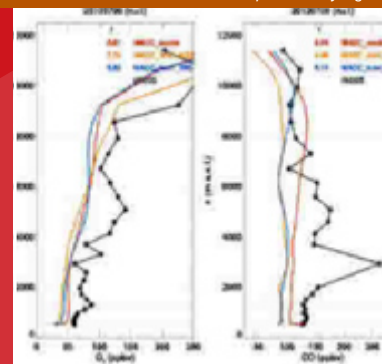


# La observación de la atmósfera mediante aviones de pasajeros instrumentalizados: la historia de IAGOS

por Valerie Thouret (Universidad Paul Sabatier III, Toulouse) y Andreas Petzold (Centro de Investigación de Jülich)



Aeronaves comerciales en servicio para un sistema de observación mundial (IAGOS) utiliza aviones comerciales de pasajeros como plataforma de medición de la composición de la atmósfera. Este sistema es uno de los componentes de la infraestructura europea de investigación para la recopilación a largo plazo y de manera rutinaria de datos de observación *in situ* del estado de la atmósfera.

La aviación a nivel mundial ofrece una forma rentable y eficiente de recopilar dicha información, y optimiza el uso de la infraestructura existente. Mediante la implementación de un conjunto de instrumentos autónomos a bordo de aviones de pasajeros de las líneas aéreas que operan internacionalmente, IAGOS recoge datos atmosféricos fundamentales —principalmente de regiones deficientemente, o nada, muestreadas por otros medios y de la región crítica situada entre la troposfera superior y la baja estratosfera— a escala global y en alta resolución. Además, durante las operaciones de aterrizaje y despegue de estos aviones comerciales instrumentalizados también se obtienen perfiles verticales de gases traza y partículas. Por lo tanto, IAGOS se complementa perfectamente con las redes terrestres y con la instrumentación satelital, y aporta una valiosa contribución al Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG).

El programa europeo MOZAIC (Medición de ozono y de vapor de agua desde aeronaves Airbus en ruta) inició el uso de aviones en vuelo como plataforma para sondear parámetros de estado de la atmósfera y su composición química a principios de la década de 1990. Aviones comerciales Airbus A340-300 fueron equipados con sensores compactos para medir vapor de agua, ozono y monóxido de carbono. Casi en paralelo, el proyecto europeo CARIBIC (Aeronaves civiles para la investigación rutinaria de la atmósfera basada en un contenedor con instrumentos) impulsó el despliegue mensual de un contenedor de carga equipado con la instrumentación necesaria para medir un conjunto más amplio de componentes que el del Airbus

A340-300. Este combinaría los métodos de mediciones *in situ*, las técnicas de teledetección y la recogida de muestras para analizar después del vuelo en laboratorio.

IAGOS combinó estos dos enfoques complementarios y los extendió para cubrir un conjunto más amplio de componentes atmosféricos y disponer de una flota más grande de aviones desplegados. Así, IAGOS-CARIBIC da continuidad al proyecto CARIBIC, mientras que IAGOS-CORE sigue la iniciativa de MOZAIC, que incluirá la operación de instrumentos autónomos hasta en 20 aviones de largo trayecto tras su plena implementación para la medición continua de gases reactivos relevantes para el estudio del clima y gases de efecto invernadero, así como partículas de aerosol y nubes. En mayo de 2014, el programa MOZAIC celebró su 20 aniversario en la sede de Airbus en Toulouse (Francia).

## La infraestructura de investigación

El conjunto de instrumentos operados a bordo de las aeronaves de IAGOS-CORE consiste en una parte (caja 1), que mide el ozono, el vapor de agua, el monóxido de carbono y la concentración numérica de partículas de las nubes. Además, hay una segunda parte (caja 2) con varias opciones (a, b, c y d), orientada a otras sustancias y propiedades químicas específicas tales como compuestos de nitrógeno, gases de efecto invernadero o partículas de aerosol, que será instalada en los aviones a finales de 2014. El armario de instrumentos del IAGOS-CORE totalmente equipado pesa aproximadamente 120 kg y está montado en el compartimiento que contiene la electrónica de los aviones Airbus A340/A330.

IAGOS-CORE inició su operación con el vuelo de la aeronave Lufthansa A340-300 "Viersen" en julio de 2011 desde el aeropuerto de Frankfurt. El segundo Airbus A340 entró en servicio en julio de 2012, operado por China Airlines desde su base en Taipei (China). En 2013 se instaló la

instrumentación en un avión de Air-France (de París) y en otro de Iberia (con sede en Madrid), así como en un Airbus A330 operado por Cathay Pacific (Hong-Kong, China).

En 2010, el contenedor CARIBIC fue totalmente revisado, certificado de nuevo, y devuelto a operación a bordo de un A340-600 de Lufthansa con una operación de cuatro vuelos al mes. De este modo, en 2014, la flota cuenta con cinco IAGOS-CORE (Air-France, Lufthansa, Cathay Pacific, China Airlines e Iberia), un IAGOS-CARIBIC (Lufthansa) y un MOZAIK (Lufthansa) (hasta finales de 2014). Los destinos cubiertos por CARIBIC están distribuidos de forma global, con la mayoría de los vuelos rumbo a América del Norte y al Extremo Oriente y algunos pocos a África del Sur y América del Sur. En [www.caribic-atmospheric.com](http://www.caribic-atmospheric.com) puede encontrarse un mapa de los últimos destinos.

### Sistemas complementarios AMDAR y IAGOS

Tanto el programa de la OMM de retransmisión de datos meteorológicos de aeronaves (AMDAR) como el sistema IAGOS utilizan aeronaves de la aviación civil para realizar observaciones, pero cubren diferentes aspectos de la atmósfera.

AMDAR utiliza principalmente sensores existentes de a bordo, ordenadores y sistemas de comunicación para recopilar, procesar, formatear y transmitir los datos meteorológicos a estaciones de tierra vía satélite o por enlaces de radio. AMDAR recopila y distribuye datos de velocidad y dirección del viento en los aeropuertos, de variables meteorológicas a los niveles de vuelo de los aviones, de turbulencia, y de vapor de agua y humedad (con aeronaves debidamente equipadas) y proporciona mediciones exactas de las coordenadas (tiempo, latitud, longitud y altitud de presión). El objetivo principal de AMDAR son las mediciones de temperatura y de dirección y velocidad del viento.

El conjunto de datos que se ha generado hasta el momento del proyecto IAGOS y sus programas predecesores es de acceso libre para la comunidad científica mundial bajo petición al centro de datos atmosféricos, la base de datos de IAGOS servida por la empresa mixta francesa ETHER (Centro Nacional de Investigación Científica, CNRS/Centro Nacional de Estudios Espaciales, CNES) en [www.iagos.fr](http://www.iagos.fr).

### Una iniciativa sostenible

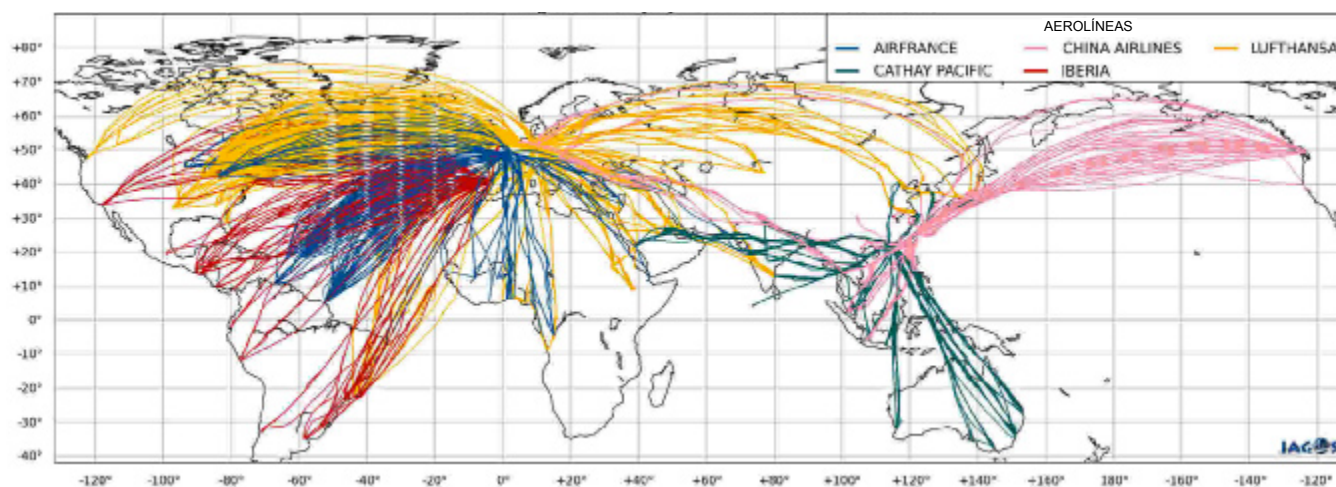
IAGOS está diseñado para una cobertura global y una vida útil de al menos 20 años. Se basa en los 20 años de experiencia científica y tecnológica adquirida en MOZAIK y CARIBIC. IAGOS fue incluido en la hoja de ruta del "Foro estratégico europeo sobre infraestructuras de investigación" (ESFRI) en 2006. Está catalogado entre los casos de éxito del ESFRI.

IAGOS ha asegurado una financiación sostenible a través de iniciativas internacionales de observación, tales como la Red mundial de sistemas de observación de la Tierra (GEOSS) y su componente europea, el Programa Copérnico, y de instituciones nacionales de financiación. A principios de 2014, se puso en marcha una estructura de gobernanza sostenible, IAGOS-AISBL (organización internacional sin ánimo de lucro), con el fin de garantizar el funcionamiento a largo plazo y el suministro continuo de datos.

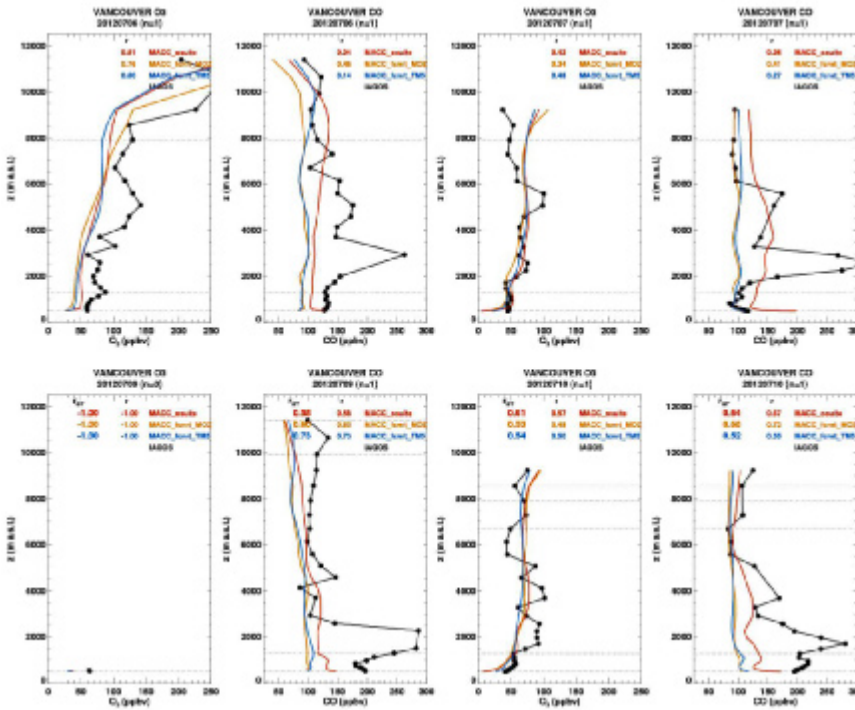
### El valor de IAGOS

IAGOS ofrece a la comunidad científica mundial datos precisos de observación atmosférica in situ, a largo plazo y con frecuencia regular. Las observaciones cubren:

- la composición química atmosférica ( $H_2O$ ,  $O_3$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $NO_y$ ,  $CO_2$  y  $CH_4$  en IAGOS-CORE, además de un número de compuestos orgánicos volátiles en IAGOS-CARIBIC);
- la concentración numérica de aerosoles y su tamaño;
- la concentración de partículas en nube.



Red global emergente, mapa de trayectorias de vuelo desde julio de 2011 hasta el 4 de septiembre de 2014.



Perfiles de ozono y de CO de IAGOS (línea de color negro) en comparación con las diferentes versiones del modelo MACC de Vigilancia del clima y la composición atmosférica (líneas de color). Datos registrados en julio de 2012 sobre Vancouver. Estos datos ponen de relieve el impacto de los penachos por quema de biomasa procedentes de Siberia, como se observa por la alta proporción de mezcla del CO en la baja troposfera.

(Nota: las observaciones de IAGOS se promedian para que coincidan con la resolución vertical del modelo).

IAGOS ofrece observaciones de alta calidad (usando sistemas idénticos con procedimientos de garantía de calidad también idénticos y uniformes e incluyendo la calibración con respecto a instrumentos de referencia, basada en los procedimientos normalizados de la VAG) que son intrínsecamente mejores que las de muchas estaciones operadas por diferentes instituciones que utilizan diferente instrumentación. Estos datos son esenciales para la investigación del clima, la vigilancia de las emisiones, la predicción del tiempo y los pronósticos de la calidad del aire.

Esta valiosa información sobre la composición de la atmósfera está mejorando la comprensión de la calidad del aire a escala global y regional, así como de los posibles efectos de los gases de efecto invernadero en el clima. Los datos de MOZAIC (la lista de publicaciones se puede consultar en [www.iagos.fr](http://www.iagos.fr)) y de CARIBIC han dado lugar a la publicación de hallazgos importantes sobre la distribución y las tendencias mundiales del ozono, el vapor de agua y los óxidos de nitrógeno y carbono. Algunos de ellos se han utilizado en el reciente informe del Grupo ad hoc sobre transporte hemisférico de la contaminación atmosférica (2010) y en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (AR5, 2013). El servicio de vigilancia atmosférica del Programa Copérnico utiliza estos datos para predecir la calidad del aire (puede verse una herramienta de demostración en [www.iagos.fr/macc](http://www.iagos.fr/macc)). También se emplean en los modelos del ciclo del carbono para la verificación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el seguimiento del Protocolo de Kyoto. Los modelos regionales de calidad del aire asimilan los datos de IAGOS en tiempo casi real para mejorar las predicciones. En concreto, los datos IAGOS son de particular interés para llevar a cabo:

- estudios sobre los cambios en la troposfera superior y en la estratosfera inferior, muy relevantes para el cambio climático;
- la validación de modelos atmosféricos y productos satelitales; y
- estudios globales de calidad del aire.

IAGOS se basa en iniciativas europeas anteriores con nuevos desarrollos tecnológicos y un fuerte énfasis en la expansión de la red en el Pacífico, América del Norte y el hemisferio sur. El éxito depende de la voluntad de las compañías aéreas para apoyar la misión. En los próximos años, IAGOS proporcionará el conocimiento preciso y los estudios a largo plazo de las composiciones químicas atmosféricas globales necesarios para mejorar la comprensión del sistema climático cambiante, para reducir la incertidumbre de las predicciones climáticas y para mitigar el cambio climático, junto con su impacto en la calidad del aire.

En [www.iagos.org](http://www.iagos.org) se encontrarán más detalles sobre el estado de la flota, las próximas reuniones y otras noticias.

### Agradecimientos

IAGOS quiere reconocer el apoyo financiero recibido durante sus fases de preparación, puesta en marcha y operación de la Comisión Europea, los programas nacionales de investigación de Alemania (BMBF), Francia (INSU-CNRS, MESR, CNES) y Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (NERC), además de recursos institucionales de Alemania (Asociación Helmholtz, Sociedad Max-Planck, Asociación Leibniz), Francia (Universidad de Toulouse, Météo-France) y Reino Unido (Universidad de Manchester, Universidad de Cambridge). IAGOS está especialmente agradecido por el apoyo continuo de las compañías aéreas participantes