

MARZO 2022  
Vol.03

BOLETÍN MENSUAL  
VIGILANCIA DEL  
OZONO  
ATMOSFÉRICO EN LA  
ESTACIÓN VAG  
MARCAPOMACOCHA





## Introducción

La emisión de gases que contienen cloro y bromo (gases fuentes de halógenos) son la causa de la destrucción de la capa de ozono debido a la actividad humana. Estos gases se acumulan en la atmósfera baja y son transportados por el viento y otros movimientos de aire.

En la estratósfera, dichos gases sufren rápidamente conversiones químicas gracias a la radiación solar ultravioleta y se convierten en gases de halógenos reactivos que, a su vez, reaccionan con el ozono destruyéndolo (agotamiento de la capa de ozono).

Las sustancias agotadoras de la capa de ozono se clasifican según su capacidad de destruir el ozono estratosférico o Potencial de Agotamiento de Ozono (PAO). Las formas más reactivas de gases de halógeno reactivos que se encuentran en la estratósfera son el monóxido de cloro (ClO) y el monóxido de bromo (BrO).

Debido a estos procesos que ocurren en la atmósfera el Perú, como país miembro del Protocolo de Montreal, viene reduciendo poco a poco el consumo de los productos químicos que destruyen la capa de ozono y además por intermedio del SENAMHI viene monitoreando el estado de la capa de ozono en la región central del país con la finalidad de alertar a la comunidad científica nacional e internacional sobre su variabilidad temporal y posible deterioro.

Asimismo, es importante no solo la información de superficie sino también la información proveniente de los satélites porque estamos ante un problema en evolución. Se requiere que estemos pendientes de forma constante.

\*\*\*\*\*



## ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con la estación de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) Marcapomacocha, ubicada en la sierra central del país (provincia de Yauli y departamento de Junín), asimismo, se encuentra a una altitud de 4,479 metros sobre el nivel del mar, a una latitud de 11°24'18"S y longitud de 76°19'31"O. Es una de las pocas estaciones a nivel mundial cercanas a la línea ecuatorial y en un medio natural megadiverso. A nivel sudamericano conjuntamente con las estaciones VAG de Natal (Brasil) y la recientemente Chacaltaya (Bolivia) son las que reportan información continua de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera en esta parte del continente.

Las actividades de la estación VAG Marcapomacocha se enmarcan en las mediciones de la concentración de ozono total atmosférico en forma diaria realizadas con el Espectrofotómetro Dobson el cual contribuye con el Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global – VAG de la Organización Meteorológica Mundial – OMM. Otras variables como la radiación ultravioleta, radiación solar global y parámetros meteorológicos también se vienen midiendo en dicha estación.

Con las mediciones realizadas desde 1964 en el Perú, se ha podido conocer el estado y evolución del espesor de la capa de ozono sobre el territorio peruano y en general sobre la porción de la atmósfera tropical sobre el continente sudamericano.

En el futuro la estación VAG Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).

\*\*\*\*\*

# I. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFÉRICO

## 1. MEDICIÓN EN SUPERFICIE

Con un instrumento denominado Espectrofotómetro Dobson (Figura 1), es posible realizar mediciones de la cantidad de ozono total atmosférico, en forma indirecta, ya que lo que se mide son las intensidades relativas, de un par de longitudes de ondas (LDO), seleccionadas de antemano, siendo estas generadas y emanadas por el sol o simplemente por el Zenith del cielo. Se llamarán a estas longitudes de ondas (LDO) seleccionadas, LDO: "A", "C" y "D".

**FIGURA N°1**  
Espectrofotómetro Dobson



La luz entra al instrumento a través de la ventana que se encuentra en la parte superior del mismo y este selecciona solo dos haces (de luz), esta selección se controla manualmente basándose en el método de diferencia de absorción en la banda ultravioleta de Huggins en donde el ozono presenta una fuerte absorción. El principio de la medida depende de la relación de intensidad de la luz del sol a dos longitudes de onda. La combinación de pares usados es a sol directo (doble par AD) de 305.5 nm ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$ ) a 325.4 nm y de 317.6 nm a 339.8 nm.

En el primer par, la primera longitud de onda (305.5 nm) es atenuada en la alta atmósfera por el ozono y reduce su intensidad al llegar a la superficie de la tierra, mientras que la segunda longitud de onda (325.4 nm) no es absorbida por el ozono, por lo tanto, a través de una diferencia comparativa de las intensidades, podemos determinar la cantidad de ozono atmosférico total.

\*\*\*\*\*

## 2. MEDICIÓN DESDE SATÉLITE

Uno de los satélites que mide en forma continua la concentración de ozono es el AURA, el cual dispone de cuatro instrumentos para la medición de la tropósfera superior, estratósfera y mesósfera. El AURA lleva el sensor conocido como “instrumento de monitoreo de ozono” (OMI), el cual continúa recopilando información de ozono desde hace 34 años, estas mediciones comenzaron con el detector ultravioleta de retro dispersión (Backscatter Ultraviolet Detector, BUV) en 1970 y con el espectrómetro de representación de la distribución de ozono total (Total Ozone Mapping Spectrometer, TOMS) en 1978. El OMI mide la luz solar reflejada y retrodispersada en las porciones ultravioleta y visible del espectro. Las capacidades hiperespectrales del instrumento (recopilación y procesamiento de la información a lo largo de todo el espectro electromagnético) mejoran la precisión y exactitud de la cuantificación de las cantidades de ozono atmosférico total.

## II. RESULTADOS

Cabe mencionar que el mes de marzo ha presentado características térmicas algo mayores al mes anterior, dado ciertos cambios en las condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral como consecuencia del paulatino cambio de la estación astronómica. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país continúan mostrando mucha actividad permitiendo en algunos casos el intercambio de propiedades físicas con la baja estratósfera. Climáticamente, en la troposfera se registran procesos intensos de convergencia en la región tropical con gran incidencia en el Perú, producto de la circulación de masas atmosféricas que permiten el desarrollo de fenómenos sinópticos a escala regional, el cual tiene su impacto principalmente en toda la región andina, parte de la costa, así como en la selva. Por otro lado, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Cuasi Bienal (OQB) el cual se presenta en la región tropical ecuatorial con vientos zonales que duran entre 27 y 30 meses. La concentración de vapor de agua va cambiando en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en las reacciones fotoquímicas que se realizan, el cual induce la variabilidad de las concentraciones de ozono atmosférico.

Para acentuar lo mencionado, se tiene que en niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha observado (según el Modelo GFS) la presencia de flujos de aire con características predominantes. Durante gran parte del mes los flujos de viento fueron mayormente provenientes del este, mientras que aparecieron flujos del norte con cierta regularidad, por lo que las concentraciones de ozono registrados fueron mayores al mes de febrero. Asimismo, se han registrado sistemas anticiclónicos en el Pacífico Sur (frente a la región central de Chile) así como en el Atlántico Sur (frente a Brasil), pero con poca persistencia, los cuales permitieron un flujo zonal variable sobre la

\*\*\*\*\*

zona norte de América del Sur. Estos sistemas, debido a una irregular presencia, permitieron un intercambio de concentraciones de ozono atmosférico con el entorno, ya que se debe conocer que los flujos meridionales tienen un gran aporte de ozono (Figura 2).

Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de marzo, en superficie, en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 240.6 UD y 248.7 UD (UD = Unidades Dobson), valores ligeramente superiores a lo registrado en el mes pasado.

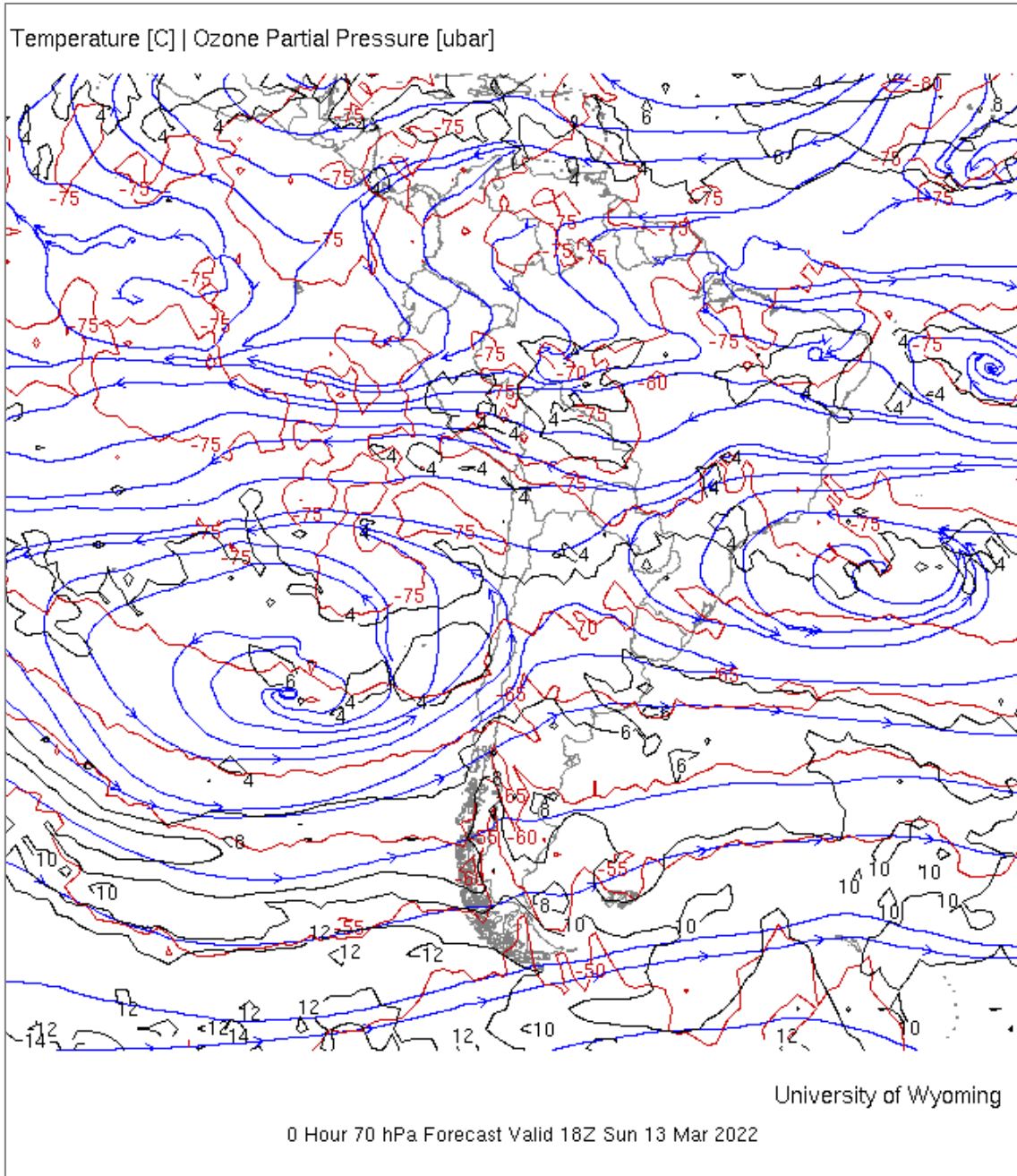
Así tenemos que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto en la mañana como en la tarde, pero siempre con la misma tendencia (disminuye y luego aumenta).

Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja, por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas (debido al ozono residual), a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son muy altos (especialmente en los meses de verano), permite una reducción del ozono y en horas de la tarde a medida que el sol va llegando al ocaso (disminución de la intensidad de la radiación solar) las concentraciones de ozono vuelven a incrementarse. Este comportamiento horario también va a depender de otros factores como los ambientales (efectos residuales de ozono del día anterior a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono provenientes de otras latitudes). Un punto importante a remarcar es el proceso de formación y destrucción del ozono por efectos fotoquímicos, mientras que la intensidad de la radiación solar sea alta, dicha actividad será mayor y viceversa. En el periodo analizado, dado de que en este mes la intensidad de la radiación ultravioleta se mantiene parecido con respecto al mes anterior, las reacciones fotoquímicas llegan a tener mayor actividad debido a factores astronómicos, topográficos y ambientales.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°2**

Flujos de masas de aire provenientes del este y norte en las regiones entre -10°N y 18°S. 13 de marzo 2022.



El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de marzo oscila entre 241.1 UD y 246.9 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de marzo del presente año, oscilaron entre 241.1 UD y 246.9 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron casi en un 58% por debajo de sus valores climáticos.

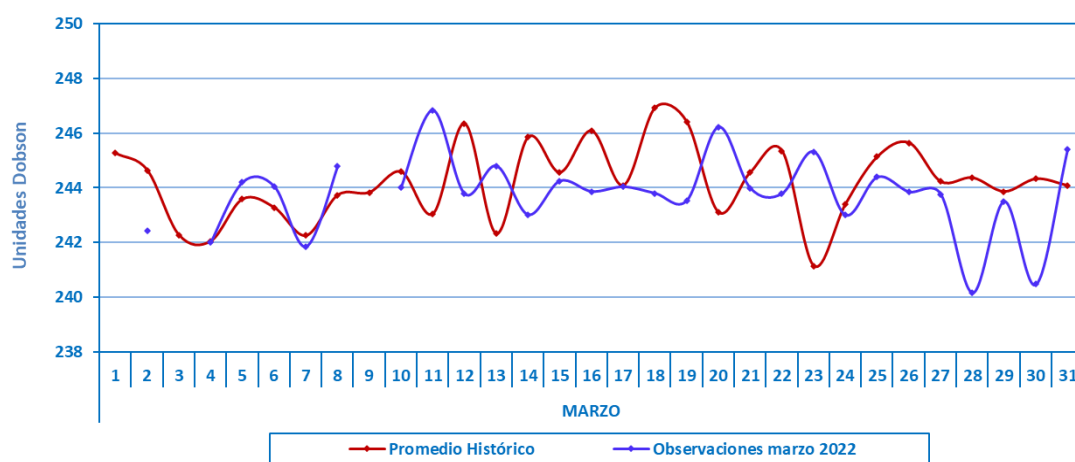
\*\*\*\*\*

Al comparar ambas series se continúa observando una variabilidad entre ellas, en gran parte del mes. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de febrero fue a un ligero aumento, debido al ingreso moderado de flujos meridionales. Cabe mencionar que durante el mes de registraron flujos del este, los cuales no fueron tan persistentes como lo registrado en el mes anterior.

En líneas generales, se podría pensar que, en niveles bajos y medios de la estratósfera, el régimen térmico registró una tendencia leve al aumento (el análisis detallado de este proceso se explica más adelante).

**FIGURA °3**

**Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Marzo 2022.**



En ese aspecto, la climatología del ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, permite observar que durante el año se presentan dos picos, uno en el mes de marzo con un valor de 244.5 UD y el otro, mucho mayor, en el mes de setiembre con un valor de 251.3 UD. Por otro lado, los valores bajos de ozono se registran climáticamente en los meses de enero con valores de 242.2 UD y otro entre los meses de mayo y junio con valores de 240.7 UD y 241 UD respectivamente. El promedio mensual de ozono en el presente mes fue de 244.2 UD inferior en 0.3 UD al promedio mensual multianual (244.5 UD).

Se debe tener presente que en los meses de verano (como ahora) en la región tropical se forma y destruye más ozono por efecto de la mayor intensidad de la radiación ultravioleta (mucho más en verano), también es cierto que la circulación de los vientos (a nivel vertical) desde la tropósfera hacia la estratósfera permite el traslado de cantidades de ozono los cuales a lo largo de los meses lo van redistribuyendo hacia latitudes mayores (Circulación Brewer-Dobson), que permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas. En los meses de verano (de enero a marzo) el sistema atmosférico llamado, zona de convergencia intertropical (ZCTI) permite el ascenso de masas de aire, producto del choque de los vientos del hemisferio sur y norte, transportando ozono.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede observar un cierto desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 22% de días del mes de marzo los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, mientras que el otro 78% por debajo. Para el caso de

\*\*\*\*\*



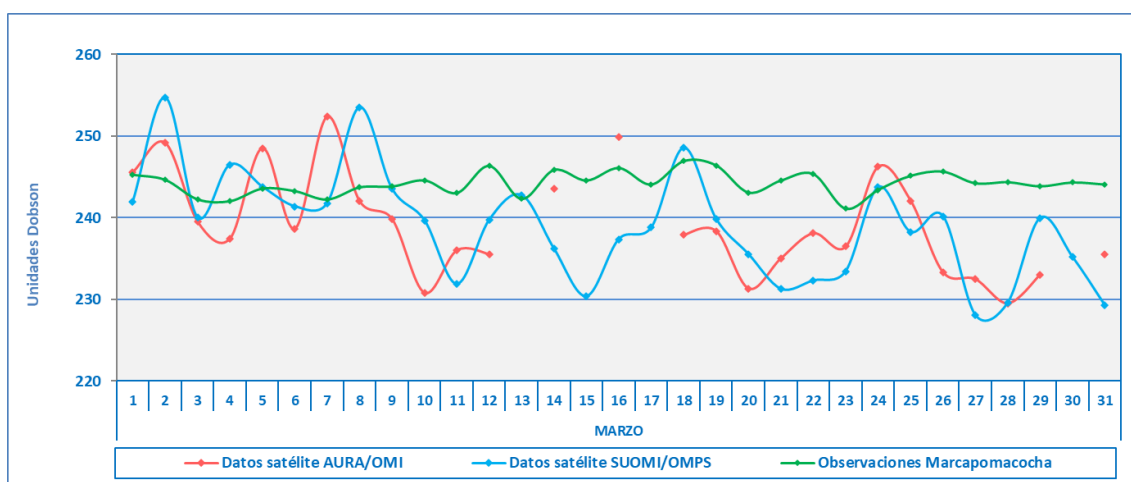
SUOMI/OMPS, durante el 23% de días del mes estuvieron por encima de lo registrado en superficie, mientras que el 77% por debajo. Figura 4.

De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por el satélite y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 16 UD.

Cabe mencionar, que la tendencia de las concentraciones de ozono de superficie es bastante estable en el tiempo mientras que los medidos con los satélites, variable.

#### FIGURA N°4

Comparación de información proveniente del satélite AURA con lo registrado en superficie, en la Estación VAG Marcapomacocha.



### Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra el perfil vertical (corte) de ozono atmosférico de un día típico del mes de marzo, obtenido del Metop-C/GOME-2 tanto para el hemisferio norte como para el hemisferio sur, notándose mayores concentraciones en el primero, debido a circulaciones regionales y la estacionalidad.

En dicho gráfico se puede observar que, en ambos hemisferios, la menor concentración de ozono se encuentra en la tropósfera, mientras que en la estratósfera baja y media las mayores concentraciones.

Realizando un análisis para el hemisferio sur, podemos decir que, dada aún la estacionalidad, se continúa registrando una mayor actividad en cuanto a circulación atmosférica permitiendo procesos convectivos con mucha dinámica, especialmente en latitudes bajas y medias, producto de la mayor incidencia de radiación solar sobre la superficie terrestre.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se dan entre los 50 hPa y 20 hPa con valores entre 18 UD y 25 UD.

En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las concentraciones de ozono son bajas, esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior. En todo momento siempre quedan cantidades de ozono en las primeras horas del día.

\*\*\*\*\*

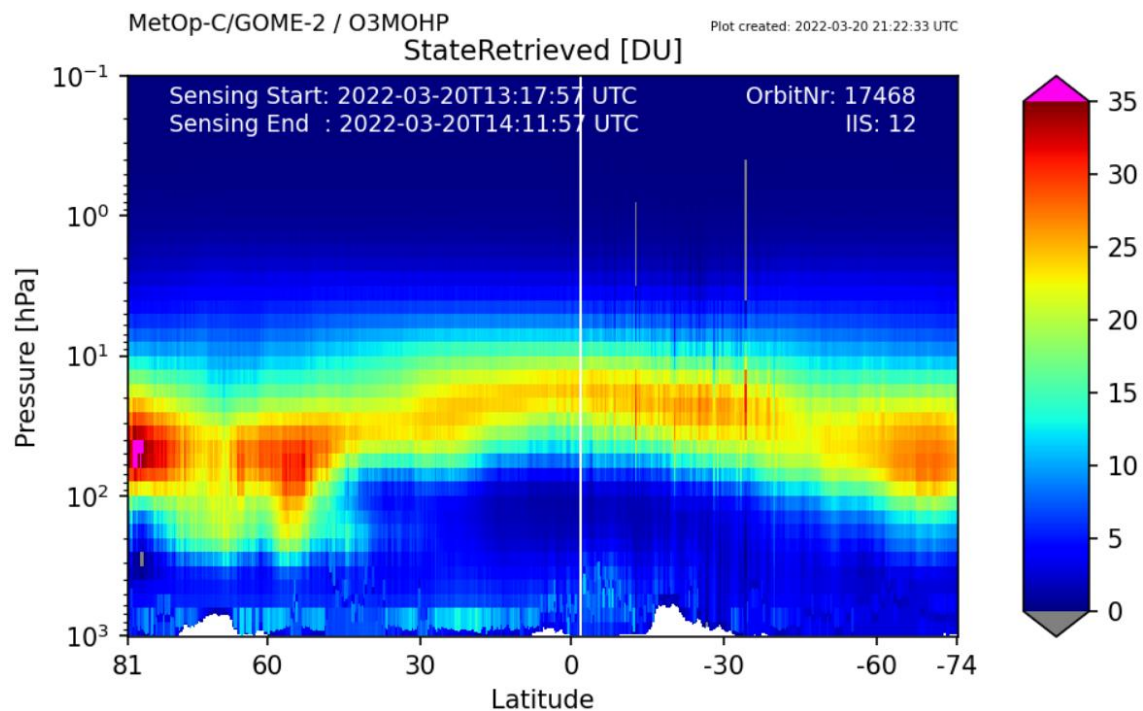
Los valores de ozono son bajos en la tropósfera, altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera.

Debe considerarse que la forma que adquiere la distribución vertical es típica en la atmósfera, sabiendo que las concentraciones pueden variar de acuerdo a la latitud, estación astronómica y las condiciones meteorológicas, tal como se puede apreciar en la figura 5.

En latitudes medias (40°S – 60°S) del hemisferio sur se pueden observar moderadas concentraciones de ozono atmosférico cuyos valores oscilan entre 15 y 20 UD entre los 90 hPa y 20 hPa, características que son debidas principalmente a la circulación de los vientos, así como a la persistencia del calentamiento de la atmósfera los cuales se traducen en una mayor reacción fotoquímica.

### FIGURA N°5

Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha



En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

En la figura 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de marzo, mostrando regiones con concentraciones altas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 30°S – 30°N, se observó un incremento en las concentraciones de ozono, los valores oscilan entre 250 UD a 275 UD (superior al mes de febrero); dicho de otro modo, se redujeron las regiones con concentraciones bajas de ozono. En las latitudes medias y altas del hemisferio sur las concentraciones de ozono son mayores a los de la región tropical con valores que oscilan entre 275 UD – 325 UD).

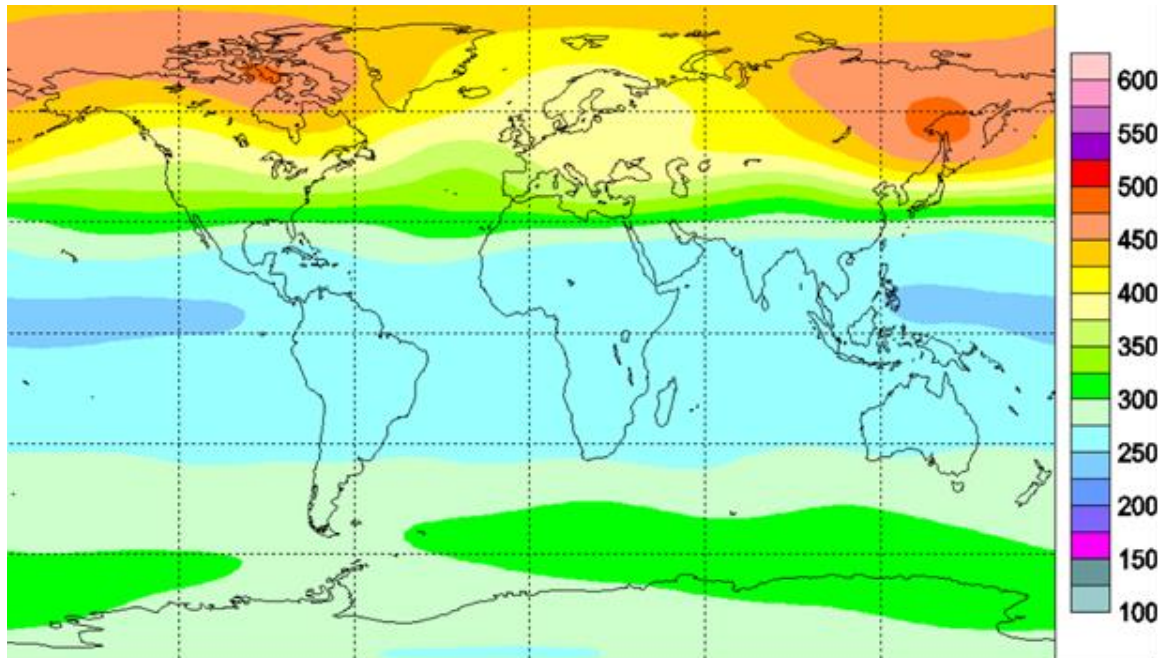
Por otro lado, en latitudes medias y altas del hemisferio norte las concentraciones de ozono son mucho mayores a los del hemisferio sur. Los valores oscilan entre 375 UD a 500 UD.

\*\*\*\*\*

En el caso de nuestro país, las concentraciones son altas con valores que oscilan entre 250 UD y 275 UD.

### FIGURA N°6

Mapa Climático de ozono total atmosférico (1978 – 1988) para el mes de marzo



Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de marzo del presente año y en ella se observan características diferentes al mapa climático. En el hemisferio norte, especialmente en latitudes medias se observaron núcleos con concentraciones bastante altas, entre 300 UD y 475 UD, dicho comportamiento fue mucho mayor al mostrado en el mapa climático.

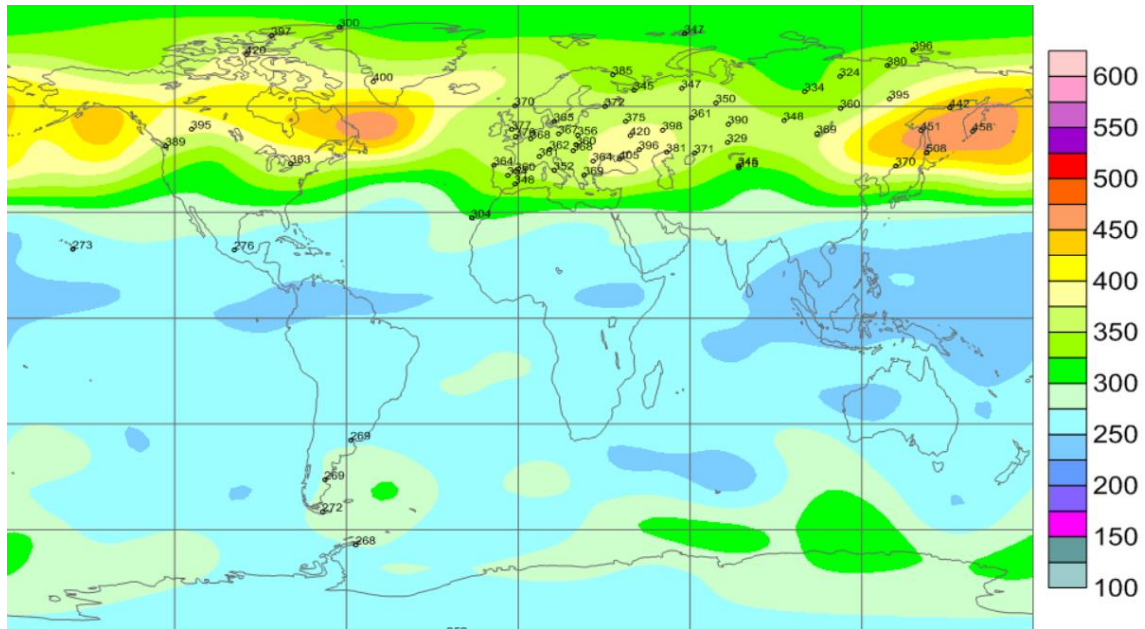
En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones de ozono fueron mucho menores a sus valores normales, como por ejemplo en latitudes medias y altas, mientras que en latitudes bajas se mantuvieron parecidos a sus valores climáticos. Por ejemplo, en la región antártica los valores deben oscilar entre 275 UD y 325 UD, pero más bien en el presente año los valores oscilaron entre 250 UD y 300 UD mayormente.

En el caso de nuestro país se observa una ligera disminución en las concentraciones de ozono entre 225 UD y 250 UD en la región norte (parecido al mes de febrero).

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°7**

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de marzo 2022



Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

En cuanto a la desviación media del mes de marzo, para el caso de Perú, los valores de ozono registraron anomalías negativas (-5%) en la zona norte, mientras que en la región central y sur continúan las anomalías positivas (+5%). Estos valores discrepan con lo sucedido en superficie donde los valores han sido relativamente menores a su valor climático.

En latitudes medias y altas del hemisferio sur, también se encontraron desviaciones negativas del orden de -20%, pareciera que hubo menos aporte y menos formación de ozono en estas regiones probablemente a variación en la circulación de la atmósfera.

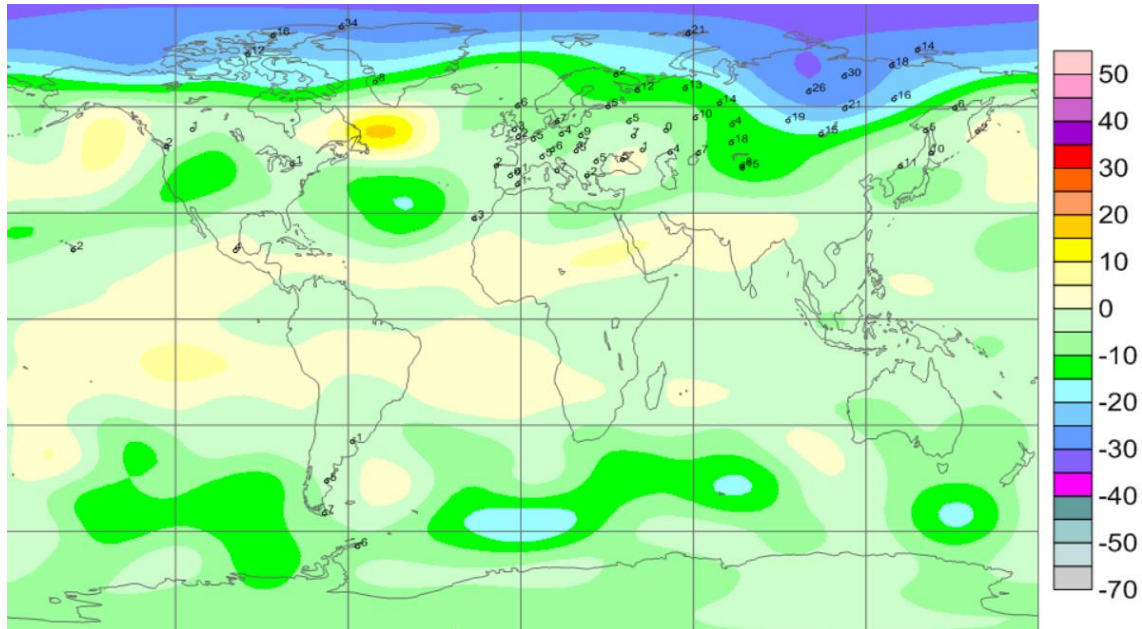
Cabe señalar que el incremento de la temperatura es un factor importante para el incremento de las concentraciones de ozono. Figura 8.

\*\*\*\*\*



**FIGURA N°8**

Desviación media (%) del ozono total atmosférico para el mes de marzo 2022.



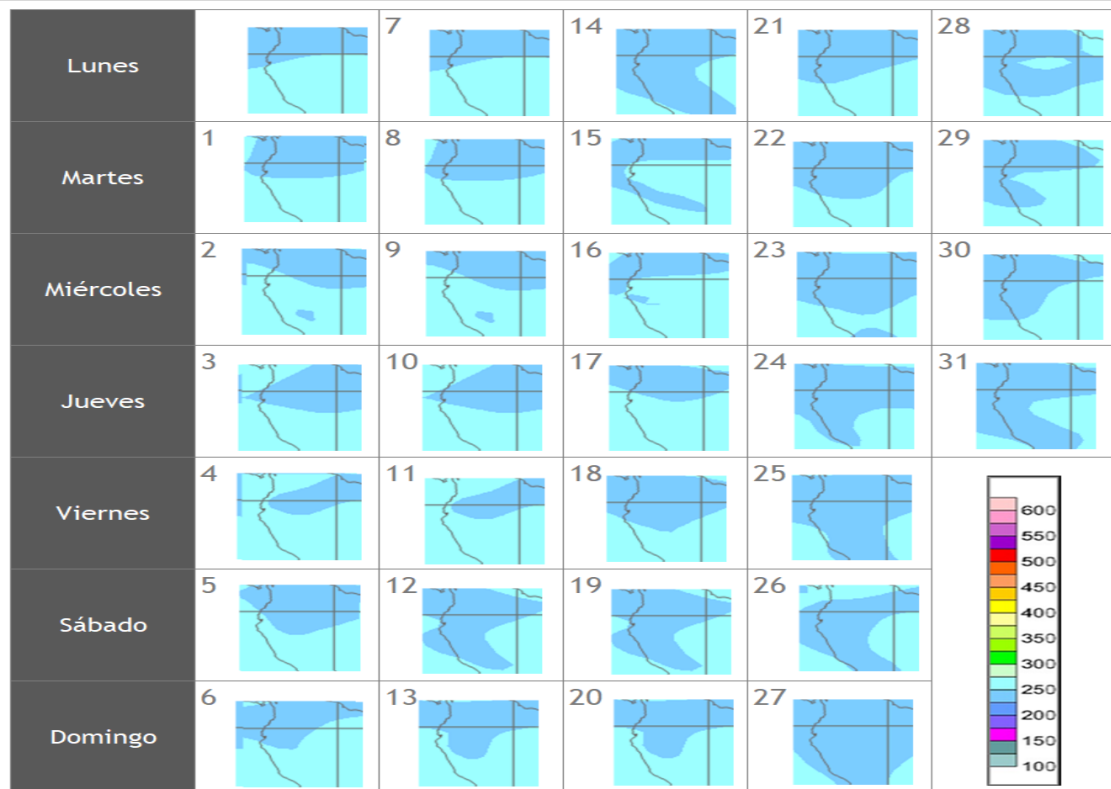
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá (Figura 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico tuvieron una ligera tendencia hacia la disminución, comparado al mes anterior (lo normal sería que se hubiera incrementado). Durante los días 02, 04, 05, 06, 08, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, y 23, las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD en la región norte del país (Piura y Tumbes mayormente, en algunos casos en Amazonas), mientras que en los días 14, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 dichas concentraciones abarcaron gran parte del país. En el resto de las regiones los valores de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD. Las concentraciones bajas de ozono, en estos mapas, se debieron probablemente a la continuidad de los flujos de viento zonales. La tendencia diaria del ozono a lo largo del mes de marzo, según su climatología, debería ser al incremento debido a procesos físicos de la alta atmósfera, así como de la circulación atmosférica, aunados a reacciones fotoquímicas.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°9**

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de marzo 2022.



Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selectMap>

## TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATÓSFERA

Finalmente es importante considerar que lo que pase en la atmósfera baja tiene, a veces, su impacto en la atmósfera alta o viceversa, y para poder entender la variabilidad del ozono atmosférico es importante conocer cómo es el comportamiento temporal de la temperatura en dichos niveles. Por ello se requiere analizar lo que pasa en la atmósfera alta y ver el comportamiento de las temperaturas en la estratósfera baja aproximadamente en los 70 hPa.

El que la temperatura aumente o disminuya en la estratósfera va a depender de las concentraciones de sustancias que agotan el ozono, así como de la estacionalidad y la circulación atmosférica.

En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2021 hasta el mes de marzo 2022, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a al aumento (en valor numérico) con respecto al mes pasado, pero más frío (físicamente). Durante el mes, el régimen térmico se acercó a sus valores climáticos para luego en los últimos días, presentar una tendencia a un alejamiento.

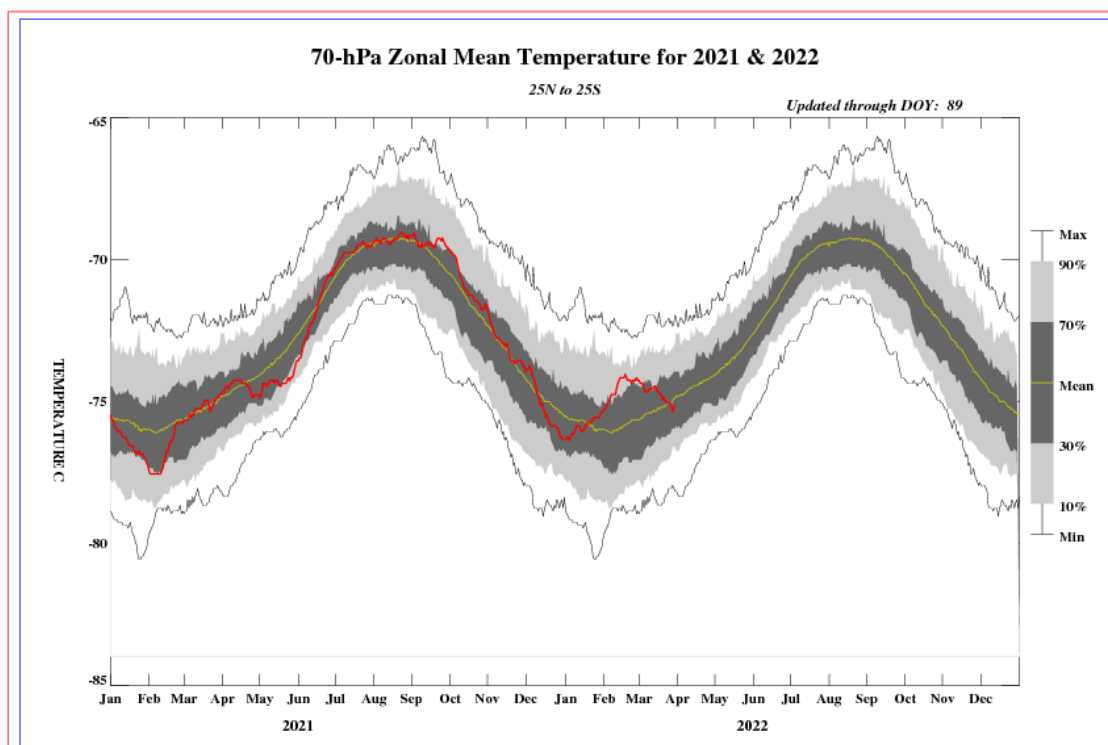
\*\*\*\*\*

Cabe mencionar que durante el mes de marzo la atmósfera empezó a enfriarse debido a la disminución de las temperaturas, tal como se observa en la figura.

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a los cambios en la temperatura es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. A esto se suma el proceso de la circulación Brewer-Dobson, así como a circulaciones de viento regionales a nivel de alta atmósfera. Se debe tener presente que, por lo general, un aumento de la temperatura en la atmósfera alta, está ligada con un aumento de las concentraciones de ozono y viceversa, los cuales tienen causas físicas y químicas. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de  $-75.0^{\circ}\text{C}$ , menor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de  $-74.0^{\circ}\text{C}$ . Como se observa, este ligero enfriamiento de la masa de aire debería guardar relación con una disminución en las concentraciones de ozono en superficie, pero no fue así, más bien aumentaron. Debe recordarse que, durante el año, climáticamente se presentan dos mínimos de ozono, uno en el mes de enero y el otro entre los meses de mayo y junio. En el presente mes, como ya anteriormente se ha mencionado, el promedio mensual fue de 244.2 UD mayor en 1.4 UD al mes anterior.

### FIGURA N°10

#### Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de marzo 2022



Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center (Web Site)

Por otro lado, el comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de marzo, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de  $-50^{\circ}\text{C}$  (en gran parte del mes).

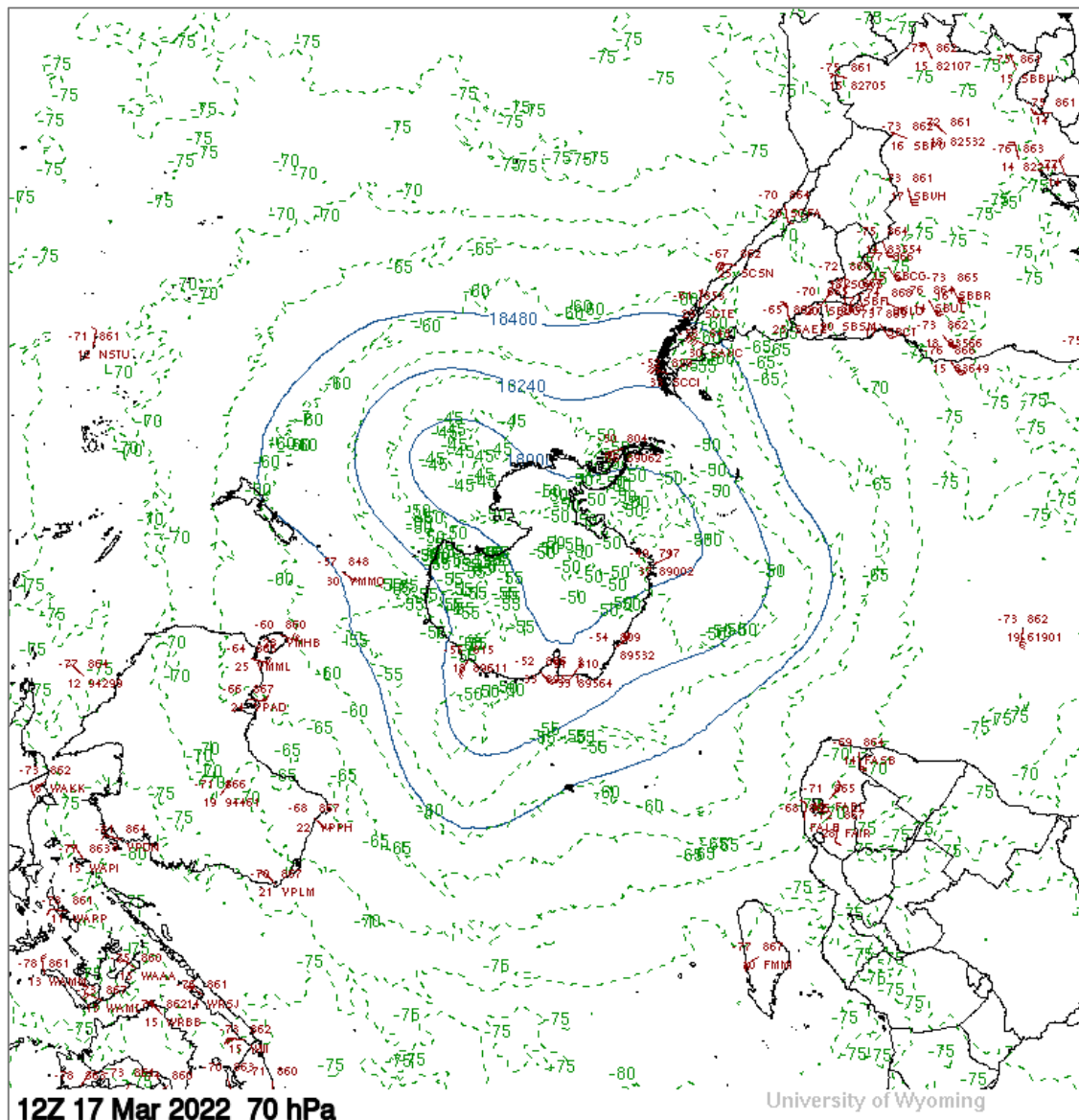
\*\*\*\*\*

Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. Por otro lado, en la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) han registrado valores algo menores al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado un valor promedio de  $-74.0^{\circ}\text{C}$ , a pesar de ello se han registrado aportes de ozono provenientes de otras latitudes (hemisferio norte) por efecto de la circulación de masas de aire.

### FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (17 marzo 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

\*\*\*\*\*



### III. CONCLUSIONES

1. El mes de marzo se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) empiezan a registrar un incremento con respecto al mes de febrero (primer pico alto del año). En el presente mes aumentaron en 1.4 UD con respecto al mes pasado registrando un valor de 244.2 UD como valor promedio, debido a ingresos de masas de aire del hemisferio norte.
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono durante el mes, medidos con el espectrofotómetro Dobson en la Estación VAG Marcapomacocha, oscilaron entre 241.1 UD a 246.9 UD, notándose un aumento de los valores con el tiempo. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son mayores al mes pasado debido principalmente a factores de circulación atmosférica (aportes de ozono meridionales) a pesar de que las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera registraron una ligera disminución.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en la estación VAG Marcapomacocha, según información obtenida por el Metop-C/GOME-2, durante un día típico del mes de marzo, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 50 hPa y los 20 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 18 UD y 25 UD. La altura de la máxima concentración de ozono sigue relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en estas dos subcapas, así como a las variaciones termales.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente que las concentraciones de ozono son bajas (entre 1 UD a 9 UD), los cuales se van incrementando a medida que se asciende hacia la estratósfera. Cabe mencionar que el ozono en superficie es un contaminante atmosférico originado por reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. A medida que la intensidad de la radiación solar aumente (en superficie), los procesos fotoquímicos también lo harán, permitiendo por lo general, mayores concentraciones de ozono residual.
5. Los mapas de ozono total atmosférico (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), muestran concentraciones relativamente bajas (225 UD y 250 UD) en la región norte del país, específicamente en los departamentos de Tumbes, Piura y en algunos casos Amazonas, durante los días 02, 04, 05, 06, 08, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 22, y 23 de marzo, mientras que durante los días 14, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 dichas concentraciones abarcaron gran parte del país, lo cual no guarda relación con la tendencia climática. En el resto del país más bien los valores son relativamente altos (entre 250 UD y 275 UD). Durante el mes se

\*\*\*\*\*

registraron intrusiones de masas de aire con moderada concentración de ozono.

6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de marzo, los valores se caracterizaron por un acercamiento a su normal climática, implicando un mayor enfriamiento de la atmósfera, a pesar de ello las concentraciones de ozono en superficie aumentaron, atribuyéndose esto al aporte de ozono de otras latitudes hacia nuestro país.
7. Debido a que marzo es un mes donde aún se mantienen niveles de radiación solar altos continúa trayendo como consecuencia, que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean muy dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad espacial y temporal en las concentraciones del ozono atmosférico.
8. Se requiere disponer de información real de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de realizar el contraste respectivo con lo obtenido por los satélites y determinar la desviación respectiva. En los periodos donde no se tenga información real se podría utilizar el brindado por los satélites aplicando ciertos algoritmos de cálculo.

\*\*\*\*\*

**Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica:**

Ing. Grinia Avalos Roldan

[gavalos@senamhi.gob.pe](mailto:gavalos@senamhi.gob.pe)

**Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:**

Ing. Jhojan Rojas Quincho

[jprojas@senamhi.gob.pe](mailto:jprojas@senamhi.gob.pe)

**Análisis y Redacción:**

Ing. Orlando Ccora Tuya

Bach. Juan Tacza Ordoñez

Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

Tco. Julia Astudillo Capcha

**Próxima actualización: 15 de mayo de 2022**

**Suscríbete para recibir la edición digital al enlace:**

**<https://forms.gle/cqZit9WHG7gLktbT6>**



**Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI**

Jr. Cahuide 785, Jesús María  
Lima 11 - Perú

**Consultas y sugerencias:**

[occora@senamhi.gob.pe](mailto:occora@senamhi.gob.pe)