Gerencia de Vinculación Tecnológica

PRODUCTOS DE CALIDAD DEL AIRE

Promedio mensual de la columna troposférica de NO_2 TROPOMI/Sentinel-5p

TROPOMI-NO2m

Manual del Usuario

Autores: María Fernanda García Ferreyra
Mario Lanfri

Fecha: 18-08-2020

Código: 20200326-GVT-SSU-UEAT-GE-v02-002

Versión: 2.0

Comisión Nacional de Actividades Espaciales

	NOMBRE	POSICIÓN	FECHA
AUTORES	María Fernanda García Ferreyra	UEAT - GVT	18-08-2020
	Mario Lanfri	UEAT - GVT	18-08-2020
REVISADO	Ivanna Tropper	ACPP - GVT	26-08-2020
	Sebastián Heredia	ACPP - GVT	07-10-2020
APROBADO	Sandra Torrusio	GVT	23-10-2020

VERSIÓN	FECHA	CAMBIOS REALIZADOS
2.0	13-07-2020	Sobre el documento - Introducción - Fuente y procesamiento de datos - Producto de dióxido de nitrógeno trosposférico

DOCUMENTOS APLICABLES		
Nº	CÓDIGO	TÍTULO

DOCUMENTOS DE REFERENICA		
Nº	CÓDIGO	TÍTULO

Este documento contiene información propiedad de la GVT de la CONAE sobre la cual tiene la potestad legal de proteger dicha información de la divulgación, el uso o la duplicación no autorizados. Se prohíbe expresamente cualquier divulgación, uso o duplicación de este documento o de cualquier información contenida en el mismo para fines distintos al propósito específico para el que se generó, excepto que CONAE lo acuerde por escrito.

Índice

1. Sobre el documento **4**
1.1. Objetivos 4
1.2. Alcance 4
1.3. Lista de acrónimos y abreviaturas 4

2. Introducción **4**
2.1. El NO_2 en la atmósfera y sus impactos 4
2.2. Alcances del sensoramiento remoto de NO_2 a partir de los productos de valor agregado de CONAE 5

3. Fuente y procesamiento de datos **5**
3.1. Fuente de datos 5
3.2. Procesamiento de datos 6
3.2.1. Obtención del producto de valor agregado mensual de la columna troposférica de NO_2 6

4. Productos de dióxido de nitrógeno troposférico **6**
4.1. Acceso al producto 6
4.1.1. Geo Portal 7
4.1.2. Descarga del producto como WMS 7
4.1.3. Descarga del producto y sus metadatos 7
4.2. Paquete de datos descargado 7
4.3. Nomenclatura de archivos 7
4.4. Extensión geográfica 8
4.5. Producto mensual de la columna troposférica de NO_2 8

5. Aplicación para el evento de cuarentena durante la pandemia COVID-19 **8**

6. Evaluación de los productos satelitales **11**

7. Contacto **11**

Referencias **11**

1. Sobre el documento

1.1. Objetivos

El objetivo del documento es la descripción del producto operativo de dióxido de nitrógeno (NO_2) publicado por la CONAE, que tuvo su inicio con el evento de pandemia de COVID-19 (Activación Nacional N° 152, del sistema operativo de procesamiento de imágenes satelitales para el apoyo al manejo de emergencias de la Unidad de Emergencias y Alerta Temprana (UEAT), CONAE).

1.2. Alcance

Este documento está destinado a la comunidad técnico-científica y público en general.

1.3. Lista de acrónimos y abreviaturas

ACPP	Área de Coordinación de Proyectos y Productos
CONAE	Comisión Nacional de Actividades Espaciales
DOAS	*Differential Optical Absorption Spectroscopy*
ESA	Agencia Espacial Europea
GVT	Gerencia de Vinculación Tecnológica
KNMI	Agencia Meteorológica de los Países Bajos
TROPOMI	*Tropospheric Monitoring Instrument*
UEAT	Unidad de Emergencias y Alerta Temprana
WMS	*Web Map Service*

2. Introducción

2.1. El NO_2 en la atmósfera y sus impactos

El dióxido de nitrógeno (NO_2) en la atmósfera es el producto de la reacción de oxidación del monóxido de nitrógeno (NO) que ocurre pocos minutos después de su emisión por la quema de combustible fósil y la quema de biomasa a altas temperaturas.

El dióxido de nitrógeno tiene efectos en la salud humana relacionados con la inducción al edema pulmonar, aumento de la susceptibilidad a las infecciones, disminución de la capacidad pulmonar, daño celular, irritación, pérdida de las mucosas y puede empeorar cuadros asmáticos [1].

Por otro lado, esta especie participa en la formación de otros contaminantes atmosféricos peligrosos para la salud (ozono troposférico).

El dióxido de nitrógeno es una de las especies químicas elegidas para monitorear la actividad de los sectores de transporte y energía, de gran importancia en centros urbanos. Este parámetro tuvo una importante disminución a partir del aislamiento social, preventivo y obligatorio determinado por el gobierno argentino (DNU 297/2020), a partir del 20 de marzo del 2020 a raíz de la pandemia COVID-19.

2.2. Alcances del sensoramiento remoto de NO_2 a partir de los productos de valor agregado de CONAE

En los últimos años, los sensores satelitales han ganado importancia para complementar la evaluación y monitoreo de la contaminación atmosférica en el mundo. Estos sensores miden la radiación solar que les llega dispersada desde la superficie terrestre. En el caso del NO_2 obtenido por el sensor TROPOMI, se utilizan técnicas de espectroscopía de absorción óptica diferencial (DOAS, del inglés *Differential Optical Absorption Spectroscopy*) y algoritmos (ver Documento de descripción de algoritmos, [2]) que diferencian a esta molécula de otras debido a su forma de absorción característica de la radiación solar.

Estas mediciones presentan la densidad de columna vertical del NO_2 en la tropósfera, definida como la integración vertical de la concentración en la tropósfera del NO_2, es decir de su acumulación en toda esta capa; expresada en mol/m^2.

Por ello, brindan un panorama de la distribución de los contaminantes atmosféricos sobre el territorio, pero sin posibilidad de distinguir su comportamiento o perfil vertical en los primeros 10-12 km de altura (tropósfera). Así, es importante aclarar que estos productos no dan información de concentración de esta especie química en la superficie, por lo que no pueden utilizarse para determinar si los niveles de NO_2 superan o no los límites establecidos por legislación, que en cambio deben evaluarse con equipos de monitoreo en superficie homologados.

Para la interpretación de los datos de estas especies atmosféricas es necesario considerar las condiciones meteorológicas presentes en la región. Así, debe evaluarse si la detección de NO_2 en un área puede corresponderse a la cercanía a fuentes de emisión o en cambio al transporte y dispersión en la atmósfera. Por otro lado, la presencia del dióxido de nitrógeno y otros contaminantes también está supeditada a procesos químicos.

Según el Manual del Producto para Usuarios [3] de la fuente de datos satelital generada por Agencia Meteorológica de los Países Bajos (KNMI), este producto satelital puede utilizarse con distintos propósitos: *"asimilación de datos, validación de modelos, comparación con observaciones superficiales de teledetección o perfiles in-situ obtenidos por aviones, en ambos casos obtenidos en la tropósfera o la estratósfera. Además, esta información puede ser usada directamente para visualizar variaciones del dióxido de nitrógeno día a día. El uso del producto de NO_2 se presenta en un trabajo científico reciente [4]"*.

Por otro lado, el Servicio de Monitoreo Atmosférico (Atmospheric Monitoring Service) del programa Copernicus de la Comisión Europea sugiere las siguientes buenas prácticas para el uso de esta información: Estimaciones erróneas de los efectos de las medidas de cierre en la calidad del aire a partir de observaciones satelitales (en inglés) [5].

Si usted es una persona usuaria de estos productos, le sugerimos considerar el análisis de los promedios y desvíos estándares mensuales de NO_2, junto con información meteorológica y de fuentes de emisión, para obtener un análisis integral de este producto.

3. Fuente y procesamiento de datos

3.1. Fuente de datos

La información satelital fue obtenida por el sensor *Tropospheric Monitoring Instrument* (TROPOMI) (http://www.tropomi.eu., a bordo del satélite Sentinel-5p de la Agencia Espacial Europea (ESA), con una resolución espacial de 7 x 3,5 km^2 y una adquisición diaria a nivel global. El programa Copernicus brinda

sus datos libremente a la comunidad técnico-científica para su uso no comercial.

El producto mensual de la columna troposférica de NO_2, que incluye a la media, mediana y desvío estándar de ese período, se construye a partir de los productos diarios, utilizando la plataforma Google Earth Engine, colección OFFL/L3_NO2; versión de procesamiento: 1.3.2 (ver Sentinel-5P OFFL NO2: Offline Nitrogen Dioxide).

3.2. Procesamiento de datos

El producto de valor agregado que distribuye CONAE contiene datos de *Sentinel Copernicus* (2020) adaptados/modificados.

3.2.1. Obtención del producto de valor agregado mensual de la columna troposférica de NO_2

La construcción de las bandas de media, mediana y desvío estándar de la densidad de NO_2 en la columna troposférica, y la de cantidad de datos disponibles por píxel (ver Sección 4.5), se obtienen a partir de los valores diarios:

1. se filtran los datos diarios para considerar aquellos ≥ 0 (superiores o iguales a cero);
2. se calcula, para cada posición, la media / mediana / desvío estándar / la suma de datos utilizados para el cálculo de los estadísticos anteriores;
3. se aplica un factor de conversión para la publicación de los datos en unidades de $micromol \cdot m^{-2}$;
4. se redondean los valores decimales a 4 dígitos;
5. se recorta el dominio espacial para obtener la cobertura de Sudamérica;
6. se enmascaran los datos faltantes para el período de interés, y se les asigna el valor -9999;
7. se convierten los datos de al formato *float32*;
8. se apilan las bandas individuales en un solo archivo;
9. se exporta el archivo final en formato GeoTIFF.

Hasta el momento, se utiliza la plataforma Google Earth Engine, colección OFFL/L3_NO2; versión de procesamiento: 1.3.2 (ver *Sentinel-5P OFFL NO2: Offline Nitrogen Dioxide*).

4. Productos de dióxido de nitrógeno troposférico

4.1. Acceso al producto

El producto se encuentra actualmente publicado en los catálogos online de Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE); es de acceso libre para su visualización y descarga, tal como se explica en las siguientes subsecciones.

4.1.1. Geo Portal

El **Geo Portal** de CONAE puede ser accedido a través de https://geoportal.conae.gov.ar/geoexplorer/composer/ y permite la visualización del producto. En la lista de capas encontrará el producto dentro del listado "Productos: Calidad del aire" como **Promedio mensual de NO2 TROPOMI - Mes 1**.

4.1.2. Descarga del producto como WMS

Este producto puede ser descargado como un *Web Map Service* (WMS) a través de https://catalogos.conae.gov.ar/catalogo/catalogoGeoServiciosOGC.html, lo encontrará dentro del grupo "Calidad del aire".

4.1.3. Descarga del producto y sus metadatos

Se puede acceder al **Catálogo de metadatos** de CONAE desde https://geocatalogos.conae.gov.ar/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/search. Los metadatos del producto pueden ser visualizados en SENTINEL-5p, Dióxido de nitrógeno, desde donde además puede descargar los metadatos, la documentación y/o el producto completo.

4.2. Paquete de datos descargado

Cada producto se descarga en una carpeta comprimida en formato ZIP que contiene:

1. producto TROPOMI_NO2m, en formato GeoTIFF;
2. metadatos del producto CONAE_TROPOMI_NO_2, en formato XML;
3. archivo de imagen de previsualización del producto CONAE_TROPOMI_NO_2, en formato PNG.

4.3. Nomenclatura de archivos

El nombre de los productos de valor agregado generados en este proyecto sigue los estándares de CONAE y se compone de la siguiente manera:

CONAE_<clase>_<satélite>_<sensor>_<producto>_<fecha-inicio>_<fecha-fin>_<versión>

CONAE: Prefijo que llevan todos los productos generados y/o distribuidos por "CONAE".

clase: Se refiere a la clase correspondiente al grupo de Productos Derivados: "PRD".

satélite: Plataforma/s que transportan a los instrumentos a partir de cuyos datos de genera el producto. Para este producto:"SEN5P".

sensor: Identificador del instrumento de sensoramiento: "TROPOMI".

producto: Tipo de producto: producto mensual de la columna troposférica de NO_2. El parámetro se escribe como "NO2m".

fecha inicio: Fecha de inicio de adquisición de los datos satelitales. Los productos presentan el formato "aaaammdd", donde aaaa corresponde al año (4 caracteres), mm al mes (2 caracteres: de 01 a 12) y dd al día (2 caracteres: de 01 a 31).

fecha fin: Fecha final para el cálculo de medias y desvíos estándares mensuales. Tienen el mismo formato de la "fecha de inicio".

versión: Versión del procesador o de la colección generado por la CONAE: "v002".

4.4. Extensión geográfica

El área de cobertura del producto es Sudamérica, con las siguientes coordenadas límite: 11,918373°N; -55,944610°S; -81,471208°O, y -33,658708°E.

4.5. Producto mensual de la columna troposférica de NO_2

El producto mensual tiene las siguientes bandas de información:

- **Banda 1 = Promedio mensual de la densidad de la columna troposférica de dióxido de nitrógeno (NO_2):** El promedio se obtiene a partir de los datos diarios ≥ 0 (superiores a cero) y se expresan en unidades de $micromol \cdot m^{-2}$.
- **Banda 2 = Mediana mensual de la densidad de la columna troposférica de dióxido de nitrógeno (NO_2):** La mediana se obtiene a partir de los datos diarios ≥ 0 (superiores a cero) y se expresan en unidades de $micromol \cdot m^{-2}$.
- **Banda 3 = Desvío estándar mensual de la densidad de la columna troposférica de dióxido de nitrógeno (NO_2):** El desvío estándar se obtiene a partir de los datos diarios ≥ 0 (superiores a cero) y se expresan en unidades de $micromol \cdot m^{-2}$.
- **Banda 4 = Cantidad de datos por píxel considerada para la obtención de los estadísticos:** Este parámetro se obtiene como la cantidad acumulada de datos utilizados para la obtención de las bandas anteriores, para cada píxel. El valor mínimo posible de esta banda es cero (0), es decir que para un píxel puede no haber ningún dato disponible durante un mes, y su valor máximo posible es 31.

El producto CONAE_TROPOMI_NO2 que distribuye la CONAE tiene geometría WGS84 latitud/longitud, y formato GeoTIFF. Los datos faltantes se indican con -9999.

La Figura 1 muestra el mapa obtenido a partir de la banda del promedio mensual de dióxido de nitrógeno en la columna troposférica, de Junio del 2020.

5. Aplicación para el evento de cuarentena durante la pandemia COVID-19

Uno de los mapas generados para el evento de pandemia COVID-19 puede observarse en la Figura 2. Otra información generada se publicó en los siguientes links:

- Satélites detectan una reducción de la contaminación atmosférica por la cuarentena
- Baja la contaminación atmosférica en grandes ciudades de la Argentina

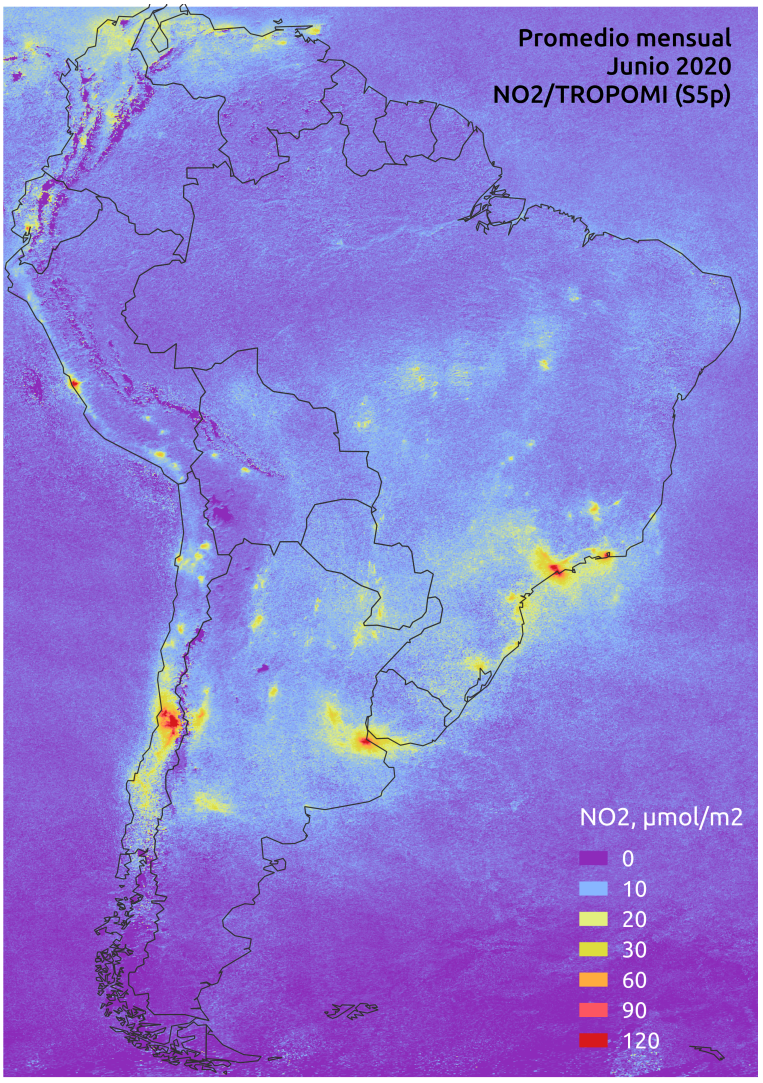

Figura 1: Promedio mensual obtenido para Junio del 2020, de la densidad de dióxido de nitrógeno en la columna troposférica, obtenida por el sensor TROPOMI/Sentinel-5p (ESA).

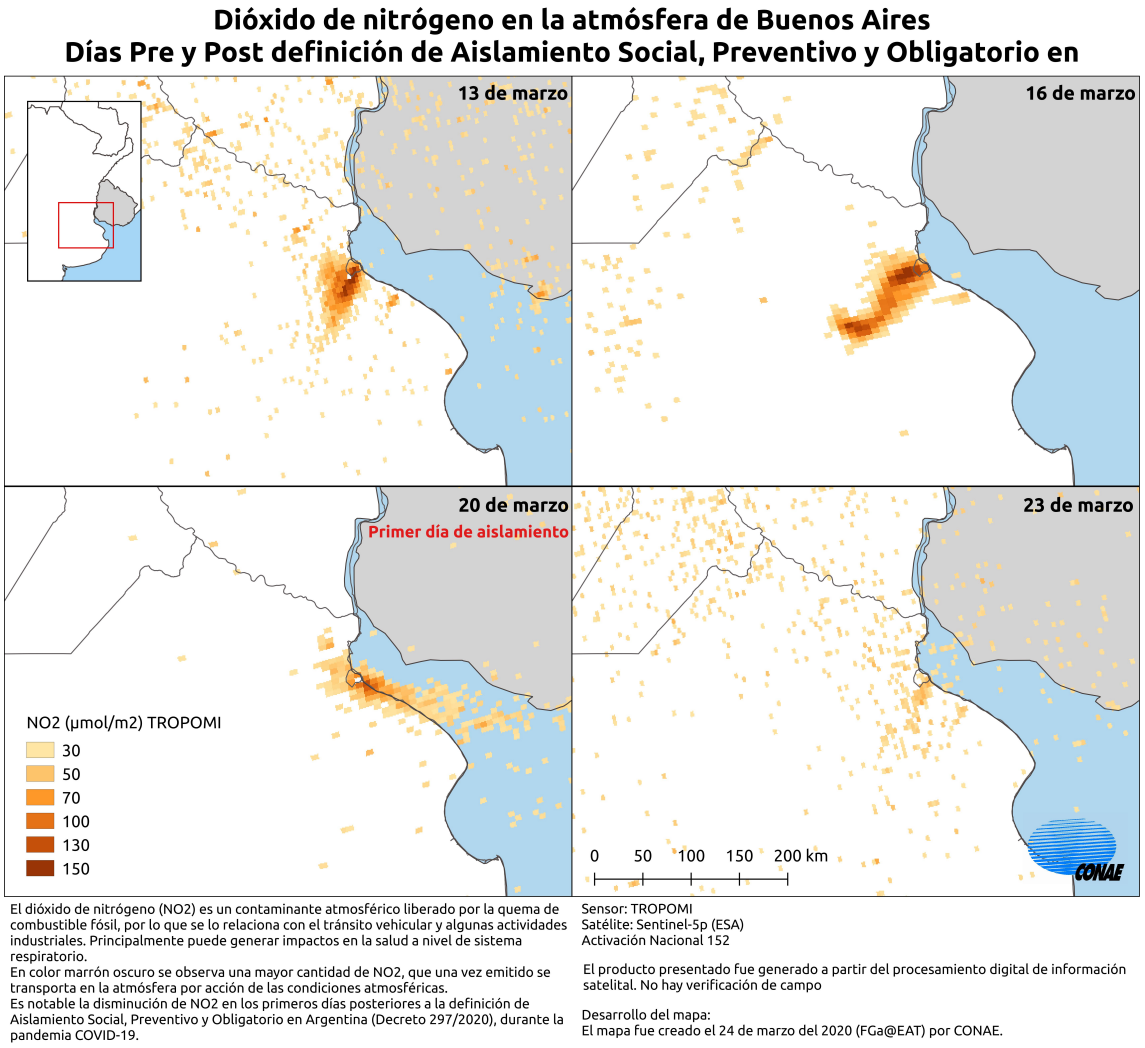

Figura 2: Mapas generados en el marco de la Activación Nacional 152, sobre la ciudad de Buenos Aires a partir del producto diario de la columna troposférica de NO_2. Los mapas muestran una escala de la abundancia de NO_2 detectada por el sensor TROPOMI, expresada en micromol por metro cuadrado (μ mol/m^2). Según se observa en las referencias, indican en color marrón oscuro la mayor abundancia de NO2 en los centros urbanos de CABA y Conurbano bonaerense durante las fechas previas a la cuarentena (13 y 16 de marzo) y una drástica disminución en las fechas posteriores (20 y 23 de marzo del 2020).

6. Evaluación de los productos satelitales

Estos productos satelitales aún no fueron contrastados con datos de campo ni modelos de transporte químico, a nivel local.

7. Contacto

Por consultas sobre los productos publicados de CONAE o si desea contactarse con los autores de los productos TROPOMI-NO2m, María Fernanda García Ferreyra, debe dirigir su consulta la oficina de Atención al Usuario.

Atención al Usuario - CONAE

Av. Paseo Colón 751

CABA, C1063ACH, Argentina

+54 11 4331 0074 Int. 5413

E-mail: atencion.usuario@conae.gov.ar

Referencias

[1] W. H. Organization *et al.*, "Who air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment," tech. rep., Geneva: World Health Organization, 2006.

[2] J. Van Geffen, K. Boersma, H. Eskes, J. Maasakkers, and J. Veefkind, "Tropomi atbd of the total and tropospheric no2 data products," *DLR document*, 2014.

[3] H. Eskes, J. van Geffen, F. Boersma, K. Eichmann, A. Apituley, M. Pedergnana, M. Sneep, J. Veefkind, and D. Loyola, "Sentinel-5 precursor/tropomi level 2 product user manual nitrogendioxide," *Ministry of Infrastructure and Water Management*, 2019.

[4] K. Boersma, G. Vinken, and H. Eskes, "Representativeness errors in comparing chemistry transport and chemistry climate models with satellite uv/vis tropospheric column retrievals.," *Geoscientific Model Development Discussions*, vol. 8, no. 9, 2015.

[5] T. C. Program, "Flawed estimates of the effects of lockdown measures on air quality derived from satellite observations," *News*, 2020.