisiones ascendentes, el enfoque descendente utiliza directamente observaciones atmosféricas combinadas con sistemas de modelización y asimilación de datos para determinar cuándo y dónde entran y salen de la atmósfera los GEI. Los modelos, la asimilación de datos, la red de observación y el intercambio de datos que se requieren para el monitoreo de GEI tienen mucho en común con sus paralelos en la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), que ha sido gestionada con éxito por los Miembros de la OMM durante 60 años. Además, la OMM lleva realizando actividades de larga duración en materia de GEI (seguimiento, investigación y prestación de servicios conectados bajo los auspicios de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), creada en 1989, y su Sistema Mundial Integrado de Información sobre los Gases de Efecto Invernadero) que sustentan el monitoreo de los GEI.

El papel de la OMM

La Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero que se propone ofrecerá campos globales de los flujos netos de los principales GEI, y las Partes del Acuerdo de París y otras partes interesadas podrán utilizar estos datos para desarrollar productos que atiendan sus necesidades específicas. De manera análoga a su papel en la VMM y la VAG, el papel de la OMM en la Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero será definir:

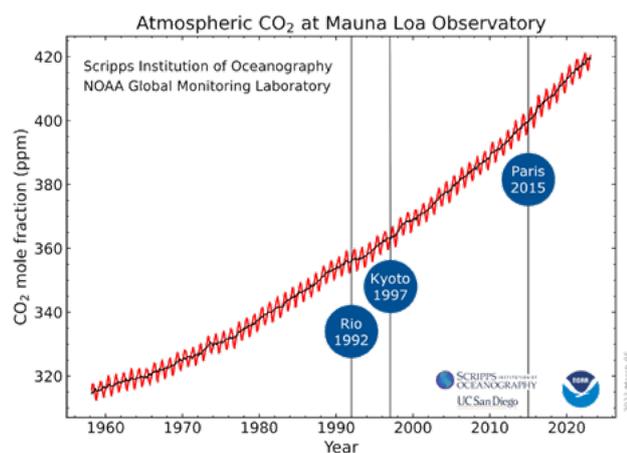
- los requisitos de un sistema integrado de observación desde la superficie, aeronaves y el espacio;

¹ Este artículo ofrece una breve descripción del material disponible en el Anexo al borrador de la Resolución 3.2(2) de la Decimonovena reunión del Congreso Meteorológico Mundial titulado "Infraestructura del monitoreo mundial de los gases de efecto invernadero coordinado por la OMM". Se anima a la comunidad de expertos a leer el documento para obtener información más completa.

- el diseño de un sistema exhaustivo de observación en superficie;
- el intercambio mejorado y oportuno de todas las observaciones de GEI realizadas desde satélites, aeronaves y la superficie, incluida la planificación coordinada de futuros sistemas de observación por satélite;
- la colaboración en metodologías y prácticas comunes para la modelización y la asimilación de datos de GEI;
- los formatos de archivos comunes y los procedimientos de intercambio de campos de modelos;
- los métodos comunes de verificación y validación;
- unas directrices comunes sobre métodos para el posproceso y las aplicaciones posteriores.

La OMM también procurará fortalecer la componente de investigación para apoyar y mejorar continuamente la infraestructura operativa propuesta. La propia Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero se basará en investigaciones maduras, pero se necesitarán estudios adicionales para abordar varias cuestiones científicas abiertas relacionadas con los flujos de superficie y con la incertidumbre del transporte. Dada la necesidad de ampliar significativamente la infraestructura de observación, también será importante la investigación y el desarrollo de técnicas de medición mejores y más rentables.

La OMM también garantizará que la implementación de esta Vigilancia vaya acompañada de un exhaustivo programa de desarrollo de capacidades y formación profesional. El personal de diversas funciones (nivel directivo, operadores, administradores de datos, desarrolladores de modelos) necesitará contar con una formación específica antes, durante y después de la implementación.



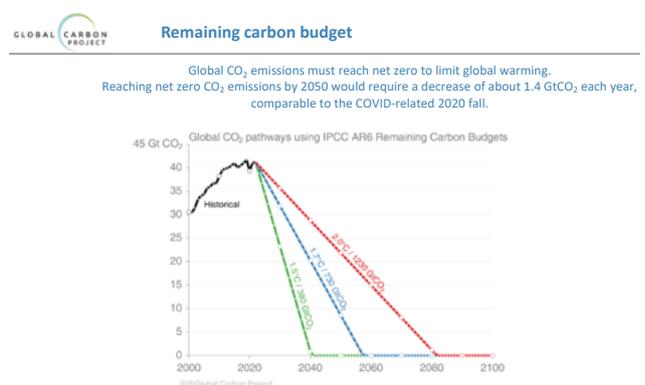
Sesenta años de aumento de las concentraciones de fondo de CO₂ en la atmósfera.

Configuración y resultados esperados

La Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero constará de cuatro componentes principales en su configuración inicial:

1. Un conjunto mundial, exhaustivo y sostenido, de observaciones —tanto superficiales como satelitales— de concentraciones, cantidades totales en columna, cantidades parciales en columna, perfiles verticales y flujos de los principales GEI (dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)), que en conjunto representan el 90 % del forzamiento radiativo en el sistema climático (y de las variables meteorológicas, oceánicas y terrestres que lo sustentan); estos datos se intercambiarán a nivel internacional lo más rápidamente posible, a la espera de las capacidades y los acuerdos con los operadores del sistema.
2. Unas estimaciones previas de las emisiones de GEI basadas en datos de actividad y modelos de procesos.
3. Un conjunto de modelos atmosféricos globales de alta resolución para predecir las concentraciones de gases de efecto invernadero.
4. Asociados a los modelos (punto 3), unos sistemas de asimilación de datos que combinen de manera óptima las observaciones con cálculos de modelos para generar estimaciones de los flujos netos de gases de efecto invernadero que entran o salen de la atmósfera.

Cada uno de los sistemas de modelos individuales que participarán en la Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero entregará, como mínimo, los siguientes productos en formatos normalizados comunes:



Los escenarios futuros de emisiones de CO₂ requieren mantenerse dentro del umbral medio de calentamiento global de 1,5 (verde), 1,7 (azul) o 2,0 (rojo) grados. Fuente: Friedlingstein y otros (2022); Proyecto Carbono Global (2022).



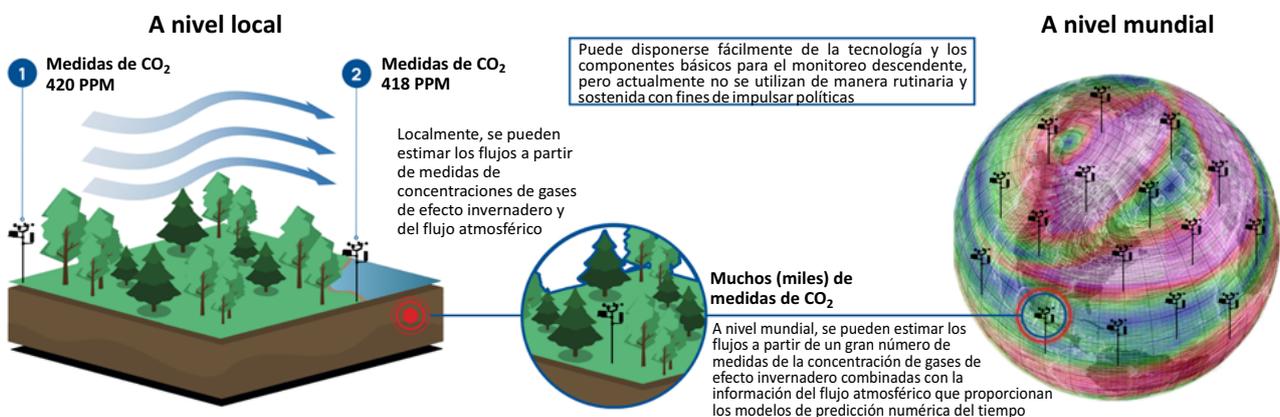
Dos enfoques para monitorear el seguimiento de las concentraciones cambiantes de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

- Flujos netos mensuales de CO₂ entre la superficie de la Tierra y la atmósfera, con resolución horizontal de 1° x 1°, entregados con un retraso máximo de un mes.
- Flujos netos mensuales de CH₄ entre la superficie de la Tierra y la atmósfera, con resolución horizontal de 1° x 1°, entregados con un retraso de un mes.
- Campos tridimensionales de abundancia de CO₂ y CH₄ con resolución horaria y frecuencia de entrega por definir (provisionalmente del orden de unos pocos días).
- Abundancias y flujos netos de N₂O con resolución y frecuencia de entrega aún por definir.

respaldar aplicaciones a escalas mayores o menores y dirigidas a sectores individuales. Pero hay que tener en cuenta que si bien estas aplicaciones dependerán y se basarán en el resultado de la Vigilancia, el desarrollo de los productos posteriores en sí mismos va más allá del alcance de la implementación inicial de la Vigilancia.

Será fundamental que las observaciones que se integren cumplan con las normas de exactitud y precisión y que sus características estén documentadas según la Norma del Sistema Mundial Integrado de Sistemas de Observación de la OMM (WIGOS) sobre metadatos. Como las fuentes y sumideros naturales que ayudan a determinar la concentración de GEI a menudo están mucho más distribuidas en el espacio y tienen una variabilidad temporal diferente que las fuentes antropógenas, el sistema también debería proporcionar una cobertura espacial y sensibilidad adecuadas para detectar cambios en los flujos naturales terrestres y oceánicos, asociados con posibles retroalimentaciones carbono-clima.

Para la Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero, la resolución objetivo de los productos sería inicialmente de 1° x 1° (aproximadamente 100 x 100 km en el ecuador), aunque algunos de los modelos participantes pueden operar a una resolución más alta dependiendo de su capacidad individual. Estos datos pueden procesarse después en una cascada de productos para



El monitoreo descendente combina observaciones de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero con modelos atmosféricos para estimar los flujos netos.

Los requisitos detallados para las observaciones se perfeccionarán aún más mediante el proceso de examen continuo de las necesidades de la OMM una vez que la Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero pase a la implementación. Estos requisitos dependerán en gran medida de la calidad deseada del resultado del modelo. Un principio básico del concepto de esta Vigilancia es que todos los centros de modelización participantes deben tener acceso al mismo conjunto distribuido de datos de entrada. Sin embargo, la selección de datos, el procesamiento previo y la gestión de datos serán específicos de cada sistema o centro debido a las diferencias entre sus configuraciones individuales.

En este momento no es posible estimar de manera realista el coste total del sistema de observación completamente desplegado. El diseño de toda la red no se conocerá hasta que la Vigilancia haya pasado a la implementación. En lugar de ampliar drásticamente las capacidades de observación, el paso inicial más importante para la Vigilancia será establecer un intercambio internacional adecuado y oportuno de todas las observaciones de GEI ya existentes, tanto desde la superficie como desde el espacio.

Afrontar las incertidumbres

“El aumento de los niveles de CO₂ de 2020 a 2021 fue superior a la tasa de crecimiento promedio de la última década y el metano experimentó el mayor salto interanual desde que comenzaron las mediciones”, señaló el Secretario General de la OMM, señor Petteri Taalas. “Pero todavía existen incertidumbres, especialmente en lo que respecta al papel del océano, la biosfera terrestre y las zonas de permafrost en el ciclo del carbono. Por lo tanto, debemos llevar a cabo un monitoreo de los gases de efecto invernadero dentro del marco de un sistema Tierra integrado para poder tener en cuenta las fuentes y los sumideros naturales, tanto en su funcionamiento actual como en su forma de cambiar como resultado del cambio climático”.

La Vigilancia Mundial de los Gases de Efecto Invernadero propuesta proporcionará una gran cantidad de datos cuantitativos para ayudar a mejorar la comprensión de los ciclos de los GEI. La infraestructura del monitoreo mundial de los gases de efecto invernadero coordinado por la OMM consolidará las capacidades existentes de medición y análisis para proporcionar estimaciones de los flujos netos totales de GEI a escala mundial con una resolución relativamente alta en el espacio y el tiempo. Aumentar la comprensión de los flujos de GEI permitirá una mejor predicción de las trayectorias climáticas a largo plazo, con implicaciones potencialmente importantes para las actividades de mitigación necesarias aquí y ahora.

“Existe un fuerte apoyo de la comunidad científica y del sector privado al concepto de infraestructura del monitoreo mundial de los gases de efecto invernadero. La OMM ha sido contactada tanto por organizaciones filantrópicas como por inversores de capital riesgo que buscan oportunidades para catalizar una importante extensión global de las capacidades de monitoreo de gases de efecto invernadero, y por una variedad de entidades involucradas en el comercio de compensaciones de carbono que están considerando el enfoque descendente como una manera de estabilizar el mercado de comercio de carbono ayudando a proporcionar una evaluación sólida y realista del impacto de la compensación”, afirmó el señor Lars Peter Riishojgaard, subdirector del Departamento de Infraestructura de la OMM.

Enlaces relacionados

[WMO Global Greenhouse Gas Watch](#)

[Sistema mundial integrado de información sobre los gases de efecto invernadero](#)