

## Aplicaciones de Mediciones de Dióxido de Carbono para Estudios Relacionados con el Clima

1<sup>ra</sup> Sesión: XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3: Repaso de las Misiones y las Características y Limitaciones de los Datos

Dra. Vivienne Payne (NASA JPL), Científica de Proyecto, Misión OCO-2

9 de julio de 2024



# Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta capacitación, los participantes podrán:

- Identificar las características y limitaciones de las mediciones de XCO<sub>2</sub> del Observatorio de Carbono Orbital de la NASA (Orbiting Carbon Observatory u OCO), OCO-2 y OCO-3.
- Acceder y descargar datos a través del Distributed Active Archive Center (GES DISC) y abrir y visualizar datos de XCO<sub>2</sub> de OCO-2/OCO-3 en GES DISC Earthdata.
- Interpretar datos de XCO<sub>2</sub> de OCO-2/OCO-3 para escalas globales, regionales y locales.
- Evaluar el uso de las mediciones de XCO<sub>2</sub> en base a los indicadores de calidad incorporados en los datos.
- Analizar datos de OCO-2 para evaluar los impactos de El Niño en las concentraciones de CO<sub>2</sub> (Level 2) y los flujos (Level 4) sobre el trópico.
- Analizar datos de OCO-3 para evaluar las variaciones en las concentraciones de CO<sub>2</sub> (Level 2) sobre un área metropolitana.



# Agenda

## **Sesión 1: XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3: Repaso de las Misiones y las Características y Limitaciones de los Datos**

- 3:00 pm -5:00 pm horario Este de EE.UU. (UTC-4:00)
- Martes 9 de julio de 2024
- Instructora Invitada: Vivienne Payne (JPL)

## **Sesión 2: El Impacto de las Sequías en el CO<sub>2</sub>**

- 3:00 pm -5:00 pm horario Este de EE.UU. (UTC-4:00)
- Miércoles 10 de julio de 2024
- Instructores Invitados: Junjie Liu (JPL), Karen Yuen (JPL), David Moroni (JPL)

## **Sesión 3: Mediciones de CO<sub>2</sub> sobre un Área Urbana Extensa**

- 3:00 pm -5:00 pm horario Este de EE.UU. (UTC-4:00)
- Martes 16 de julio de 2024
- Instructores Invitados: Abhishek Chatterjee (JPL), Karen Yuen (JPL), David Moroni (JPL)

**Fecha de entrega de la tarea: 9 de agosto de 2024**

**Certificado de finalización: será otorgado a aquellos que asistan en vivo a todas las sesiones y completen la tarea**



# Cómo Hacer Preguntas

- Por favor escriba sus preguntas en la casilla denominada “Questions” y las responderemos al final de esta sesión.
- Puede escribir sus preguntas durante la sesión. Intentaremos responder todas las preguntas al final - durante el periodo de preguntas y respuestas.
- Las preguntas también las responderemos en el documento de preguntas y respuestas, el cual será publicado en la página de esta capacitación en aproximadamente una semana.



# Prerequisito

ARSET - Medición del Dióxido de Carbono Atmosférico desde el Espacio en Apoyo a los Estudios Relacionados Con el Clima



# Repaso de Conocimientos Previos

1. Las mediciones del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico desde el espacio son cada vez más importantes y pertinentes en apoyo a los estudios climáticos y en la toma de decisiones.
2. Los satélites OCO-2 y OCO-3 de la NASA están dedicados a proporcionar esta medición crítica y también mediciones de la fluorescencia de clorofila inducida por el sol (SIF).
3. Las mediciones de  $\text{CO}_2$  atmosférico se pueden utilizar junto con modelos para inferir flujos de  $\text{CO}_2$ .
4. Las estimaciones de flujos de  $\text{CO}_2$  derivadas de los datos de OCO-2/3 se utilizan para entender el intercambio neto de la biosfera (NBE) y el intercambio neto de carbono (NCE) entre las superficies terrestres y oceánicas y la atmósfera.
5. Los datos de OCO-2/3 también ayudan a identificar las emisiones de puntos críticos, como las zonas urbanas, las megaciudades y las centrales eléctricas.



# 1<sup>ra</sup> Sesión – Instructora Invitada

**Dra. Vivienne Payne**  
Científica de Proyecto,  
Misión OCO-2  
NASA JPL



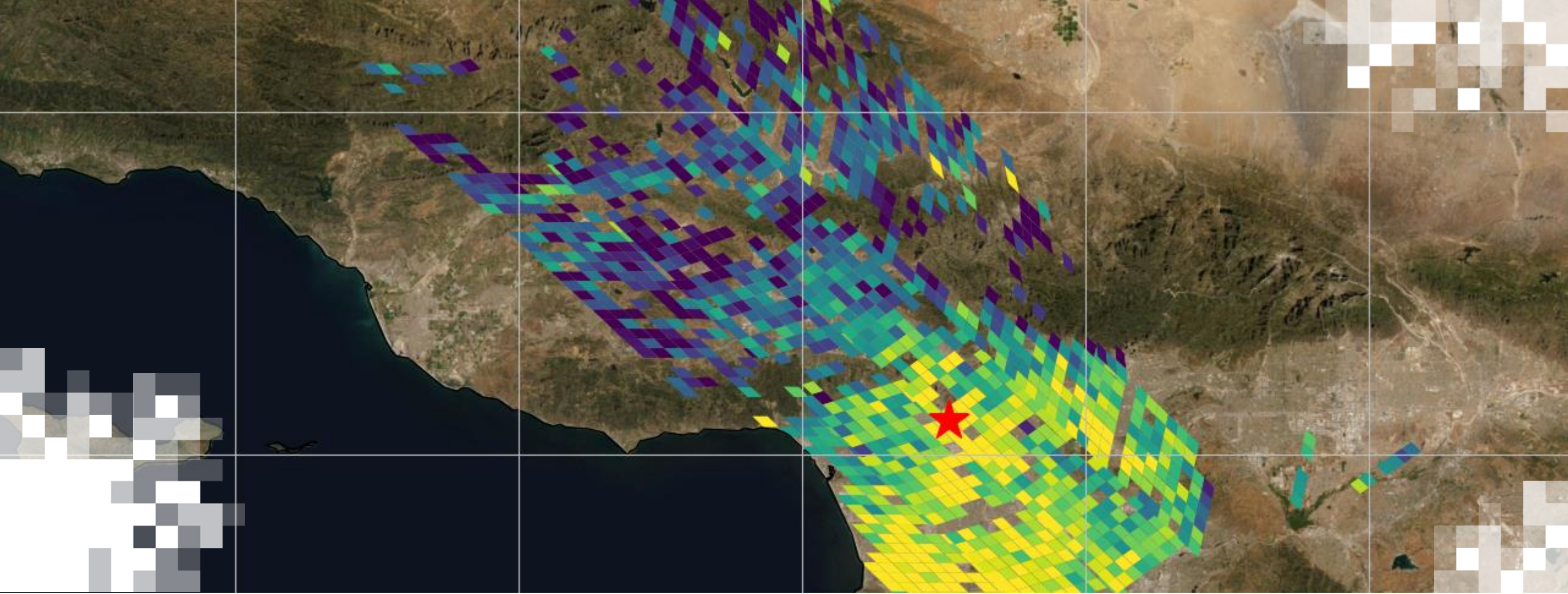
# 1ª Sesión: Objetivos

Al final de la 1ª Sesión, los participantes podrán:

- Identificar las características y limitaciones de las mediciones de  $XCO_2$  de las misiones OCO-2/OCO-3.
- Explorar las aplicaciones que los datos de  $XCO_2$  pueden apoyar.
- Identificar dónde acceder y cómo utilizar los indicadores de calidad de los datos para evaluar las mediciones.
- Interpretar datos y abordar las consideraciones relacionadas a la utilización del  $CO_2$  en diferentes aplicaciones.



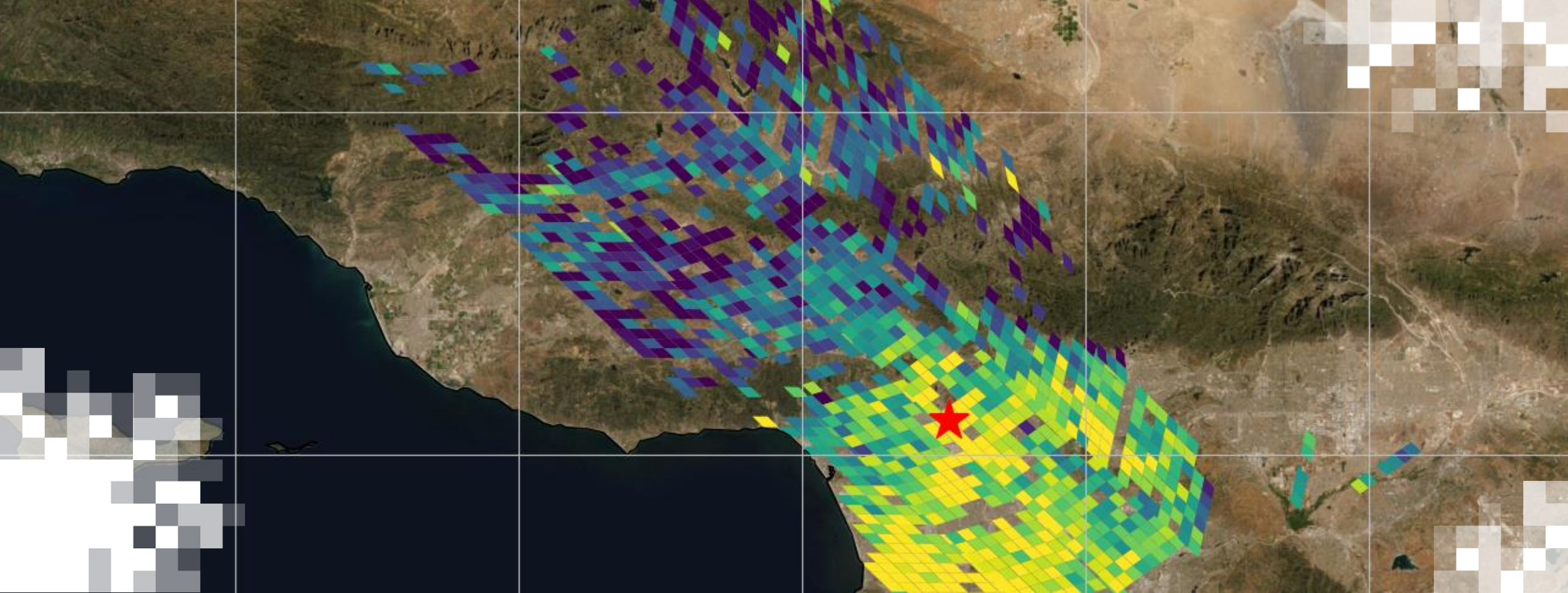




1<sup>ra</sup> Sesión:

**XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3:**

**Repaso de las Misiones y las Características y Limitaciones de los Datos**



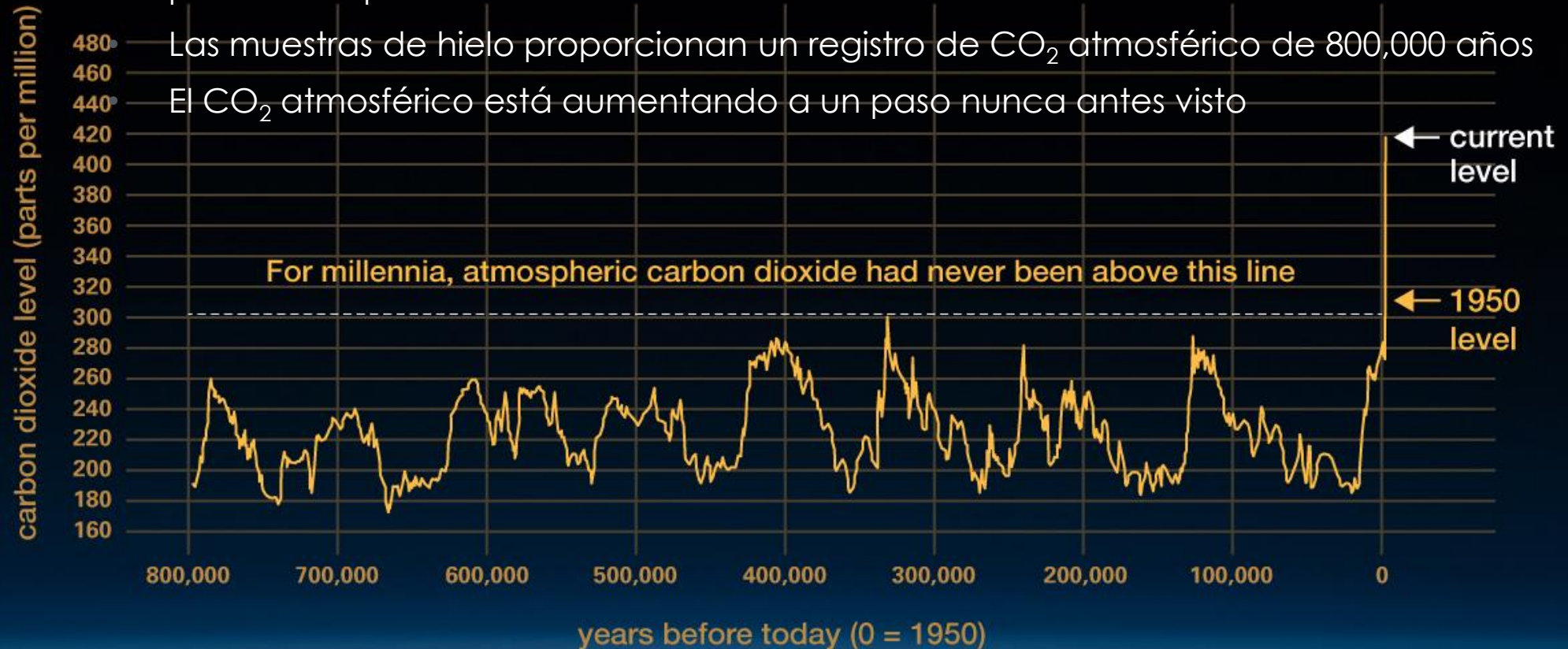
**Repaso: Las Misiones Satelitales  
“Orbiting Carbon Observatory”**

# Los Aumentos en la Cantidad de CO<sub>2</sub> han Causado un Incremento en Temperatura

- CO<sub>2</sub>  $\cong$   $\frac{2}{3}$  del calentamiento es causado por gases de efecto invernadero producidos por los humanos

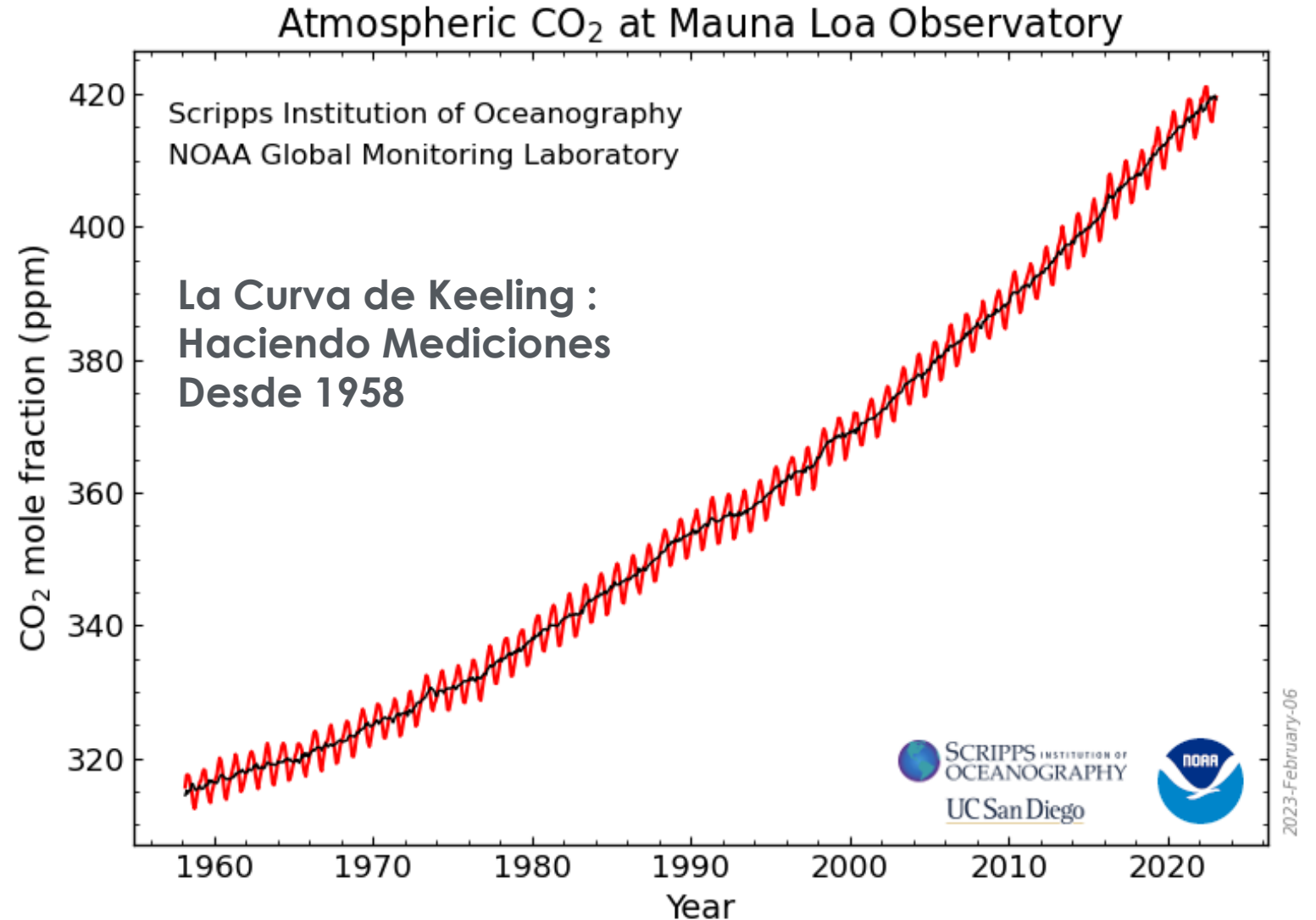
Las muestras de hielo proporcionan un registro de CO<sub>2</sub> atmosférico de 800,000 años

El CO<sub>2</sub> atmosférico está aumentando a un paso nunca antes visto



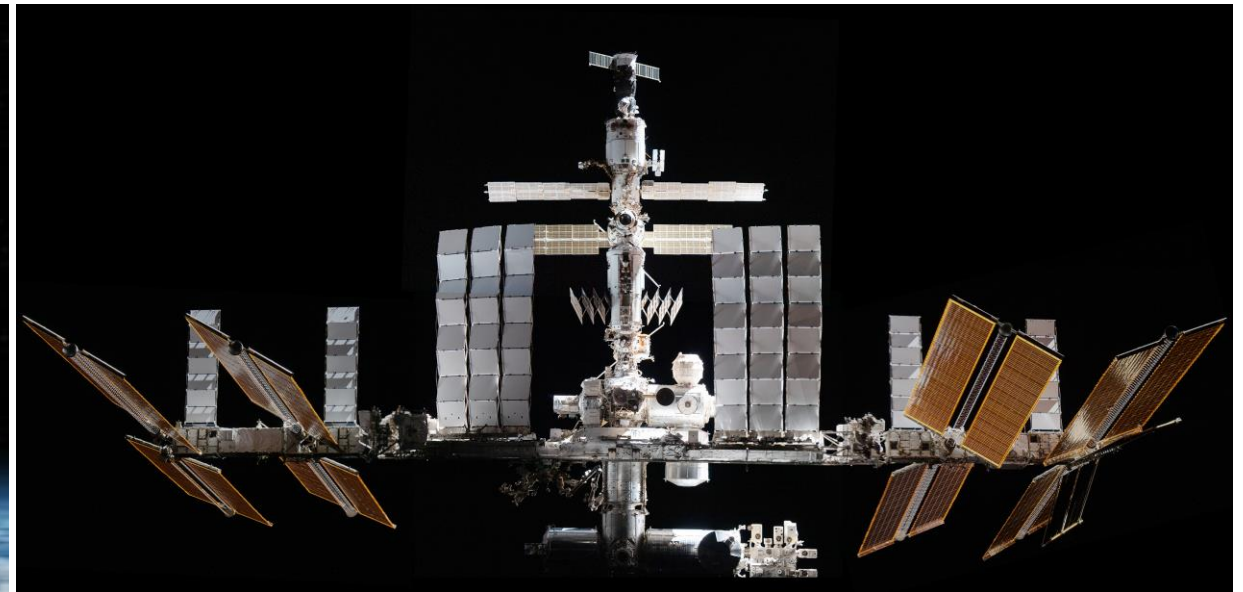
# Mediciones In Situ de CO<sub>2</sub> Atmosférico

- Décadas de mediciones
- Las mediciones son escasas....

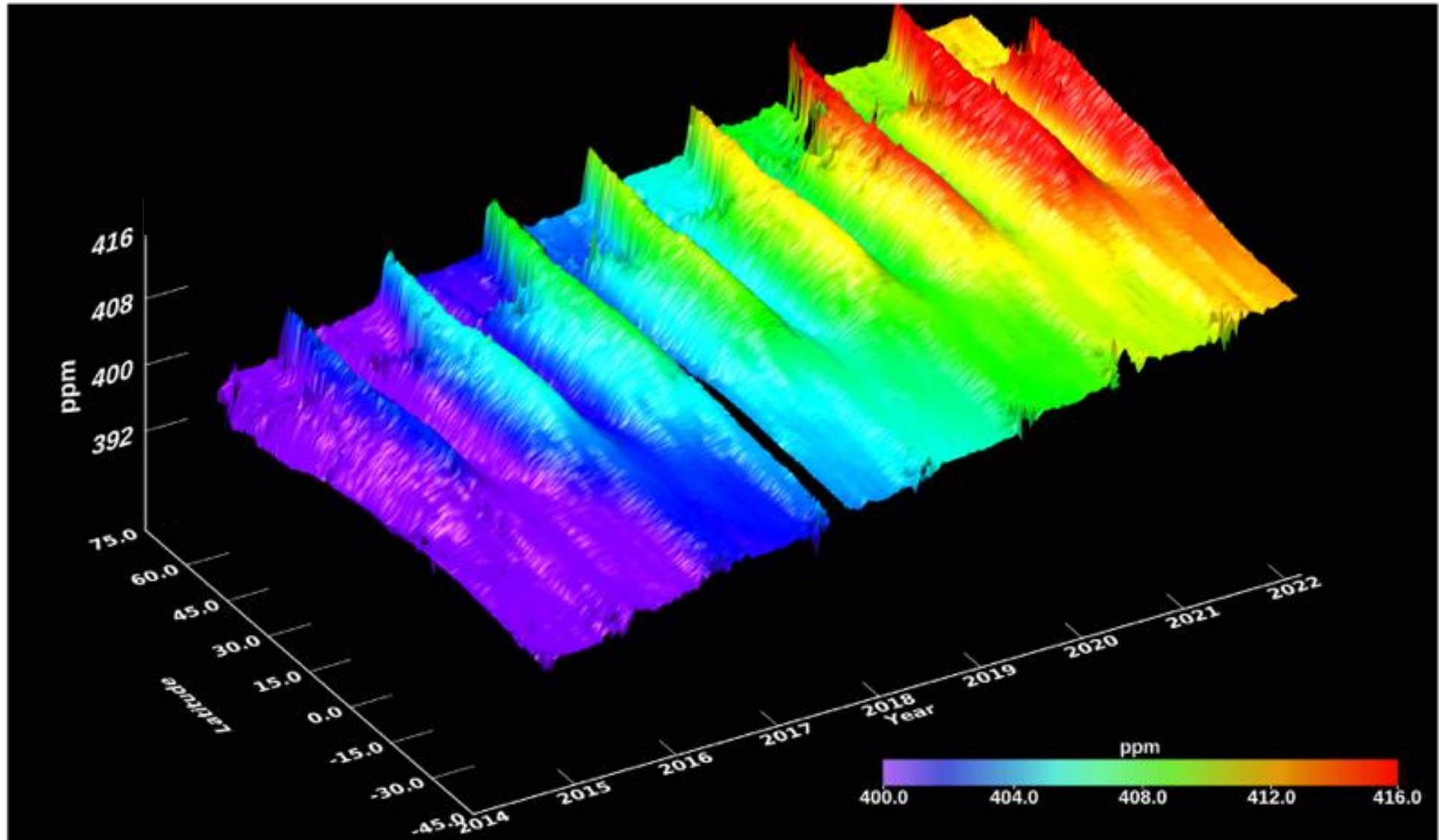


# Misiones Satelitales de la NASA Dedicadas a Estudiar el CO<sub>2</sub>

- Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2)
  - Lanzado el 2 de julio de 2014
  - Órbita polar heliosíncrona (A-Train)
  - Mide tanto el promedio de CO<sub>2</sub> en la columna atmosférica (XCO<sub>2</sub>) como la fluorescencia de la clorofila inducida por el sol (SIF, por sus siglas en inglés)
- Orbiting Carbon Observatory-3 (OCO-3)
  - Lanzado el 4 de mayo de 2019
  - ISS (JEM-EF Port 3), órbita inclinada de  $\pm 52^\circ$
  - Mide tanto el promedio de CO<sub>2</sub> en la columna atmosférica (XCO<sub>2</sub>) como la fluorescencia de la clorofila inducida por el sol (SIF, por sus siglas en inglés)



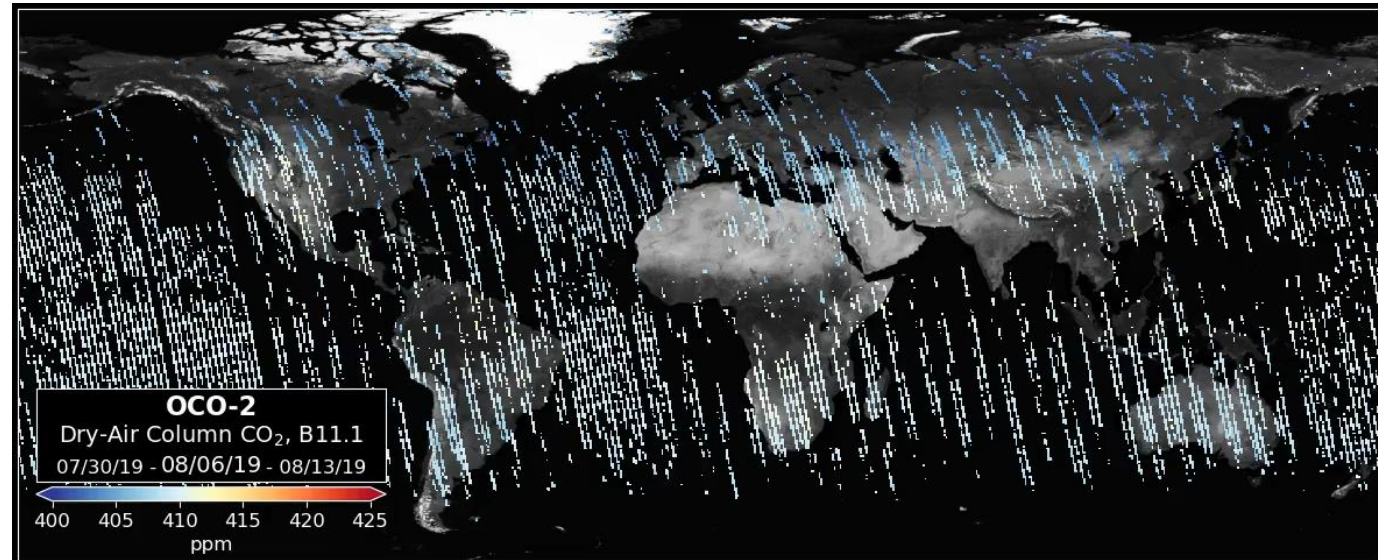
# OCO-2 Mide El Aumento Desenfrenado de CO<sub>2</sub> en la Atmósfera



# La Cobertura y Muestreo de OCO-2 y OCO-3 se Complementan

## OCO-2

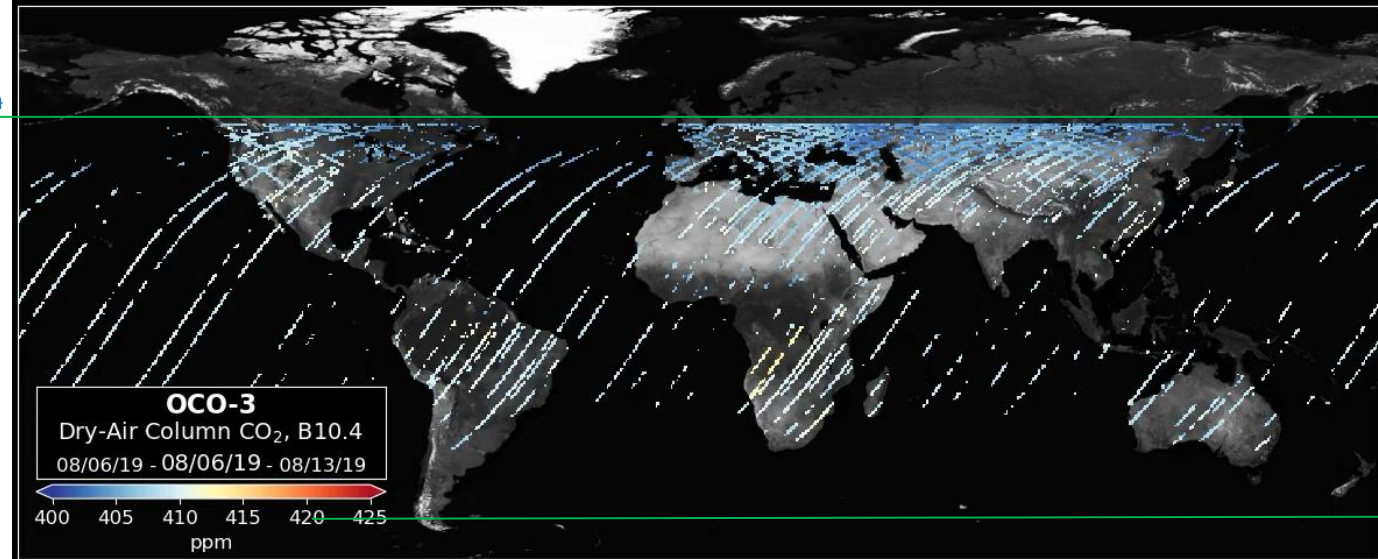
- Cobertura de "polo a polo" dependiendo de la temporada;
- Hora local de sobrevuelo sobre la línea ecuatorial - 1330h
- Resolución temporal de 16 días



## OCO-3

- Cobertura limitada a  $\pm 52^\circ$  de latitud, cambiando según la temporada;
- Sus observaciones abarcan todas las horas del día

Edmonton  
Calgary



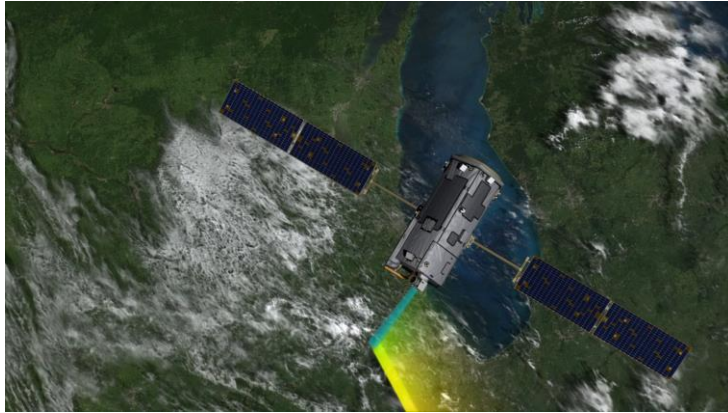
Amsterdam  
Rotterdam  
Londres

Rio Gallegos  
Punta Arenas



# ¿Cuáles son los Diferentes Modos de Observación de OCO-2?

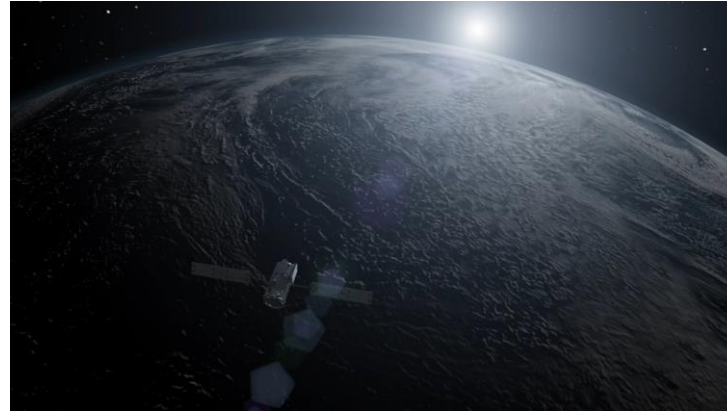
## Modo Nadir



En el Modo Nadir, el satélite mira directamente hacia abajo.

- Máxima resolución espacial en la superficie
- La relación señal-ruido no es adecuada en superficies oceánicas oscuras.

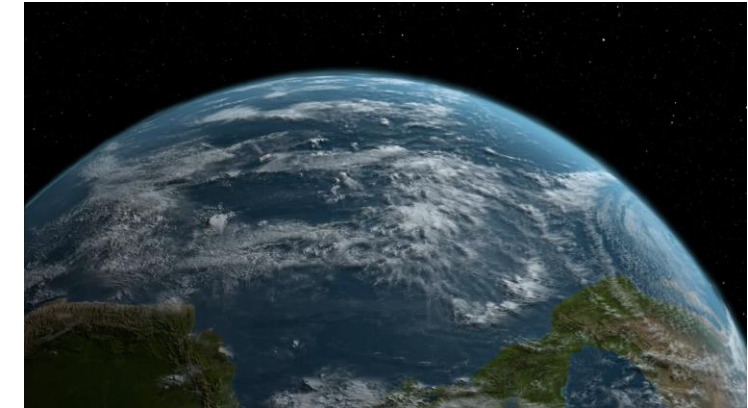
## Modo Destello (Glint Mode)



En Modo Destello (Glint Mode), el satélite apunta el instrumento hacia el punto brillante de “destello”, donde la radiación solar se refleja desde la superficie.

- En latitudes altas las mediciones son hasta 100 veces mejor que en el modo Nadir.
- Mejora significativamente la relación señal-ruido en el océano oscuro.

## Modo Target (Target Mode)



En el Modo Target (Target Mode), el satélite fija la observación sobre alguna ubicación específica en la superficie y retiene esa posición mientras vuela por encima.

- Las comparaciones con las mediciones terrestres ayudan a identificar y corregir errores sistemáticos y aleatorios en los datos de XCO<sub>2</sub> de OCO-2.

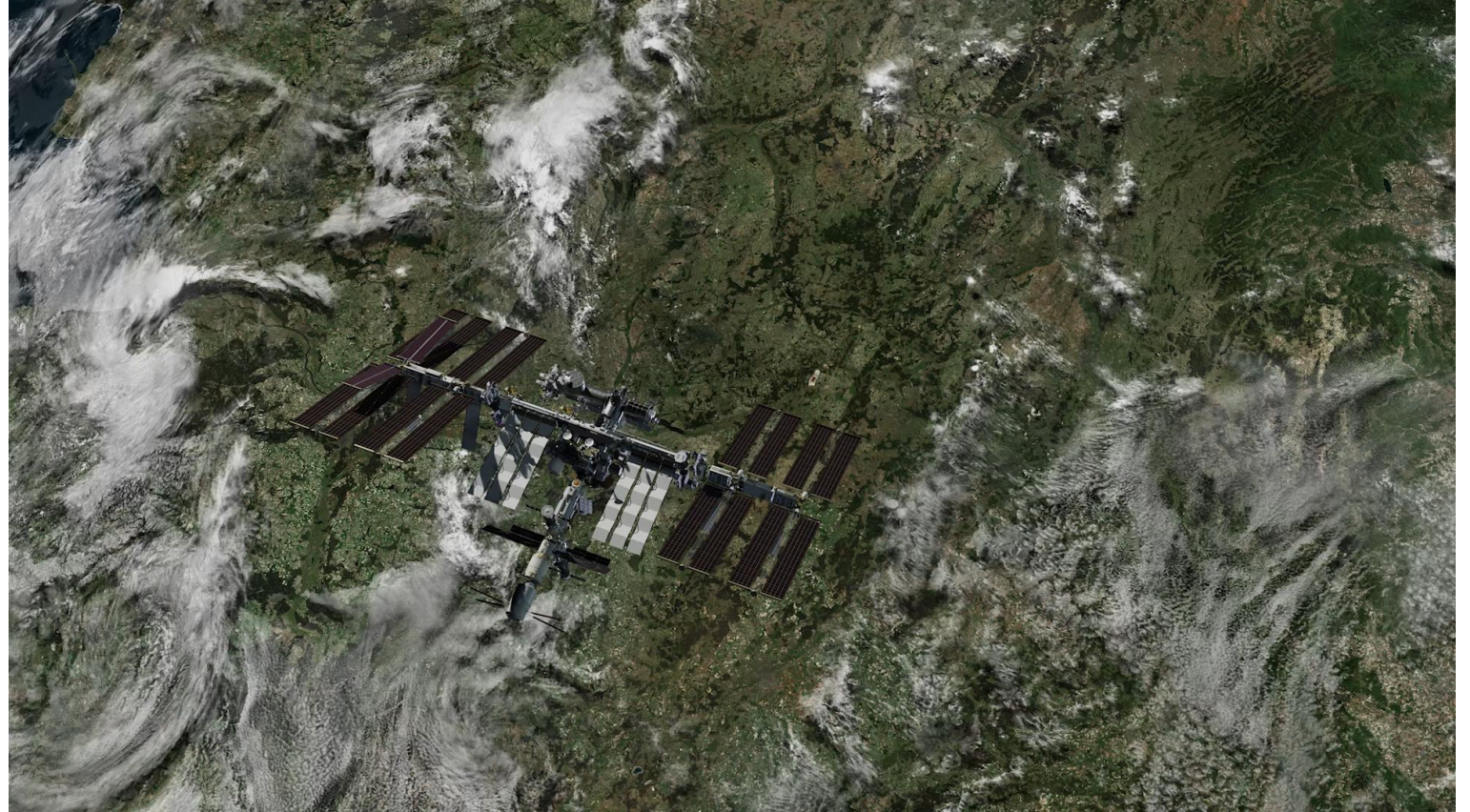




# OCO-3 Tiene un Modo de Observación Adicional, Único

## Modo de Observación “Snapshot Area Mapping” (SAM):

- Se enfoca en las emisiones localizadas de actividades humanas (megaciudades, plantas eléctricas, vertederos) mediante la realización de mediciones similares a las de un "mapa"
- Recopila datos en un área de ~80 km × 80 km en 2 minutos
- Complementa las mediciones de nadir y destello que el sensor recolecta.

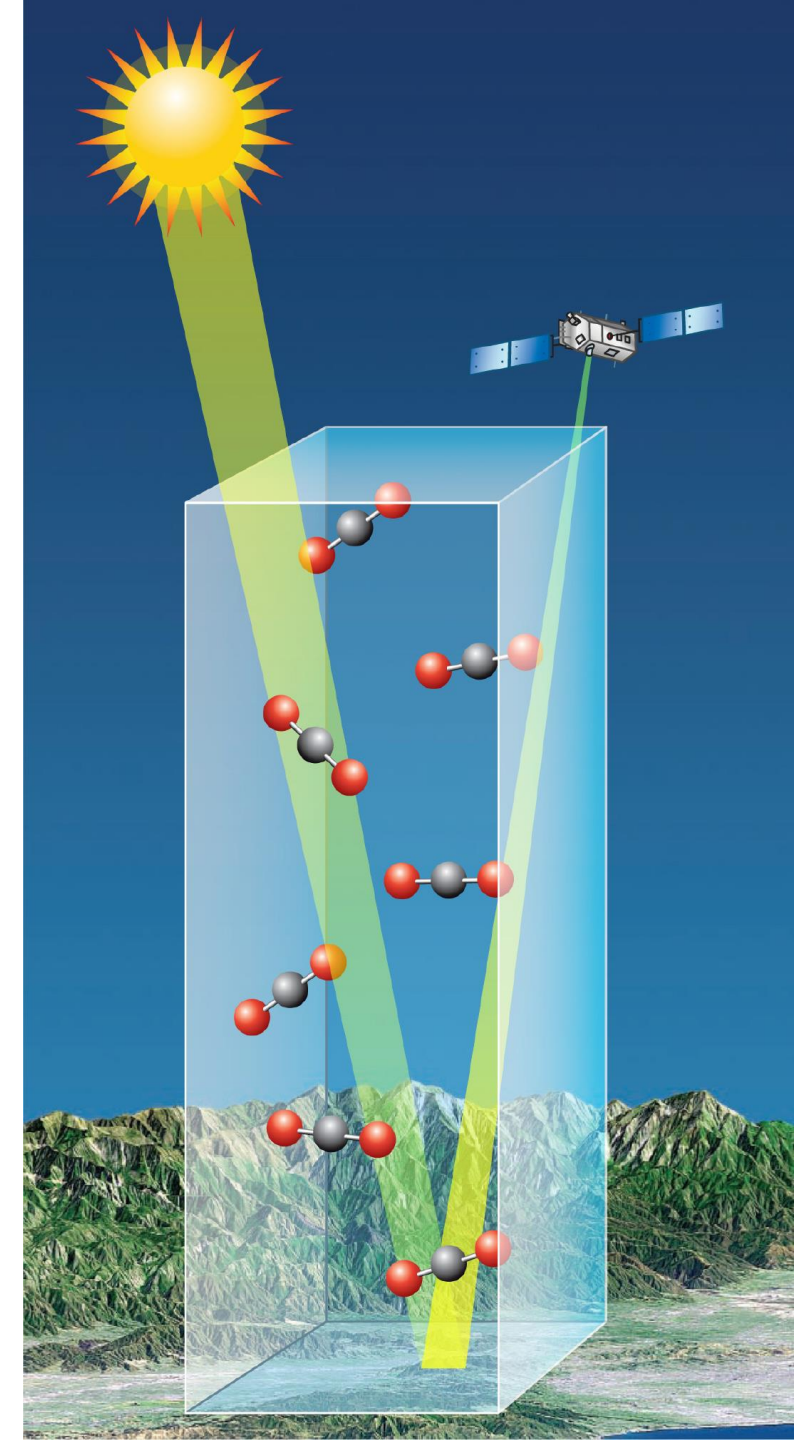


**Video:** Animación que muestra el modo de operación SAM sobre una fuente puntual; en este ejemplo, vemos mediciones de XCO<sub>2</sub> sobre la central eléctrica de Bełchatów (Polonia) adquiridas por tres diferentes sobrevuelos.



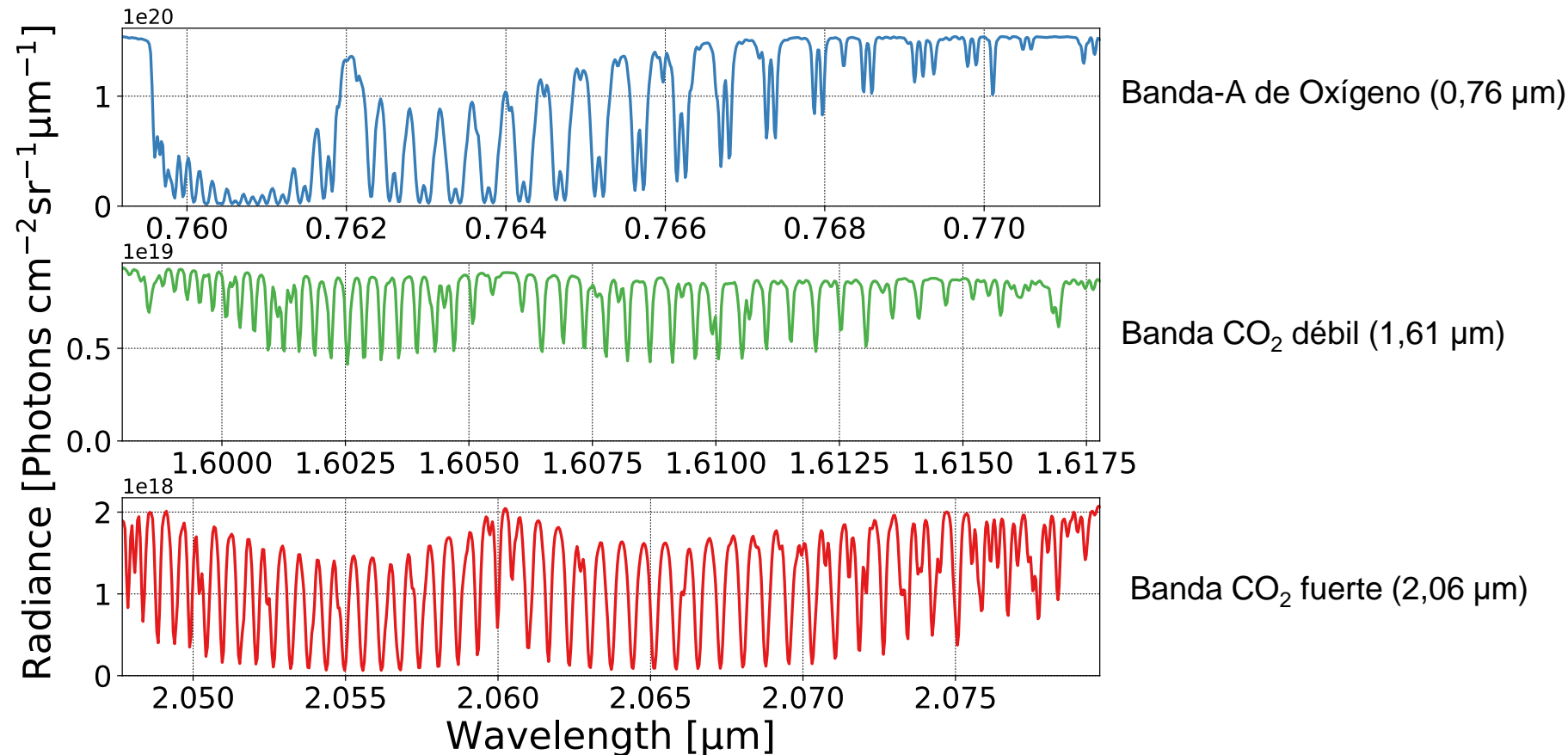
# ¿Qué es la Medición del XCO<sub>2</sub>?

- **XCO<sub>2</sub>** es la relación de la mezcla por volumen (volume mixing ratio o VMR) de dióxido de carbono en la columna atmosférica.
- **VMR Promedio de la Columna:** Cantidad promedio de CO<sub>2</sub> en una columna vertical sobre una ubicación determinada.

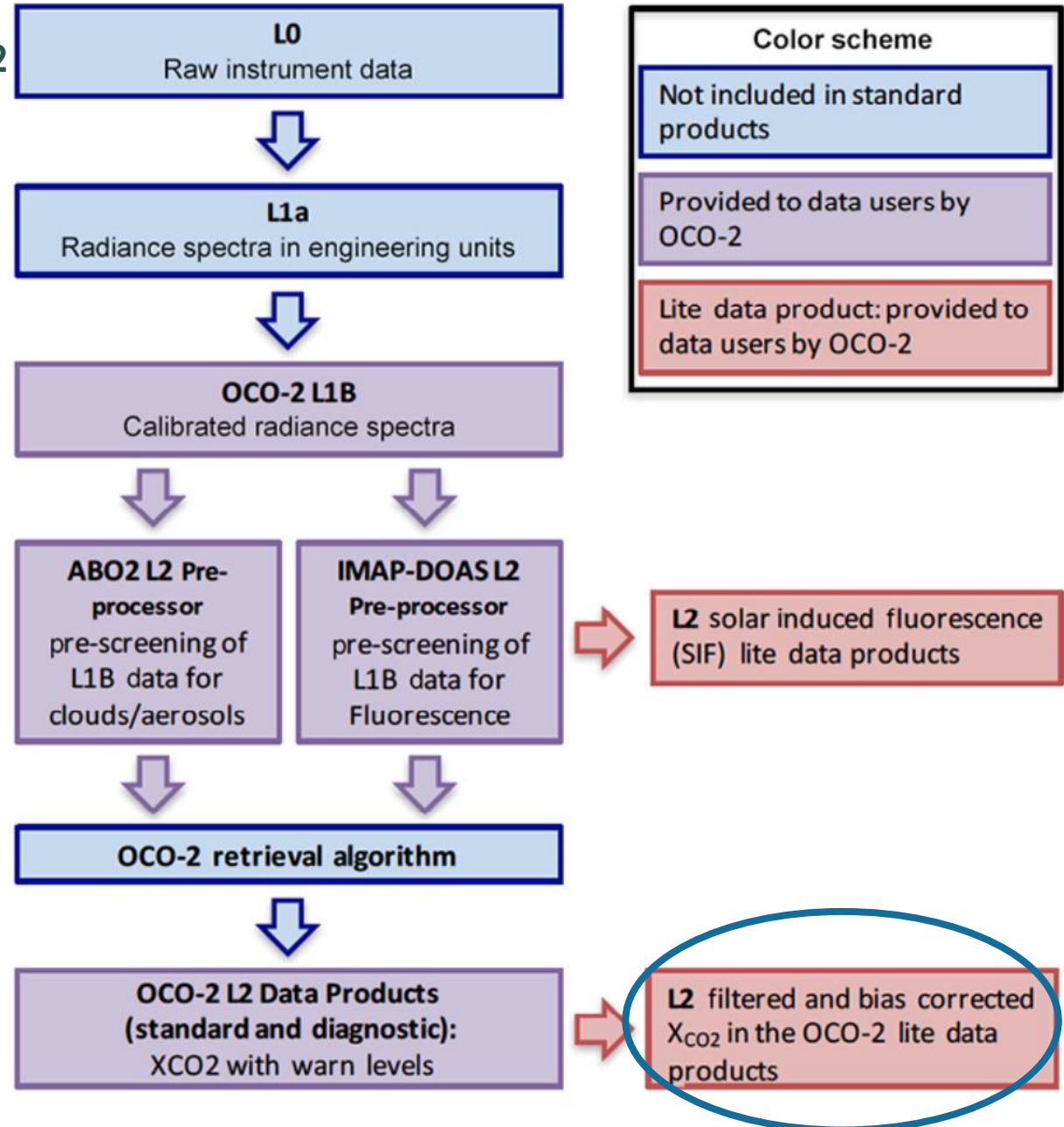


# ¿Cómo se Mide el XCO<sub>2</sub>?

- Los espectrómetros de OCO-2 y OCO-3 detectan las “huellas” moleculares.
- Los niveles de absorción en los espectros nos indican cuántas moléculas hay en la región donde el instrumentó hizo la medición.



# Procesamiento de Datos de XCO<sub>2</sub>

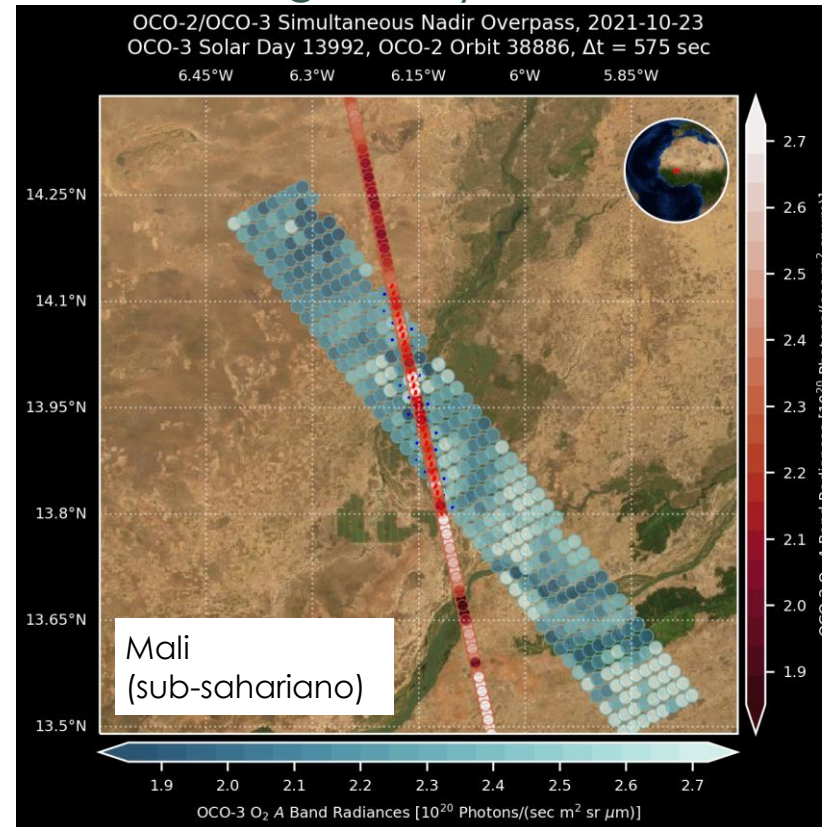
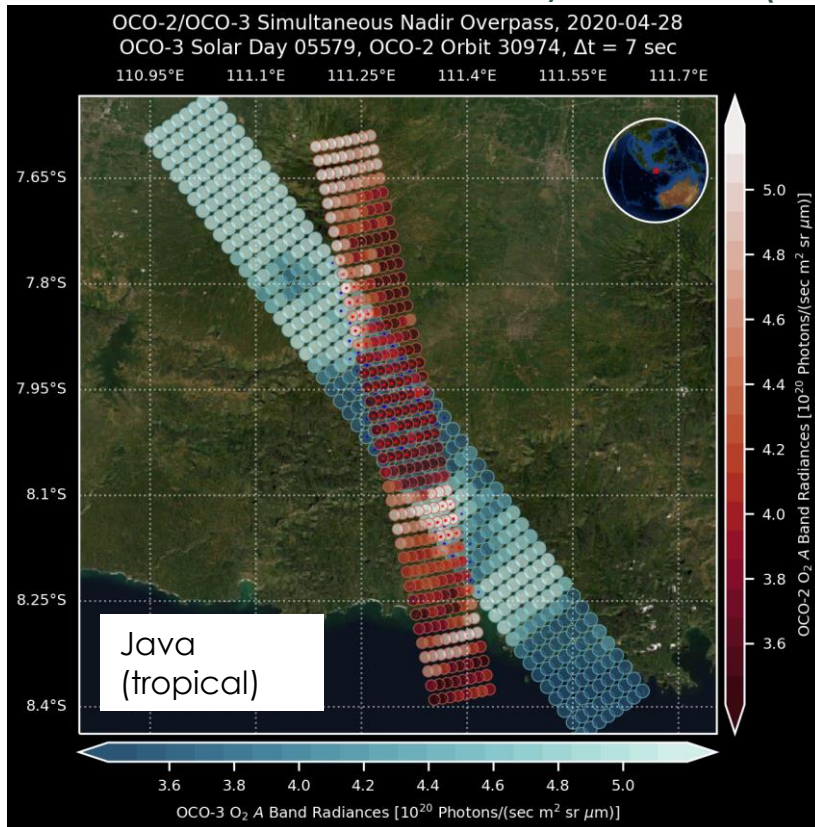


Flujograma de [Eldering et al. \(2017\)](#)



# Características de la Medición: Ancho de la Franja

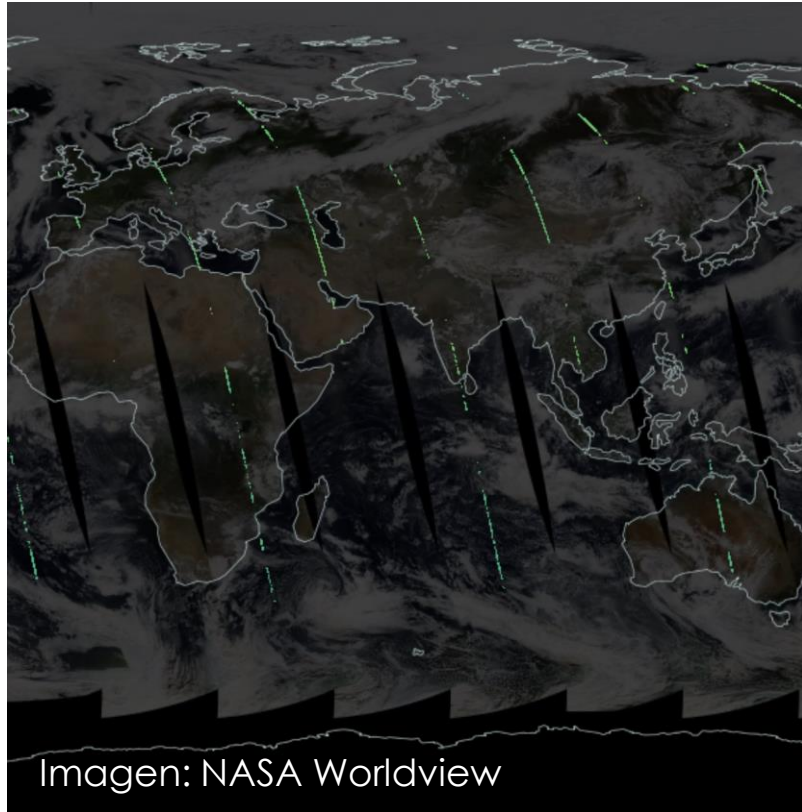
Ejemplos de radiancias de banda-A para países simultáneos de OCO-2 y OCO-3 (dentro de 7 segundos).



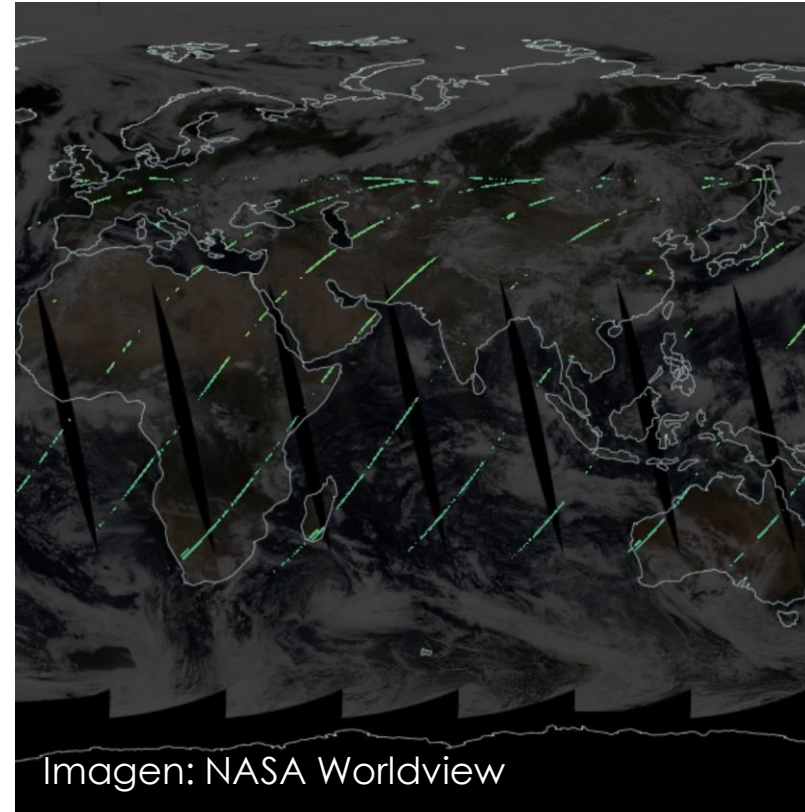
- **El ancho de la franja de OCO-2**
  - Cambia a lo largo de la órbita
  - El ancho de la franja de OCO-3 es más uniforme debido a su adaptabilidad para apuntar



# Características de la Medición: Muestreo Diario



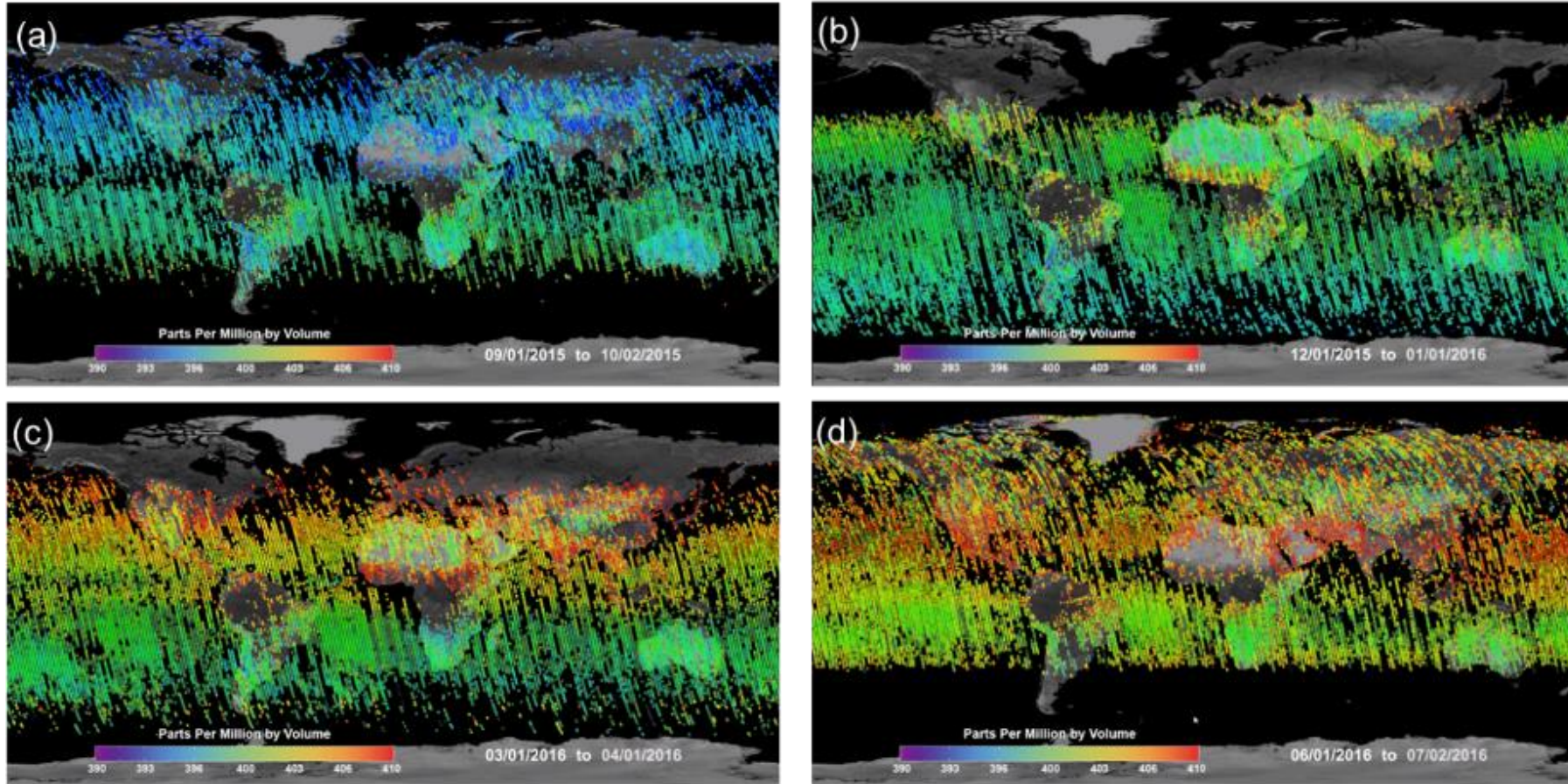
- **OCO-2** orbita la Tierra 14.5 veces al día, recopilando datos sobre regiones iluminadas por el sol y sin nubes. Esta imagen muestra las ubicaciones de las mediciones exitosas de XCO<sub>2</sub> en África, Eurasia y Australia durante un solo día (31 de mayo de 2021).



- **OCO-3** también muestrea regiones libres de nubes e iluminadas por el sol, con un muestreo orbital que sigue la trayectoria de la Estación Espacial. Esta imagen muestra las ubicaciones de las mediciones exitosas de XCO<sub>2</sub> para la misma área y el mismo día.



# ¿Cuáles son las Limitaciones de la Medición?

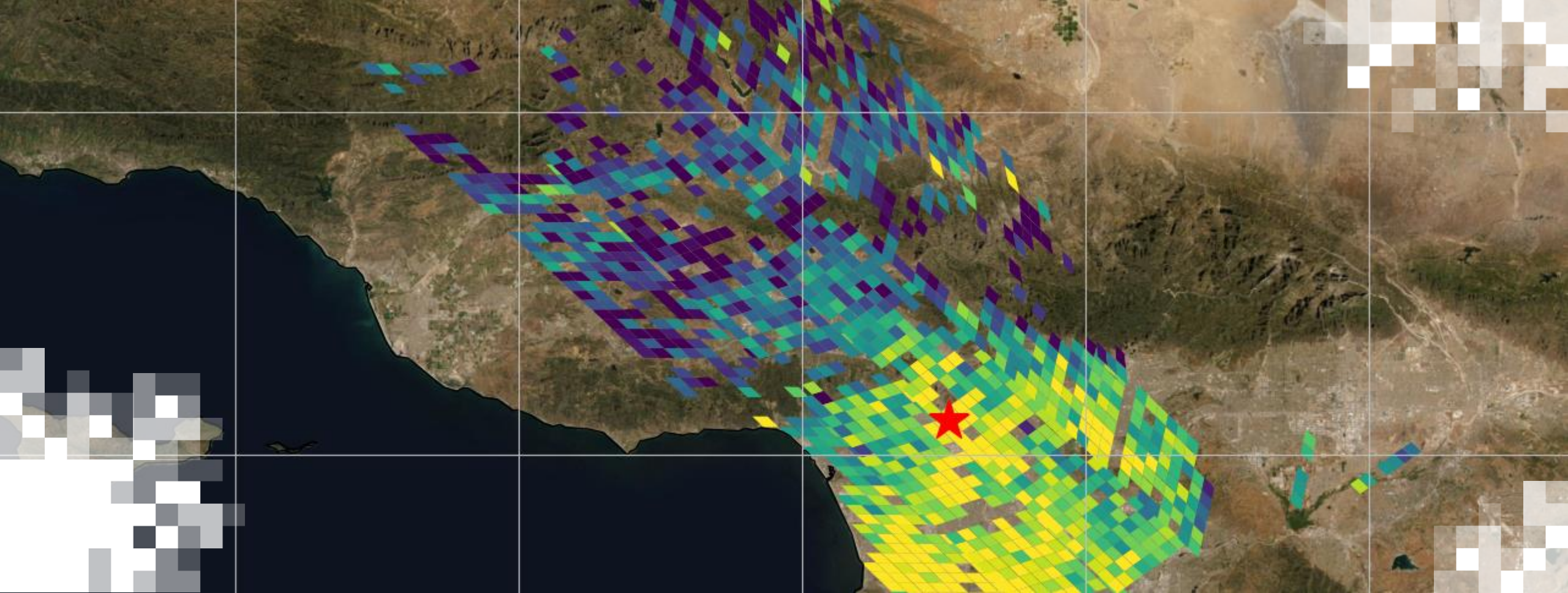


Factores Afectando la Calidad de la Medición:

- Nubes
- Aerosoles Ópticamente gruesos
- Topografía Irregular (Montañas)
- Ángulos cenitales solares elevados

Mapas de XCO<sub>2</sub> a lo largo de las trayectorias orbitales de OCO-2 para (a) septiembre de 2015, (b) diciembre de 2015, (c) marzo de 2016 y (d) junio de 2016, que ilustran las variaciones de XCO<sub>2</sub> y la cobertura de latitud en función de la estación del año. El tamaño de la huella es exagerado para mayor visibilidad. Todas las barras de color se extienden de 390 a 410 ppm. Las nubes persistentes y la disponibilidad de luz solar limitan la cobertura de latitud en el hemisferio invernal.



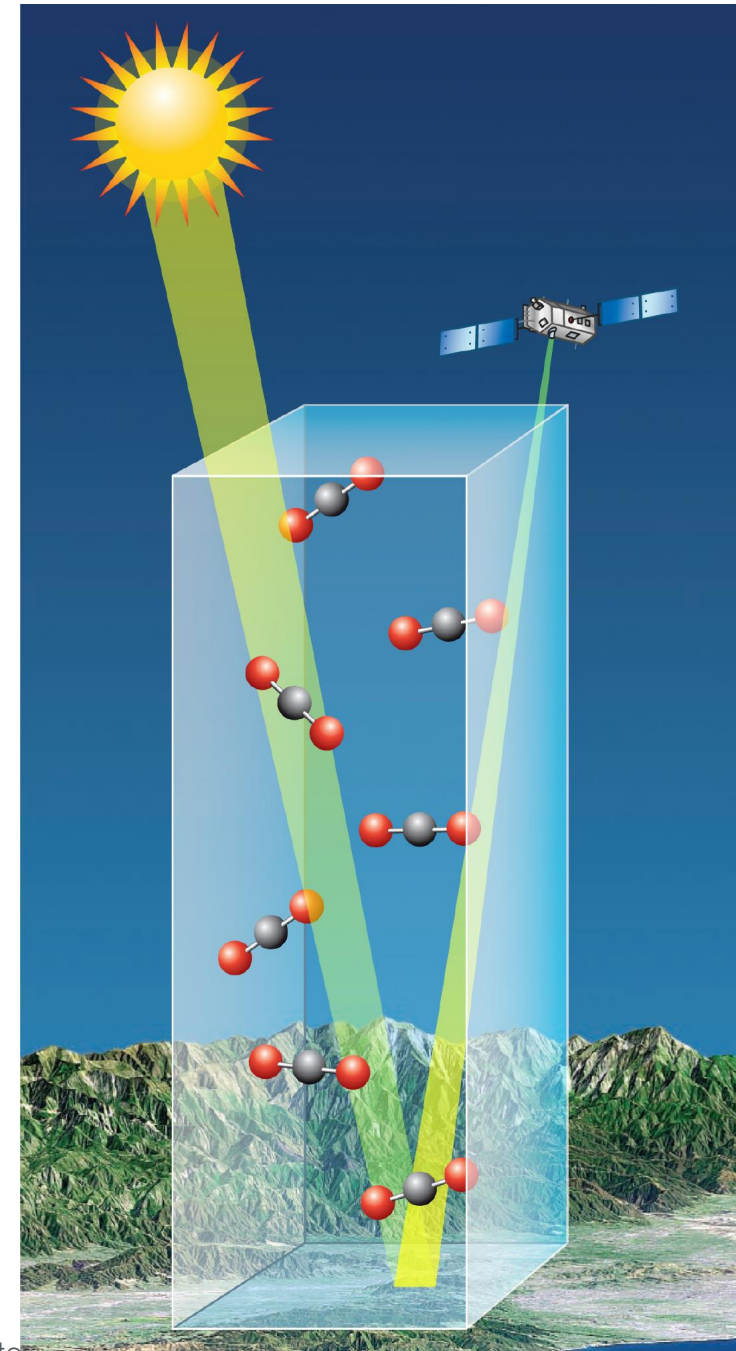


**Etiquetas de Calidad**



# ¿Qué es “la Verdad”?

- El  $X_{CO_2}$  en los datos de OCO-2/OCO-3 es la relación de mezcla de volumen promedio de la columna. Esta es una medida de la cantidad de dióxido de carbono en la columna atmosférica en su totalidad.
- Esto **no es directamente comparable** a una medición en un solo punto, como una medición in situ en un lugar en la superficie, o en un solo punto de la atmósfera.



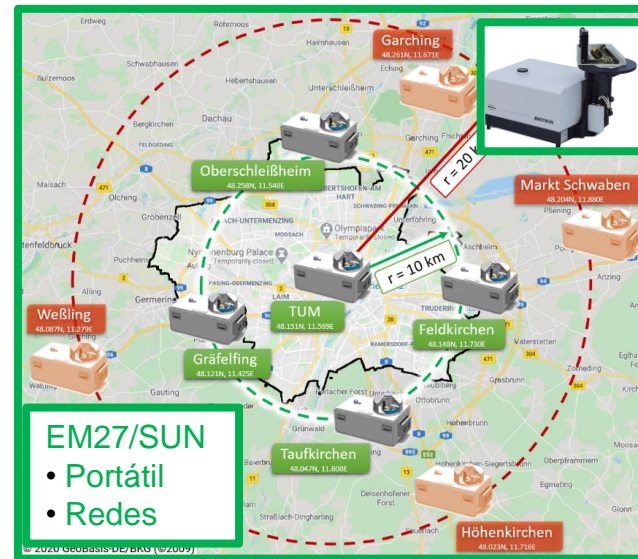
# ¿Cómo se Validan las Mediciones de XCO<sub>2</sub> de OCO-2/3?



Fuente de la Imagen: TCCON



Fuente de la Imagen: TCCON



<https://gml.noaa.gov/ccgg/aircore/>



<https://gml.noaa.gov/ccgg/aircraft/>



# La Red “Total Carbon Column Observing Network” (TCCON)

Una red terrestre de espectrómetros de Transformada de Fourier

- Registro de espectros solares directos en la región espectral del infrarrojo cercano.
- Extracción exacta y precisa de la abundancia de CO<sub>2</sub> promediada por columnas.
- Un recurso de validación esencial para OCO-2, OCO-3, los satélites de observación de gases de efecto invernadero GOSAT y GOSAT-2, el instrumento Sentinel 5P TROPOMI, TanSat y otras misiones.



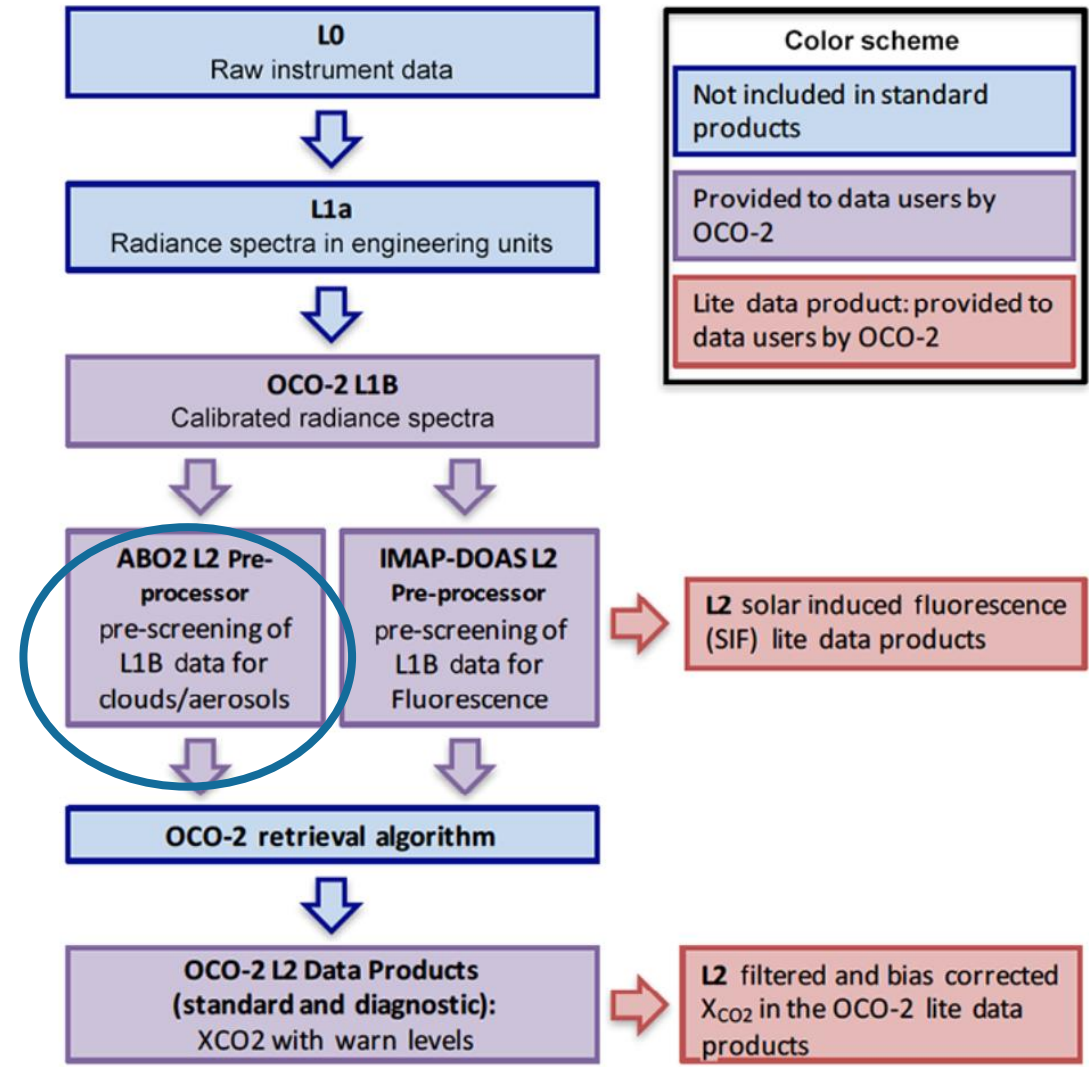
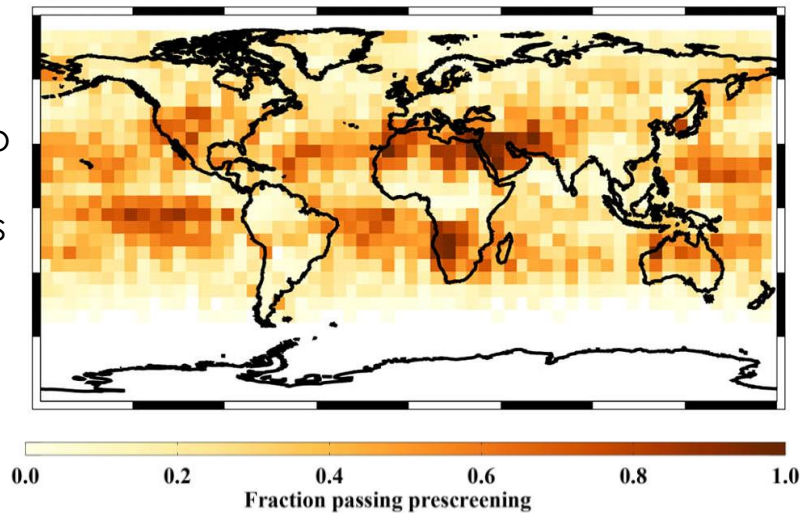
Para lo último sobre TCCON, visite el [TCCON Wiki](https://tccon-wiki.caltech.edu) en la siguiente página: <https://tccon-wiki.caltech.edu>.



# Pre-Filtrado de los Datos

- Los espectros de radiación de Nivel 1B se examinan previamente para comprobar si hay contaminación obvia por nubes o aerosoles
- Las mediciones que pasan el pre-filtrado se procesan hasta el 2<sup>do</sup> Nivel
- La fracción de datos que pasan del paso de preselección varía según la ubicación y la temporada

Esta figura muestra la fracción de sondeos de OCO-2 en modo destello en cuadros de latitud y longitud de 6 por 6 grados que pasaron el pre-filtrado para el mes de junio de 2016. Figura de [O'Dell et al. \(2018\)](#)



# Filtrado Adicional con la Etiqueta de Calidad

- El prefiltrado remueve mediciones que están altamente contaminadas de nubes y aerosoles.
  - Por lo general, alrededor del 70% de las mediciones se remueven de consideración.
  - Estas mediciones no se incluyen en los datos de XCO<sub>2</sub> de 2<sup>do</sup> Nivel Lite.
- Se requiere filtrado adicional para etiquetar mediciones con menor contaminación de nubes/aerosoles.
  - Alrededor del 15 % de las mediciones preseleccionadas se etiquetan en un paso de filtrado adicional. Estas mediciones se reportan, pero se etiquetan como sospechosas en los datos de 2<sup>do</sup> Nivel Lite.

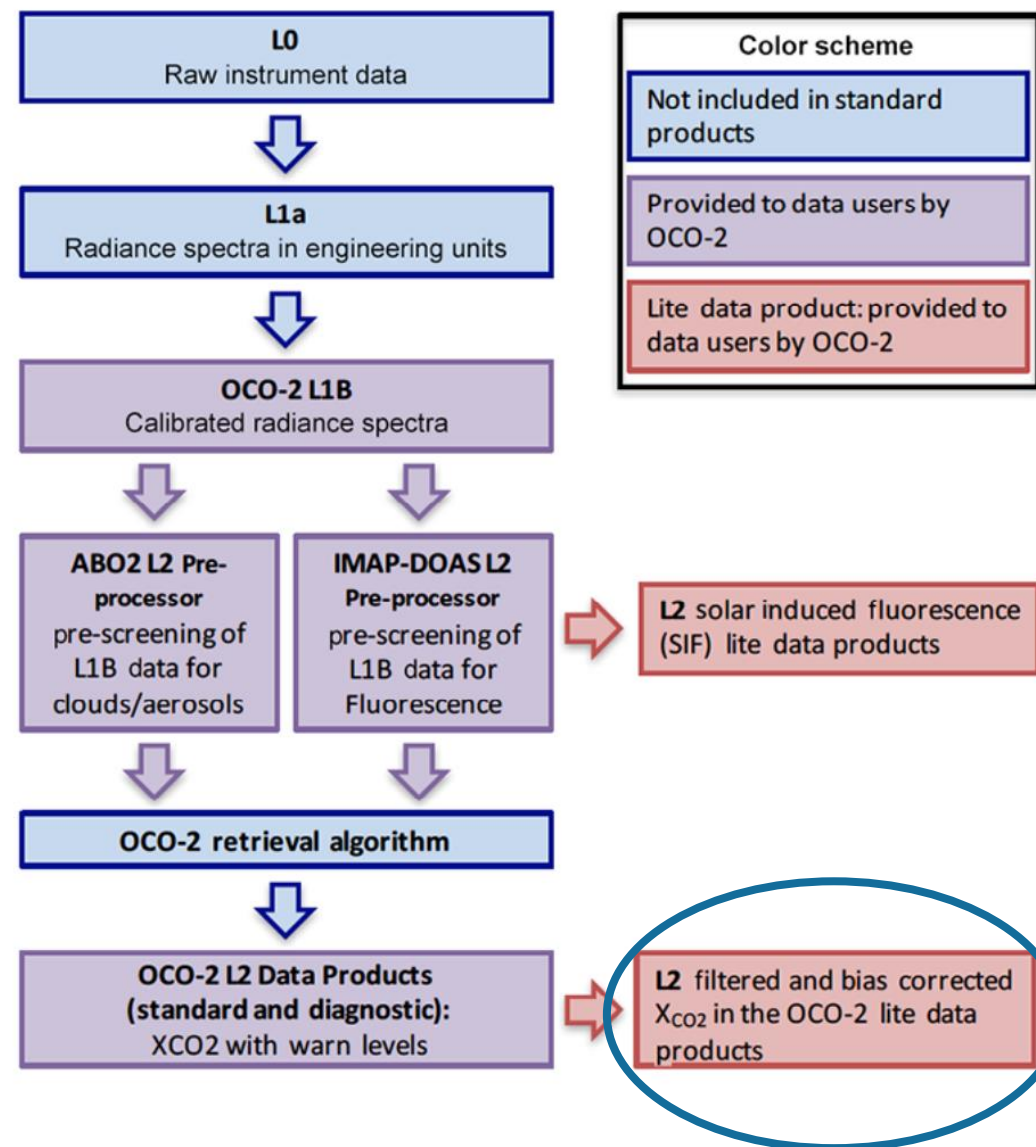
“Cuando se utilizan los datos contenidos en los archivos Lite, el filtrado se puede realizar con **xco2\_quality\_flag** ("0" es bueno). Este filtro se ha obtenido comparando el XCO<sub>2</sub> con diversos sustitutos de la verdad (datos de referencia) e identificando umbrales para diferentes variables que se correlacionan con la pobre calidad de los datos. Aplica filtros de calidad en base a una serie de variables o auxiliares que se correlacionan con una dispersión o sesgo excesivo de XCO<sub>2</sub>.”

*-Guía del usuario de Datos de OCO-2 de 2<sup>do</sup> Nivel*



# Corrección de Sesgos

- ¡Las mediciones de CO<sub>2</sub> desde el espacio son extremadamente desafiantes!
- Incluso después del filtrado, los valores de XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3 muestran dependencias de los parámetros de superficie y atmosféricos.
- Se aplica una corrección de sesgos paramétrica a las mediciones de XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3
- Los archivos de productos de XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3 de 2<sup>do</sup> Nivel Lite contienen valores corregidos de sesgos
- Para obtener más información sobre el enfoque para la corrección de sesgos paramétrica, consulte [O'Dell et al. \(2018\)](#)



# ¿Hay Sesgos Restantes en los Datos de XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3??

## Las Buenas Noticias:

- Los datos de OCO-2 y OCO-3 de 2do Nivel Lite que están disponibles en el GES DISC ya han sido filtrados y corregidos de sesgos.
- El proceso de filtrado y corrección de sesgos se describe en la Guía del Usuario de Datos de 2do Nivel de OCO-2/OCO-3.

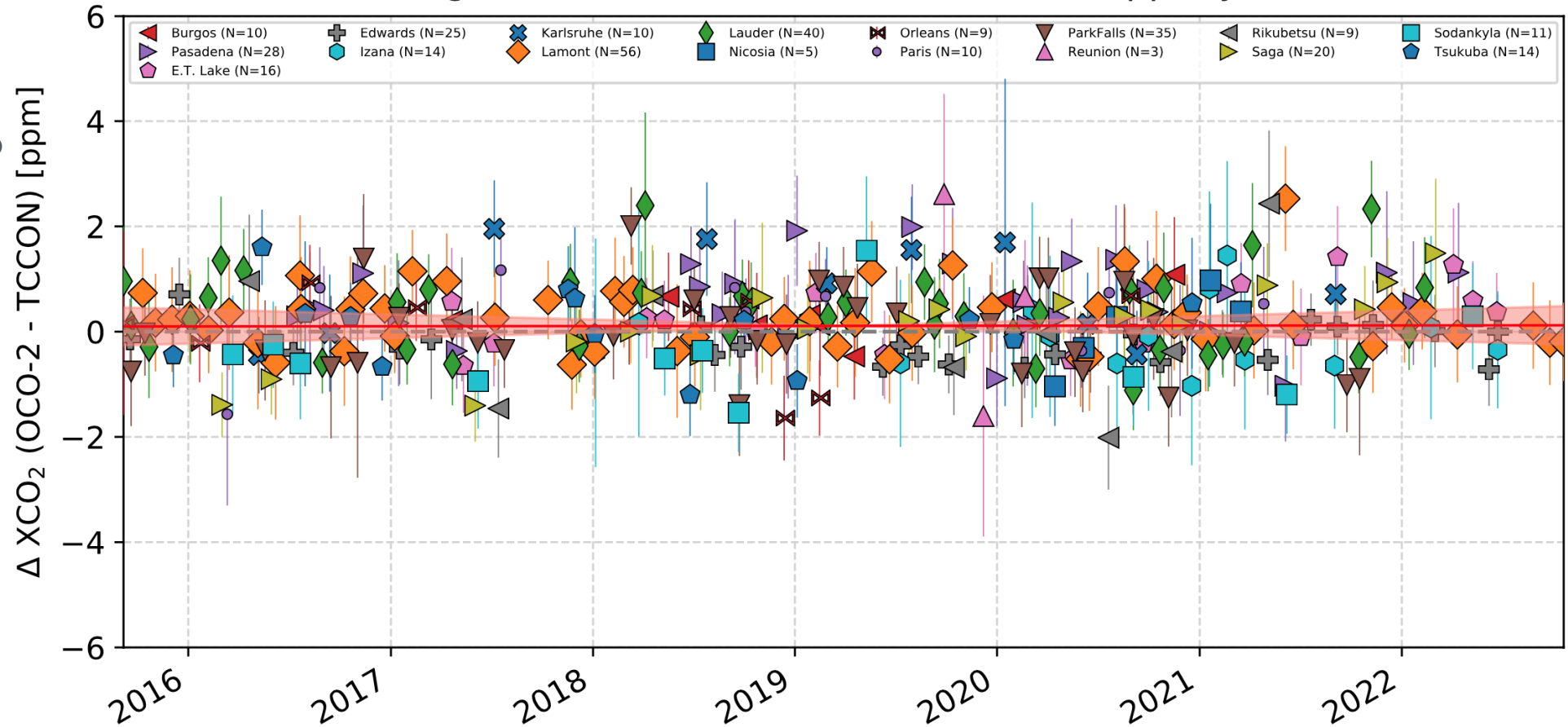
## Advertencia:

- Hay muy pocas mediciones in situ o de teledetección que se puedan utilizar para la validación en las regiones en las que las mediciones de XCO<sub>2</sub> por satélite muestran las mayores diferencias con respecto a los modelos globales actuales.



# Mediciones de XCO<sub>2</sub>: Consistencia a lo Largo del Tiempo

- **OCO-2:** No hay evidencia de ninguna dependencia significativa del tiempo en el XCO<sub>2</sub> en relación con TCCON.
- **OCO-3:** La última versión de los datos incluye la corrección para tener en cuenta los problemas de calibración de Nivel 1B que dependen del tiempo.



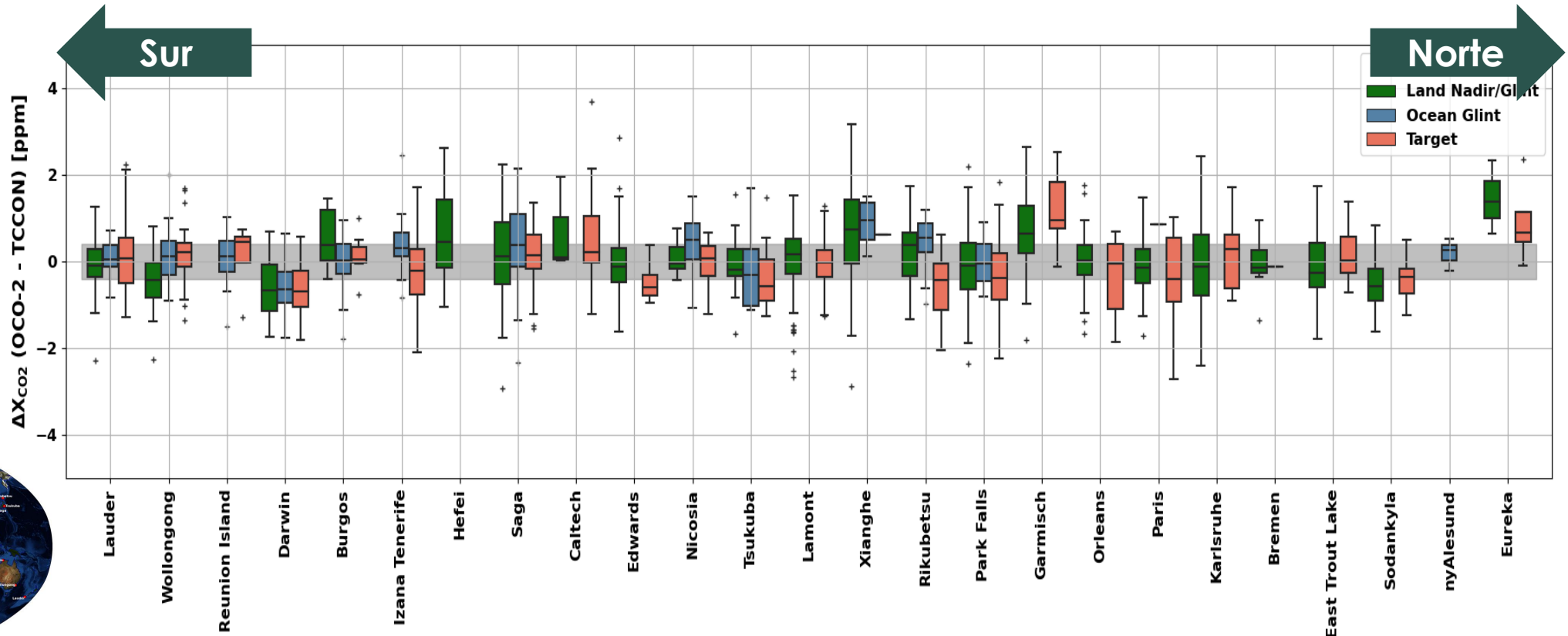
Comparación entre XCO<sub>2</sub> de las observaciones en modo Target de OCO-2 y de la Red de Observación de la Columna de Carbono Total (TCCON). Las comparaciones de las estimaciones de OCO-2 v11 XCO<sub>2</sub> con las estaciones TCCON de todo el mundo en función del tiempo muestran que la calidad de los datos de XCO<sub>2</sub> de OCO-2 se ha mantenido uniforme a lo largo de la vida útil de la misión. Figura: M. Kiel/JPL





# Mediciones de XCO<sub>2</sub>: Consistencia en Diferentes Ubicaciones

- Las comparaciones de XCO<sub>2</sub> de OCO-2 con las estaciones de TCCON en todo el mundo muestran una buena consistencia general.



Comparación entre XCO<sub>2</sub> de observaciones terrestres, oceánicas y de objetivos de OCO-2 y de la Red Total Carbon Column Observing Network (TCCON). Figura: S. Das/JPL



# Mediciones de XCO<sub>2</sub> : Precisión Estimada

- Diferencias rms\* entre el XCO<sub>2</sub> de OCO-2 v11.1 y de TCCON : < **0.8 ppmv**
- Diferencias rms entre el XCO<sub>2</sub> de OCO-3 v10.4 y de TCCON : < **1.0 ppmv**



\*raíz de la media cuadrática, por sus siglas en inglés



# ¿Se Puede Combinar Datos de OCO-2 y OCO-3?

¡Sí! Las comparaciones directas entre el XCO<sub>2</sub> de OCO-2 y OCO-3 muestran una concordancia dentro de 0,5 ppmv, que está dentro de la concordancia de cualquiera de los sensores de TCCON.

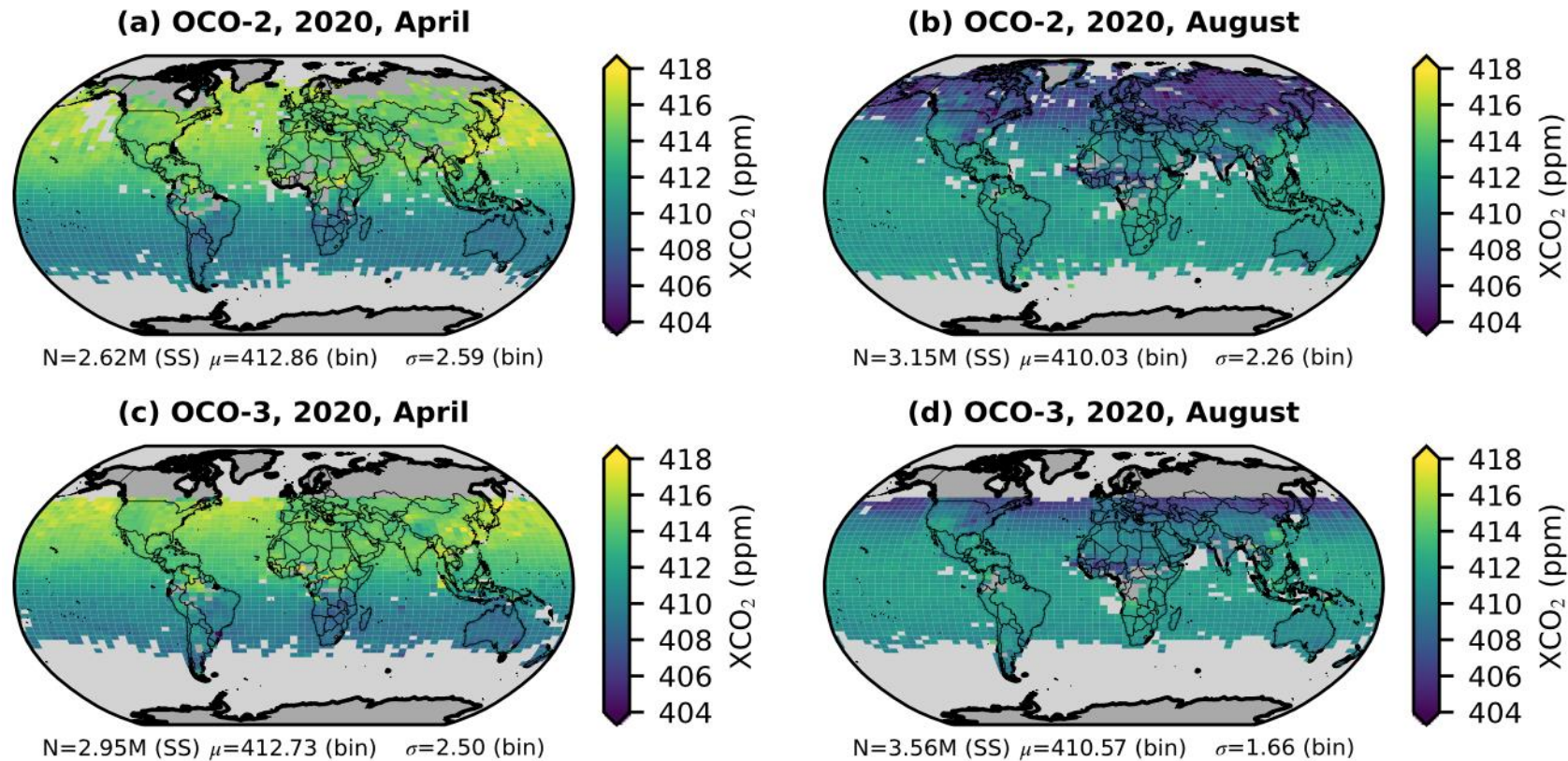
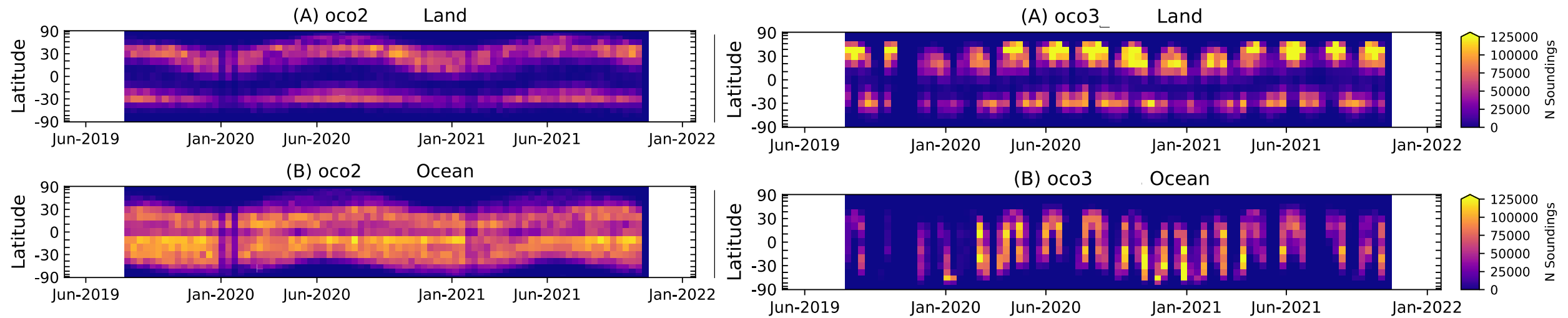


Figura: Mapas de XCO<sub>2</sub> mensuales para OCO-2 (arriba) y OCO-3 (abajo) para abril de 2020 (izquierda) y agosto de 2020 (derecha) a 2,5° de latitud por 5,0° de longitud. **Taylor et al., 2023**



# ¿Los Datos de OCO-2 y OCO-3 se Complementan?

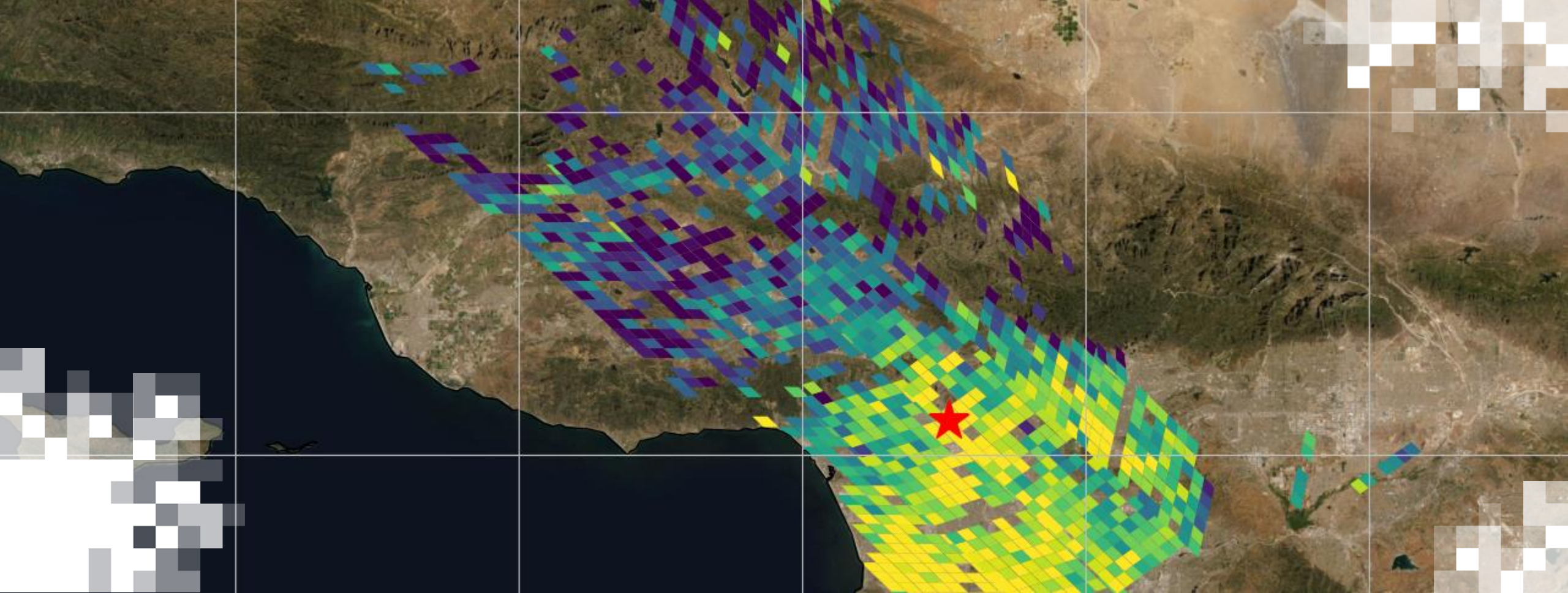
¡Sí! Los dos datos tienen una cobertura diferente pero complementaria. Las figuras aquí muestran otra forma de ver la densidad de la cobertura de OCO-2 y OCO-3 una al lado de la otra.



# ¿Por Qué hay Diferentes Versiones de Datos de OCO-2 y OCO-3?

- La calibración de los instrumentos y los algoritmos para procesar los datos han mejorado y perfeccionado a lo largo de la vida útil de las misiones.
- Los datos de OCO-2 y OCO-3 han sido reprocesados para incorporar mejoras.
  - Se han realizado campañas de reprocesamiento para toda la base de datos.
- Recomendamos utilizar la versión más reciente de los archivos de XCO<sub>2</sub> de 2<sup>do</sup> Nivel Lite disponibles
  - [OCO-2](#) (v11.1)
  - [OCO-3](#) (v10.4)





Interpretación

# Estructura Vertical del CO<sub>2</sub> en la Atmósfera

- Los perfiles de la relación de mezcla de volumen de CO<sub>2</sub> en la atmósfera muestran una estructura vertical asociada con...
  - Fuentes (p. ej., emisiones urbanas)
  - Sumideros (p. ej., absorción por la vegetación en la temporada de crecimiento)
  - Mezcla y transporte atmosférico
- Este tipo de estructura vertical se puede medir con instrumentación **in situ** llevada a bordo de...
  - Globos
  - Aeronaves
- Las mediciones de OCO-2 y OCO-3 son sensibles al CO<sub>2</sub> a lo largo de la columna atmosférica, pero no a los detalles a fina escala de la estructura vertical.

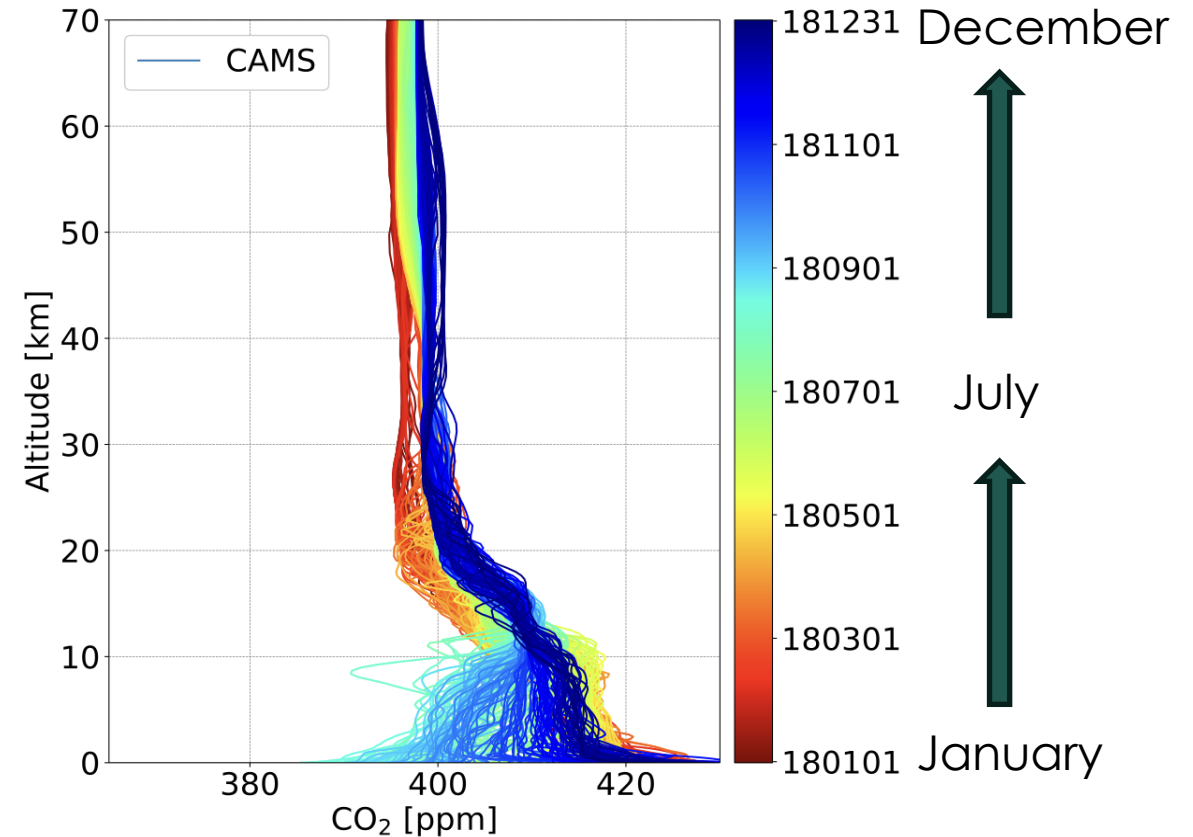


Figura: Perfiles verticales del CO<sub>2</sub> atmosférico en Sodankyla, Finlandia, a lo largo del año 2018, a partir del modelo de análisis del Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus (CAMS), que muestra el impacto de la absorción de CO<sub>2</sub> por parte de las plantas durante el verano. (Tu et al., 2020)



# Sensibilidad Vertical de las Mediciones de CO<sub>2</sub> Desde el Espacio

## Infrarrojo Cercano (NIR)

- Sensible al CO<sub>2</sub> en toda la **columna** atmosférica.
- Se puede utilizar en la estimación de fuentes y sumideros en la superficie.

## Infrarrojo Térmico

- Sensible al CO<sub>2</sub> en la **troposfera media y alta**.

## “Kernel de Promedio”

- Muestra cómo y dónde la medición por teledetección es sensible al verdadero estado atmosférico.
- Los kernels de promedio de la columna son parte de los datos de OCO-2 y OCO-3.

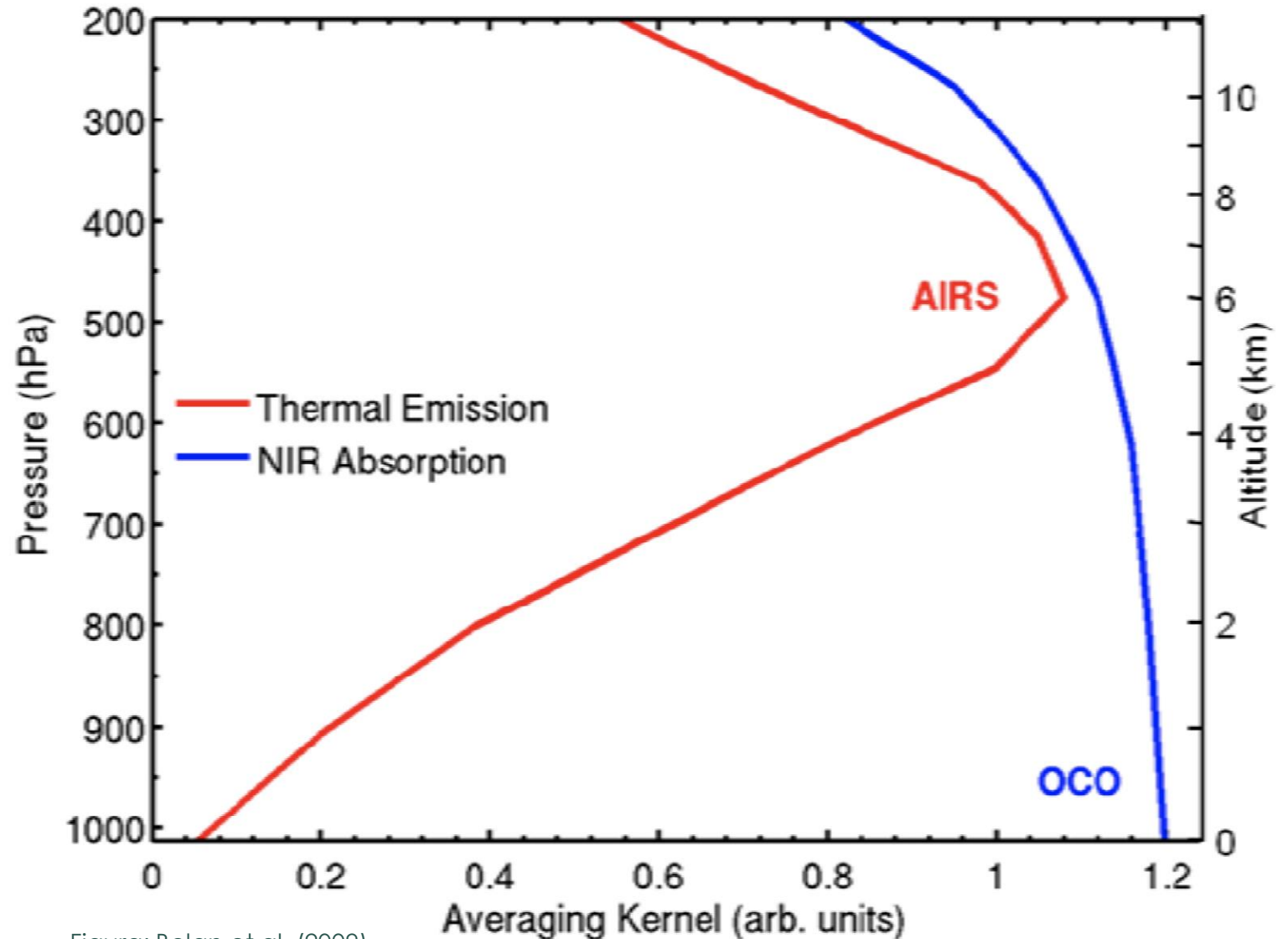


Figura: Bolan et al. (2009)





# Observaciones Satelitales en Bandas de CO<sub>2</sub> en el Infrarrojo Cercano

- **Mapeadores Globales:**

- Por lo general, lo realizan las agencias espaciales.
- Estas misiones son las fuentes de información más importantes para el monitoreo de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) de **fuentes y sumideros naturales y antropogénicos** a escalas espaciales que abarcan grandes áreas urbanas hasta naciones.
- Por lo general, no tienen la resolución espacial para atribuir las emisiones de instalaciones individuales.
- Sensores con **la precisión y exactitud necesarias para rastrear los flujos de fuentes difusas de CO<sub>2</sub> de la biosfera y los océanos.**

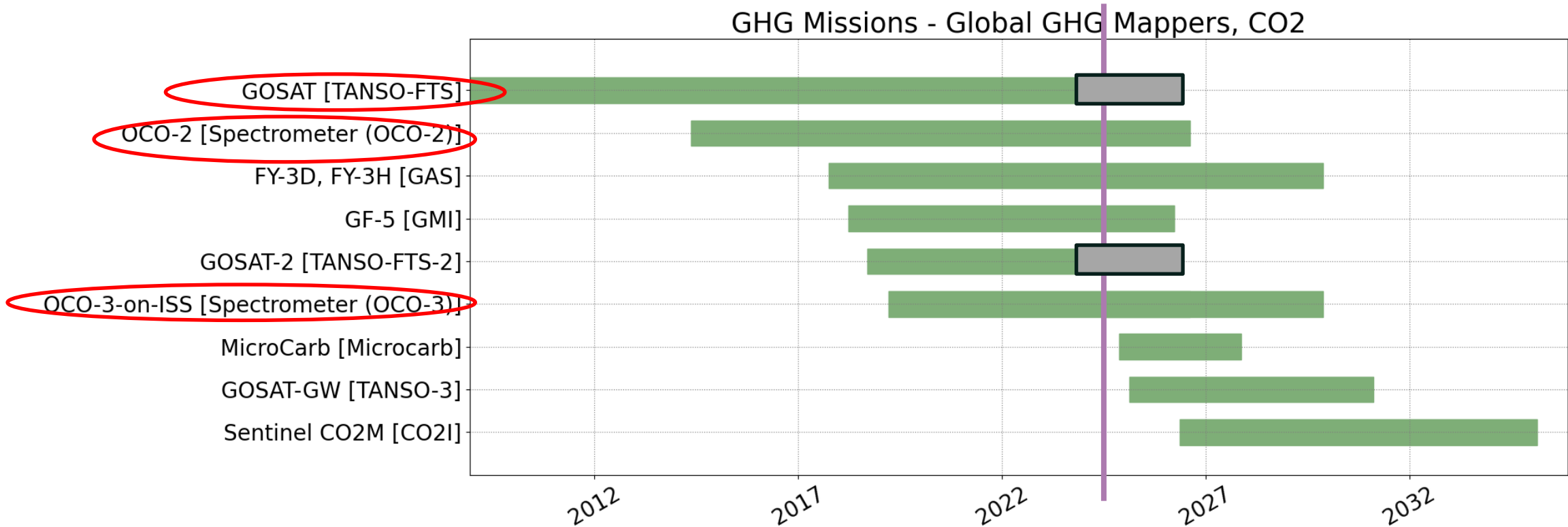
- **Monitores de la Columna a Escala de Instalaciones**

- Una amplia gama de grupos públicos, comerciales y ONGs están llevando a cabo o planificando misiones (a menudo satélites pequeños) en esta categoría.
- Muchos de los sensores relevantes son de imágenes hiperespectrales que pueden rastrear **columnas intensas de CO<sub>2</sub>.**
- Los sensores asignados a esta categoría deben tener una resolución espacial de **1 km cuadrado o más alta**
- No requieren la precisión, exactitud o cobertura de los Mapeadores de GEI Globales.

- Descripciones del [Committee on Earth Observation Satellites \(CEOS\) Greenhouse Gas Satellite Missions Portal](#)



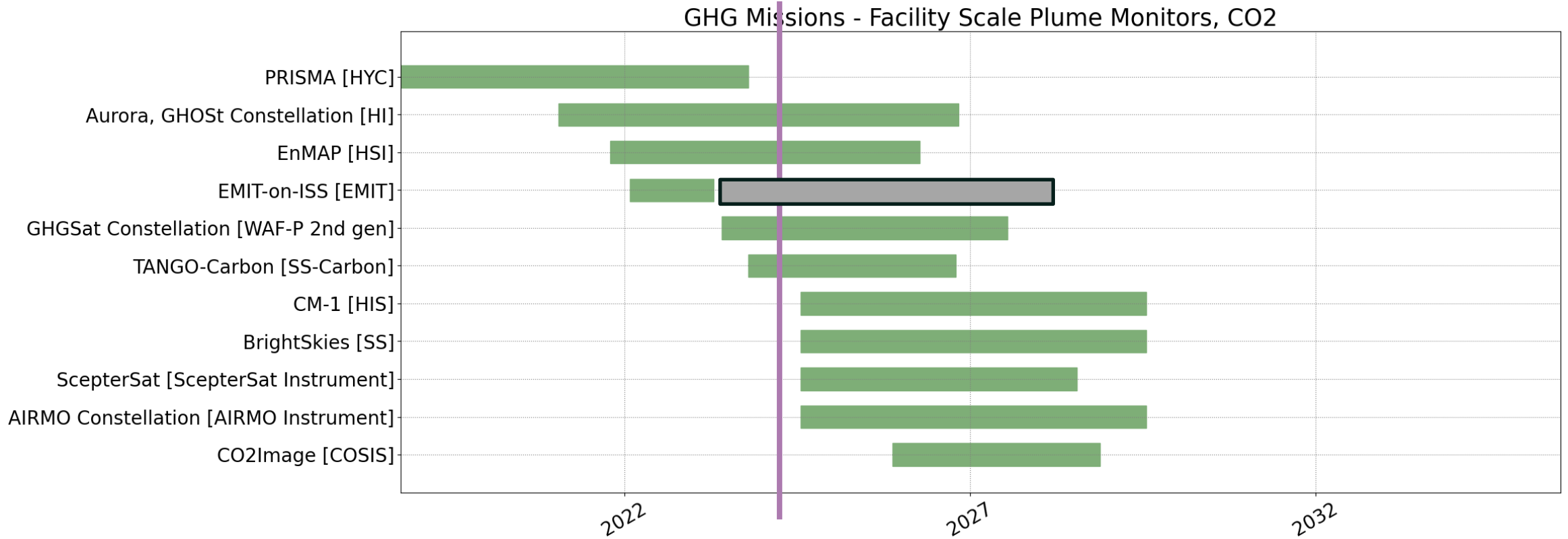
# “Mapeadores Globales” versus “Monitores de Columna a Escala de Instalaciones”



- Los óvalos rojos muestran “mapeadores globales” de CO<sub>2</sub> para los que hay datos disponibles al público a través de la NASA.
- Los datos de GOSAT, OCO-2 y OCO-3 se han procesado utilizando el algoritmo Atmospheric Carbon Dioxide from Space (ACOS).

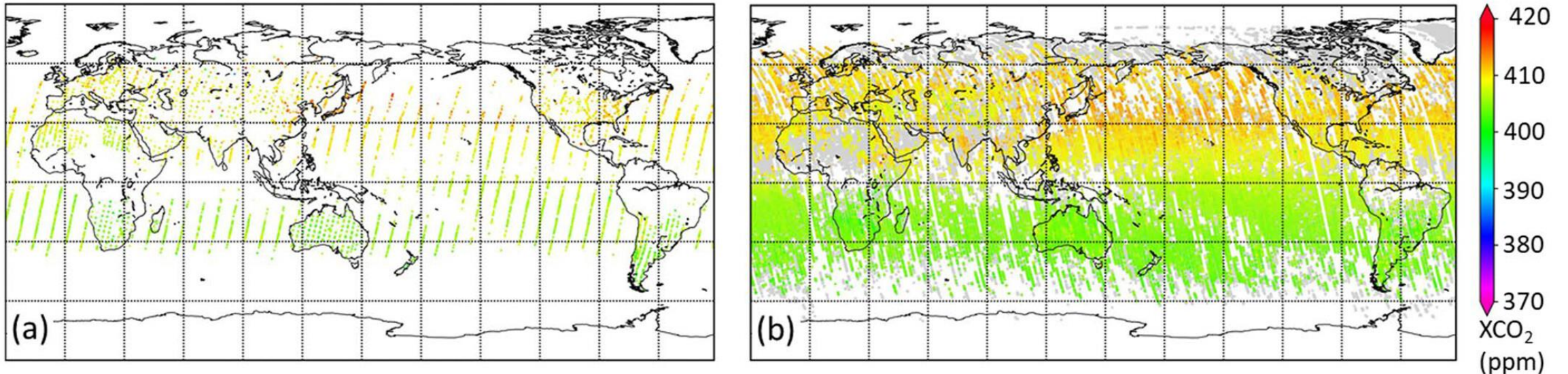


# “Mapeadores Globales” versus “Monitores de Columna a Escala de Instalaciones”



# ¿Qué Distingue las Mediciones de XCO<sub>2</sub> de GOSAT y OCO-2?

- GOSAT proporciona mediciones de alta calidad desde 2009.
- OCO-2 (a partir de 2014) ofrece mayor densidad de datos.



Mapas mensuales de las estimaciones de XCO<sub>2</sub> derivadas de (a) las mediciones de GOSAT y (b) OCO-2 para abril de 2018. OCO-2 recolecta ~100 veces más muestras cada día que GOSAT, lo que proporciona una densidad de datos mucho mayor. Para ambos productos satelitales, la cobertura en latitudes altas varía con la disponibilidad de luz solar. Las nubes persistentes y ópticamente gruesas y el polvo en suspensión (Sahara) limitan la cobertura. (Imágenes del [World Data Center for Greenhouse Gases](#).)



# Niveles de Procesamiento de Datos de OCO-2/3

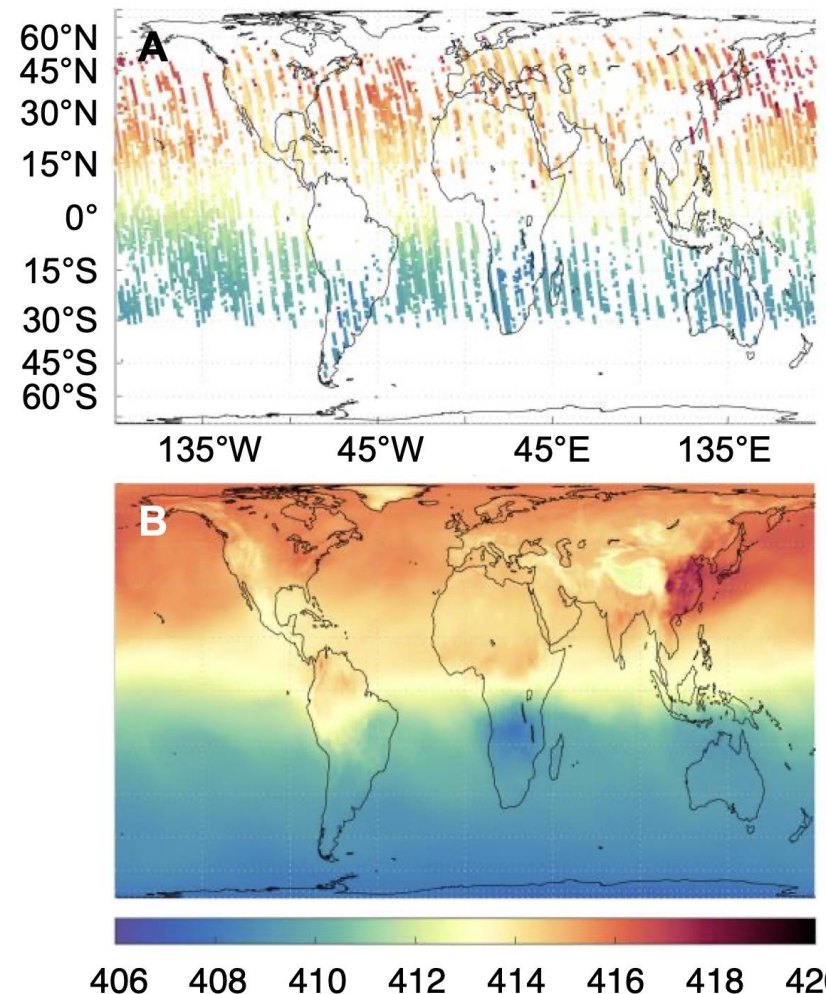
- Se puede encontrar información general sobre los niveles de procesamiento de datos en [NASA Earthdata](#)
- A continuación están los niveles de procesamiento de datos para OCO-2 y OCO-3.

Nivel de Datos	Descripción
Nivel 1B	Geolocalizados, espectros de radiancia calibrados
2 <sup>do</sup> Nivel	Relación de mezcla de volumen promedio de la columna (XCO <sub>2</sub> ), fluorescencia de clorofila inducida por el sol (SIF), presentadas en la misma resolución y las mismas ubicaciones que los datos de Nivel 1B
3 <sup>er</sup> Nivel	XCO <sub>2</sub> (y SIF) en cuadrículas espacio/tiempo uniformes
4 <sup>to</sup> Nivel	Flujos de CO <sub>2</sub> , inferidos usando modelos de inversión (¡ver 2 <sup>da</sup> Parte!) así como campos de XCO <sub>2</sub> derivados de mediciones repetidas



## Ejemplo de XCO<sub>2</sub> de Nivel 3: OCO-2 GEOS L3 XCO<sub>2</sub>

- Los datos de OCO-2 de 2<sup>do</sup> Nivel tienen brechas en la cobertura debido a
  - Trayectoria en el suelo angosta (10 km)
  - Nubes y aerosoles espesos
- Posibles metodologías para producir campos de XCO<sub>2</sub> de 3er Nivel cuadriculados y espacialmente completos
  - Promedio
  - Kriging
  - Asimilación de datos
- La Figura B muestra los campos producidos utilizando una técnica de asimilación de datos llamada "estimación de estado" que sintetiza las simulaciones de modelos y las observaciones de OCO-2.
- Los datos de OCO-2 GEOS L3 XCO<sub>2</sub> están [disponible al público](#)

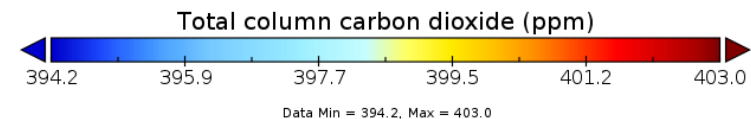
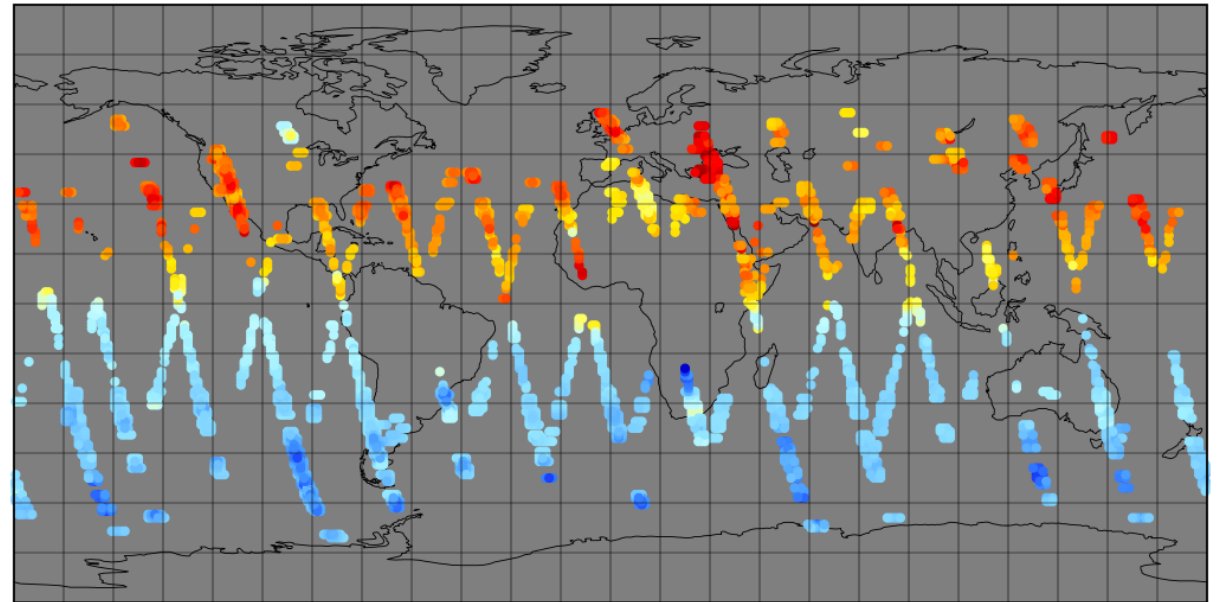


Imágenes de sondeos de 2<sup>do</sup> Nivel de OCO-2 (A) y campos de 3<sup>er</sup> Nivel asimilados de OCO-2 GEOS L3 (B).  
De [OCO-2 GEOS L3 XCO<sub>2</sub> Data User Guide](#)



# Ejemplo de XCO<sub>2</sub> de Nivel 4: XCO<sub>2</sub> Fusionado con Diferentes Datos

- Este es un ejemplo de un producto de Nivel 4 que combina mediciones de OCO-2 y GOSAT.
- Aquí, XCO<sub>2</sub> cuadrículado y otras variables seleccionadas se crearon aplicando kriging localmente (también conocido como interpolación óptima) a agregados diarios de datos corregidos de sesgos de OCO-2 y GOSAT.
- Este producto está [disponible al público](#)
- Los ejemplos de datos de flujo de Nivel 4 se discutirán en la 2<sup>da</sup> Parte



Ejemplo de imagen del Producto de XCO<sub>2</sub> fusionado multiinstrumento corregido de sesgos para un día.



# ¿Qué Podemos Hacer con los Datos de OCO-2 y OCO-3?

Las mediciones de las misiones OCO-2 y OCO-3 de la NASA se han utilizado para

- Proporcionar mediciones globales del aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico a lo largo del tiempo
- Cuantificar cómo se compensan las emisiones de CO<sub>2</sub> con los sumideros naturales de carbono
- Mostrar las interacciones bidireccionales entre el carbono y el clima
- Demostrar que las mediciones desde el espacio pueden ser utilizadas para cuantificar con precisión las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales eléctricas y las ciudades.





# Resumen

- OCO-2 y OCO-3 proporcionan datos estables de XCO<sub>2</sub> a largo plazo para la ciencia del ciclo del carbono
  - 10 años de OCO-2
  - 5 años de OCO-3
- Las mediciones de OCO-2 y OCO-3 proporcionan cobertura y muestreo complementarios
- Los productos de 2<sup>do</sup> Nivel Lite de XCO<sub>2</sub> filtrados y con corrección de sesgos están disponibles al público
  - Acceso a través del NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC)



# Contacto

- Instructora Invitada:
  - Vivienne Payne: [vivienne.h.payne@jpl.nasa.gov](mailto:vivienne.h.payne@jpl.nasa.gov)
- Instructora de ARSET:
  - Erika Podest: [erika.podest@jpl.nasa.gov](mailto:erika.podest@jpl.nasa.gov)
- Enlace de la Capacitación:
  - <https://appliedsciences.nasa.gov/get-involved/training/english/arset-aplicaciones-de-mediciones-de-dioxido-de-carbono-para-estudios>
- Enlace de ARSET:
  - <https://appliedsciences.nasa.gov/arset>
- Twitter: [@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)



# La 2<sup>da</sup> Sesión

- ¡Del XCO<sub>2</sub> atmosférico a los flujos!
- Al final de la 2<sup>da</sup> sesión, los participantes habrán desarrollado la capacidad para:
  - Identificar los efectos de los eventos de El Niño que pueden crear condiciones de sequía regionales
  - Monitorear los flujos globales de concentraciones de CO<sub>2</sub> atmosférico para identificar áreas vulnerables
  - Utilizar los datos de OCO-2 para visualizar áreas afectadas por sequías y realizar un análisis interpretativo y comparativo
  - Identificar los métodos y procesos para derivar flujos con mediciones de CO<sub>2</sub> e interpretar las perturbaciones de flujo regionales y los flujos y emisiones a escala de país.
  - Seguir los pasos para clonar el repositorio de Github de ARSET y ejecutar el código





¡Gracias!

