



Ministerio
de Ambiente

Variación en las concentraciones de aerosoles, dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono atmosférico (O₃) durante los inviernos de los años 2019 y 2020 a partir de imágenes satelitales.

División Calidad Ambiental

Agosto 2021



1. Introducción

El presente reporte pretende mostrar las concentraciones de aerosoles, dióxido de nitrógeno (NO₂) y ozono atmosférico (O₃) durante los inviernos de los años 2019 y 2020 a partir de datos obtenidos por monitoreo satelital.

Las salidas que se presentan en este reporte fueron obtenidas con el motor de Google Earth (Google Earth Engine, GEE por su sigla en inglés), con *scripts* desarrollados por la División Información Ambiental y disponibilizados para su utilización por los técnicos de calidad del aire, de la División Calidad Ambiental.

En el caso del O₃, estos scripts toman la base de datos **COPERNICUS/SSP/OFFL/L3_O3** que cuenta con imágenes de alta resolución de la concentración de O₃ en la columna total. Dentro de esta base de datos se utilizó la banda **O3_column_number_density** que se describe como la columna atmosférica total de O₃ entre la superficie y el tope de la atmosfera, calculada con [GODfit algorithm] (<http://adsabs.harvard.edu/full/2005ESASP.572E.204S>).

En el caso del NO₂, estos scripts toman la base de datos **COPERNICUS/SSP/OFFL/L3_NO2** que cuenta con imágenes de alta resolución de la concentración de NO₂ en la columna total. Dentro de esta base de datos se utilizó la banda **tropospheric_NO2_column_number_density** que se describe como la columna vertical troposférica de NO₂.

Los resultados asociados a los aerosoles se toman a partir de la base de datos **COPERNICUS/SSP/OFFL/L3_AER_AI** que cuenta con imágenes de alta resolución para el índice de absorción UV (también conocido como AAI). Este índice se basa en cambios en la dispersión de la luz detectados a diferentes longitudes de onda (340 nm and 380 nm). Dentro de esta base de datos se utilizó la banda **absorbing_aerosol_index** obtenido a través de un procesamiento matemático que toma en cuenta el par de longitudes de onda en 354 nm y 388 nm (<https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-5p/level-2/aerosol-index>). Este índice indica la presencia de aerosoles con capacidad de absorción de radiación. Los componentes principales del aerosol de estas características comprenden polvo de desierto, material resultante de quema de biomasa y ceniza volcánica.

Con ellos, se obtuvieron valores de concentración promedios y máximos para los tres parámetros para el período junio-julio-agosto-septiembre (JJAS) como representativo del invierno.

De lo anterior, es importante remarcar que las visualizaciones muestran concentraciones en el total de la columna, por lo que no es posible distinguir la distribución vertical de estos parámetros. Esto quiere decir que no puede asumirse que las concentraciones encontradas son exclusivamente a nivel de superficie.



2. Ozono (O₃)

a. Valores promedio

A continuación se presentan las salidas de promedios de O₃ para los meses de invierno (JJAS) del año 2019 y 2020.

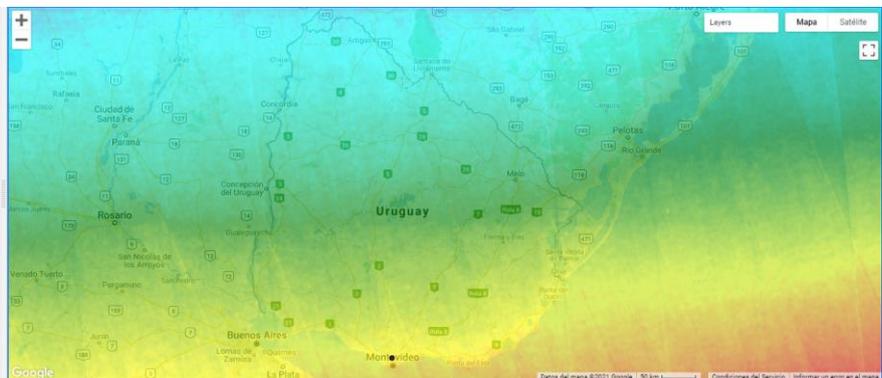
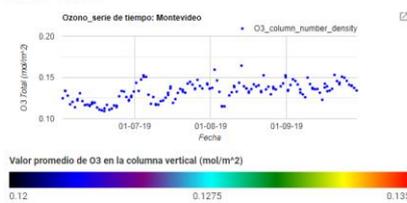
En todos los casos se muestra en el panel de la izquierda la evolución de las concentraciones de O₃ para Montevideo y a la derecha la salida gráfica para todo el Uruguay y su entorno.

Salidas estacionales invierno 2019

TROPOMI - O₃ promedio JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de O₃ en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80

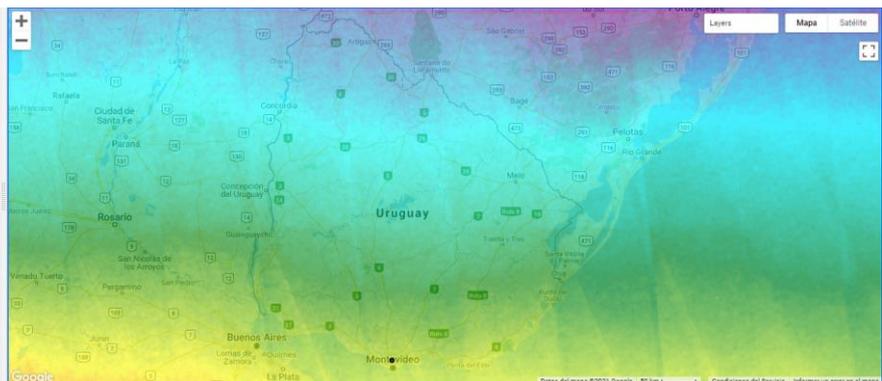
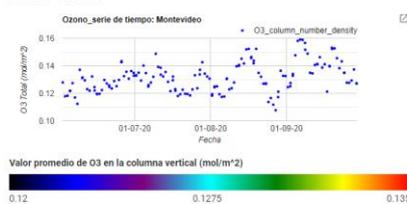


Salidas estacionales invierno 2020

TROPOMI - O₃ promedio JJAS 2020

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de O₃ en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80





b. Valores máximos

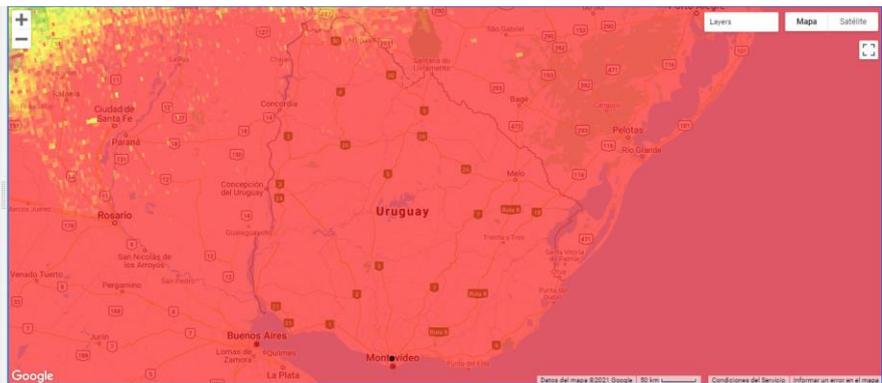
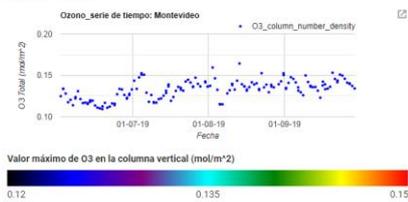
A continuación se presentan las salidas de máximos de ozono para el mismo período que los promedios.

Salidas estacionales invierno 2019

TROPOMI - O3 máximo JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener máximos diarios de O3 en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80

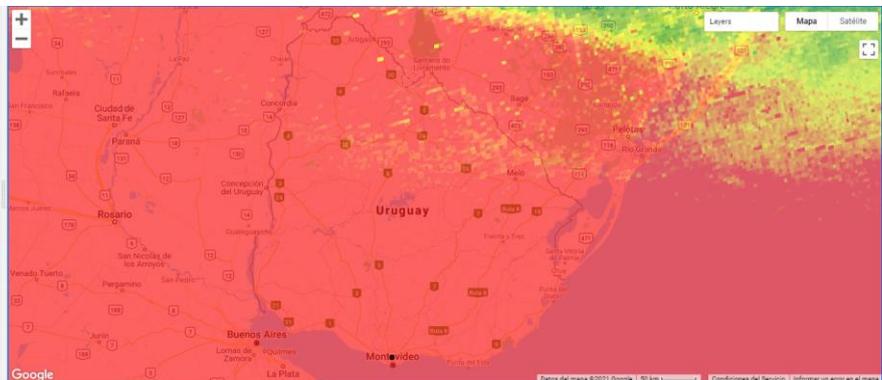
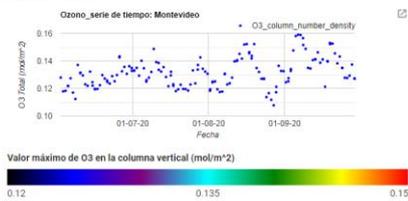


Salidas estacionales invierno 2020

TROPOMI - O3 máximo JJAS 2020

Click en el visualizador para obtener máximos diarios de O3 en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80





3. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

A partir de los resultados de O₃ encontrados se estudió el comportamiento del NO₂ para los mismos períodos, de manera de conocer el comportamiento de uno de los precursores del O₃ troposférico.

a. Valores promedio

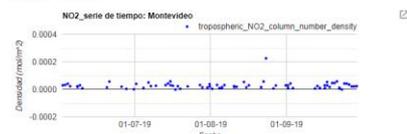
A continuación se presentan las salidas de promedios de NO₂ análogas a las obtenidas para O₃.

Salidas estacionales invierno 2019

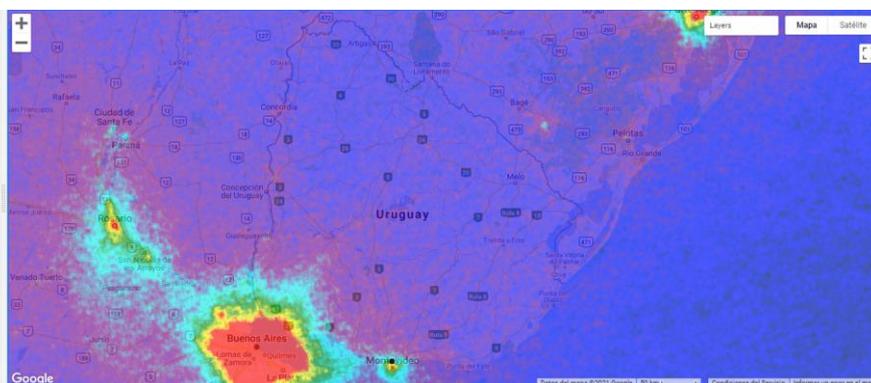
TROPOMI - NO₂ promedio JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de NO₂ en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80



Valor promedio de NO₂ en la columna vertical (mol/m²)

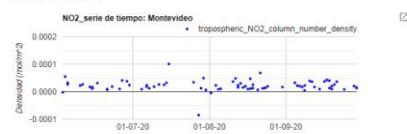


Salidas estacionales invierno 2020

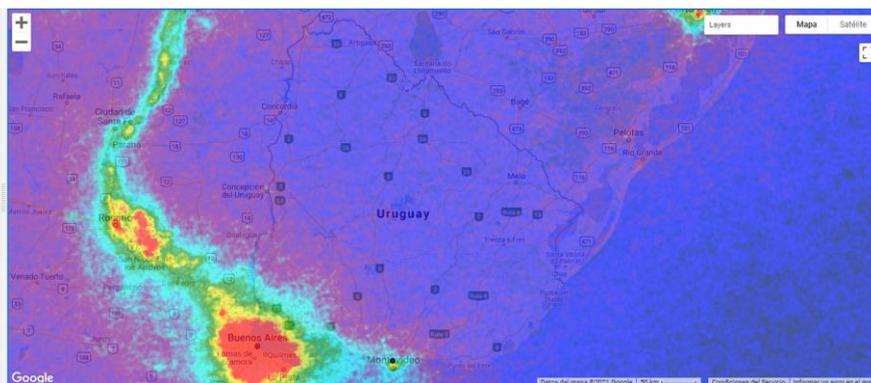
TROPOMI - NO₂ promedio JJAS 2020

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de NO₂ en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80



Valor promedio de NO₂ en la columna vertical (mol/m²)





b. Valores máximos

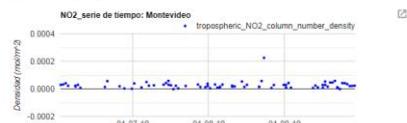
A continuación se presentan las salidas de máximos de NO₂ bajo los mismos procesamientos que para los promedios, también análogas a las obtenidas para O₃.

Salidas estacionales invierno 2019

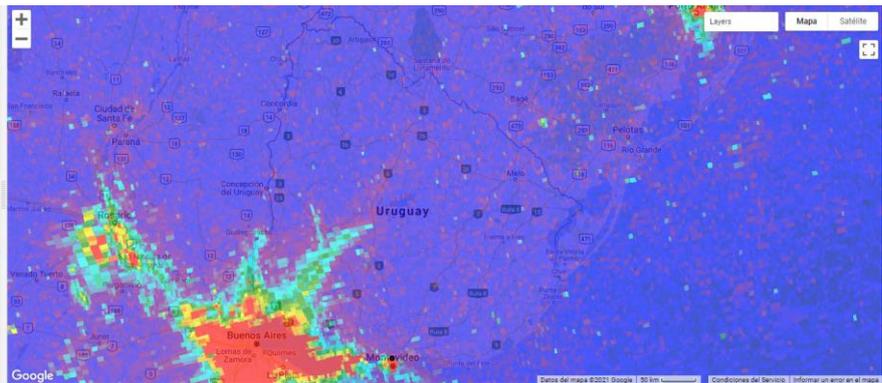
TROPOMI - NO₂ máximo JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener máximos diarios de NO₂ en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80



Valor máximo de NO₂ en la columna vertical (mol/m²)

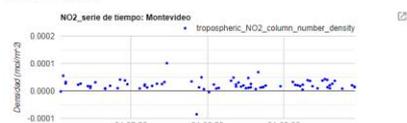


Salidas estacionales invierno 2020

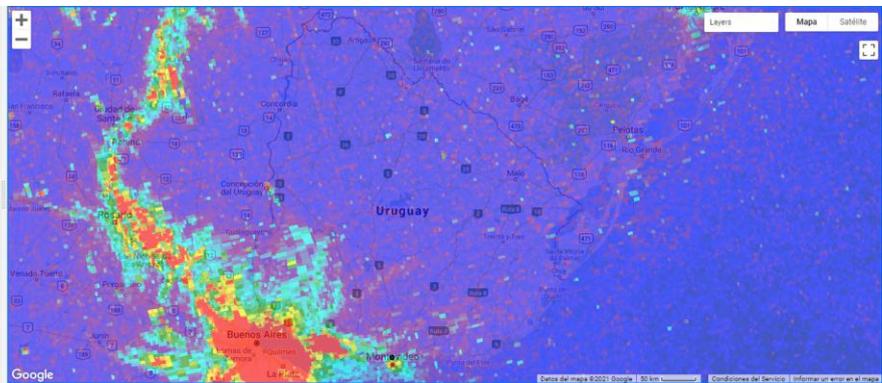
TROPOMI - NO₂ máximo JJAS 2020

Click en el visualizador para obtener máximos diarios de NO₂ en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.80



Valor máximo de NO₂ en la columna vertical (mol/m²)





4. Aerosoles

a. Valores promedio

A continuación se presentan las salidas de promedios de aerosoles para los inviernos de ambos años a modo de comparación.

En todos los casos se muestra en el panel de la izquierda la evolución de las concentraciones de aerosoles para Montevideo y a la derecha la salida gráfica para todo el Uruguay y su entorno.

Salidas estacionales invierno 2019

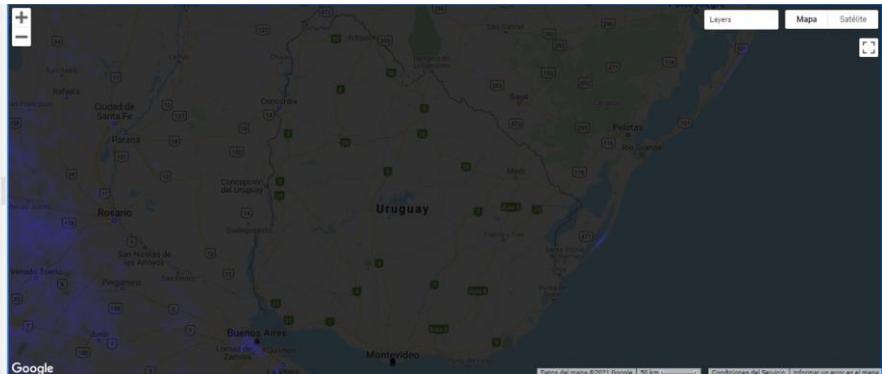
TROPOMI - Aerosoles promedio JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de aerosoles en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.86



Valor promedio del índice de aerosoles

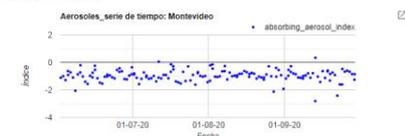


Salidas estacionales invierno 2020

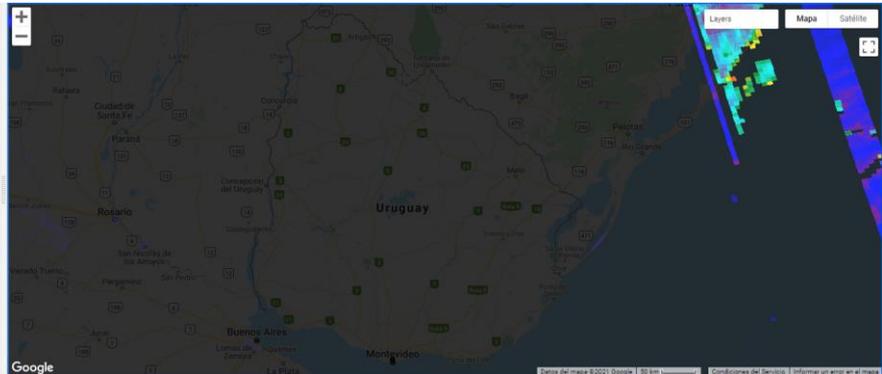
TROPOMI - Aerosoles promedio JJAS 2020

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de aerosoles en el punto.

lon: -56.17 lat: -34.86



Valor promedio del índice de aerosoles





b. Valores máximos

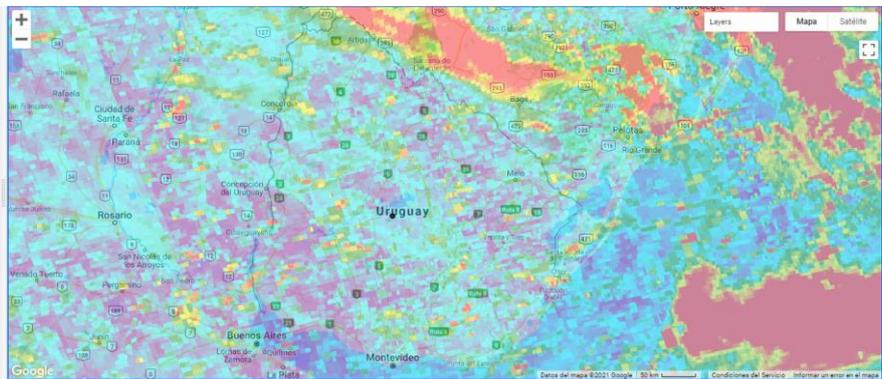
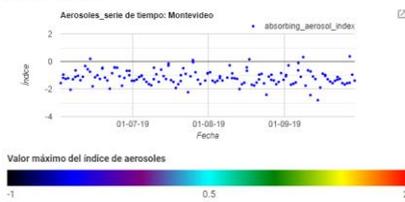
A continuación se presentan las salidas de máximos de aerosoles para el mismo período que los promedios.

Salidas estacionales invierno 2019

TROPOMI - Aerosoles máximos JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de aerosoles en el punto.

lon: -56.17 lat: -32.86

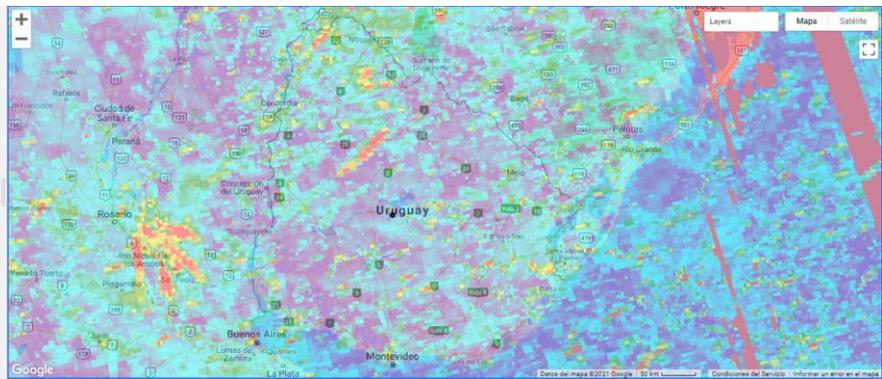
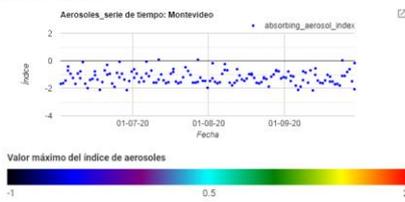


Salidas estacionales invierno 2020

TROPOMI - Aerosoles máximos JJAS 2019

Click en el visualizador para obtener promedios diarios de aerosoles en el punto.

lon: -56.17 lat: -32.86





5. Análisis de resultados

De los resultados obtenidos para el O_3 fue posible observar que los valores encontrados para el invierno 2019 fueron mayores que los encontrados para el correspondiente período en 2020. Esto es evidente tanto en los gráficos de promedios como en los de los máximos. En los mapas obtenidos es posible observar en 2020 la predominancia de colores que representan menores concentraciones.

En los resultados anteriores es posible observar que la distribución de las concentraciones de O_3 tiende a ser zonal, por lo que las diferencias pueden encontrarse mayormente al moverse de una latitud a otra. Esta situación se aprecia mayormente para los mapas de promedios, donde puede distinguirse concentraciones diferentes al comparar la región norte con la región sur del Uruguay. Además, es posible observar que se encuentran mayores concentraciones a latitudes mayores.

Al observar lo que ocurre con el NO_2 resulta claro que hay una concentración de este contaminante en centros poblados. Concretamente, es posible observar para Montevideo que la distribución de colores muestra una zona más amplia de concentraciones mayores en esta ciudad. Además, dentro de esta distribución se alcanza una extensión mayor para las concentraciones más altas en 2019 en comparación a 2020 tanto para los mapas de promedios como de máximos.

Es importante consignar que la gráfica que muestra la evolución del parámetro hace referencia a un punto determinado (Montevideo) y que la resolución espacial no permite realizar un análisis más detallado.

En el resultado regional es posible ver que, además de las ciudades de alta densidad de población (Montevideo, Buenos Aires, Rosario, Córdoba), en Argentina se hace evidente una alta concentración de este contaminante en la vía de tránsito que une Buenos Aires con Santa Fé y continúa hacia el norte. Esta señal resulta en un continuo en 2020 mientras que aparece como señales más discretas en 2019.

En Uruguay, las vías principales de tránsito no resultan elementos de altas concentraciones. Si bien de todas maneras pueden serlo y estar oculto por la escala de colores utilizada, es probable que el flujo y las emisiones sobre las principales vías de Uruguay sean menores en comparación con lo observado en Argentina.

Para esta temporada, también es posible ver que las concentraciones sobre la zona sur de Uruguay son fuertemente influenciadas por lo que surge desde el área metropolitana de Buenos Aires, al punto de conformar prácticamente una sola nube de NO_2 con dos puntos calientes marcados en las ciudades capitales.

En relación a los aerosoles, no es posible observar señales definidas a partir de los promedios de



Ministerio
de Ambiente

los años estudiados. Los máximos muestran zonas de diferentes concentraciones dentro de Uruguay, observándose algunas regiones de concentraciones más altas sobre el centro de la región al norte del Río Negro.



6. Conclusiones

El resultado obtenido para O_3 es consistente con la mayor concentración de NO_2 obtenida en la región sur de Uruguay durante 2019 en comparación con 2020, ya que el NO_2 es un precursor para la formación de O_3 a nivel troposférico. Esto implica que la formación de O_3 se verá facilitada por la presencia de NO_2 siempre que exista radiación solar que catalice esta reacción.

Puede haber factores meteorológicos, climáticos o de comportamiento de la población que determinen concentraciones más altas de NO_2 en 2019. Entre ellos, pueden considerarse la mayor probabilidad de ocurrencia de fenómenos de inversión térmica así como la mayor cantidad de personas en tránsito, ya que la movilidad se vio reducida durante 2020 a raíz de la pandemia.

La distribución de las concentraciones de NO_2 responde más a fenómenos locales en comparación al O_3 , que presentó una distribución zonal más homogénea y que prácticamente no muestra puntos calientes ni en los gráficos de promedios ni en los de máximos.

Por su parte, lo obtenido a partir de los gráficos de promedio del índice de aerosoles no permite extraer ninguna conclusión por ser prácticamente la misma señal en todo el mapa. Los resultados de máximos muestran mucha variabilidad dentro del Uruguay y tampoco es posible ser concluyentes a partir de sus resultados, salvo mencionar que se encontraron mayores señales de concentración en 2020 que en 2019 (zona centro del país), aunque estas no se corresponden con las señales de O_3 ni NO_2 mencionadas previamente.

Es importante destacar que lo que muestran estas salidas gráficas es la presencia de los contaminantes en la columna total de aire. Si bien no se conoce la altura a la que estos contaminantes se encuentran, pueden asociarse estos resultados a actividades desarrolladas a nivel de superficie.

Además, este análisis es solamente para dos temporadas de invierno, por lo que no puede ser extrapolado al comportamiento absoluto o a las actividades desarrolladas en las distintas regiones del país. Brinda idea de la variabilidad que presentan estos contaminantes de un año de actividad normal respecto a otro afectado por la emergencia sanitaria y sus relaciones, aunque para mayor robustez deberían considerarse más años además de una eventual validación de los datos satelitales con estaciones de monitoreo en superficie.



Ministerio
de Ambiente

Referencias

<https://earthengine.google.com/>