

MARZO 2021  
Vol.03

BOLETÍN MENSUAL  
VIGILANCIA DEL  
OZONO  
ATMOSFÉRICO EN LA  
ESTACIÓN VAG  
MARCAPOMACOCHA





# Introducción

La capa de ozono se encuentra dentro de la atmósfera terrestre y tiene la función de ser una capa protectora que preserva la vida del planeta Tierra, haciendo las veces de escudo contra la radiación proveniente del sol llamados UV o radiación ultravioleta, absorbiendo gran parte de ella. Se encuentra a una distancia de la superficie de la tierra de 15 a 50 kilómetros de altura en mayor concentración, aunque cercano al suelo también está presente.

Debido a los productos generados por los humanos y llamados halocarbonos, la disminución en la concentración de ozono se ha acelerado, en los últimos 30 años, en comparación a su ritmo natural. Esto provoca el adelgazamiento de la capa y se generen los mal denominados agujeros de ozono, con lo cual la tierra pierde protección contra la radiación solar. El paso de la radiación solar más intenso provoca en la vida humana enfermedades como el cáncer a la piel o las cataratas en los ojos, así como la reducción del sistema inmunológico.

Debido a estas situaciones y procesos que ocurren en la atmósfera el cual tiene incidencia también en la región tropical a través de la teleconexión (sistemas acoplados), nuestro país como 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..

\*\*\*\*\*

## 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).

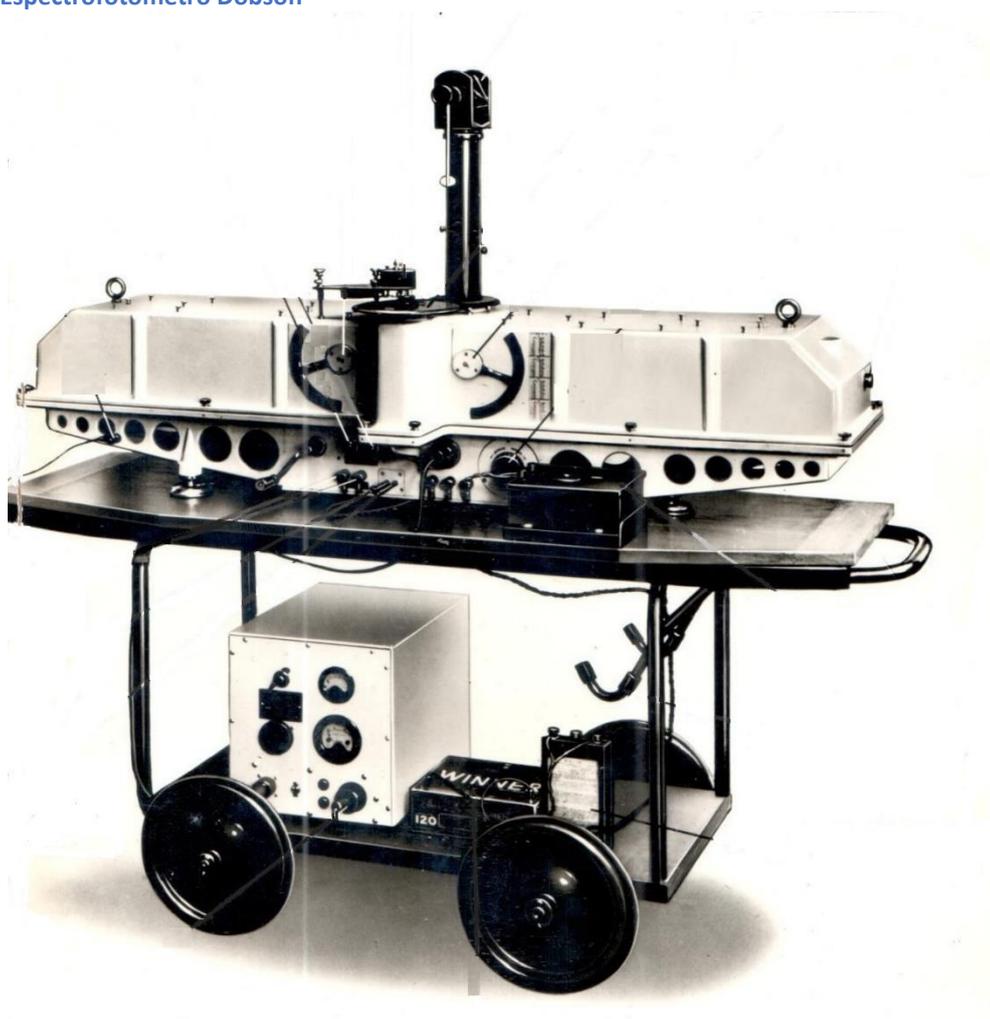
\*\*\*\*\*

# 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 presentó características térmicas similares al mes anterior, a pesar de que a fines de mes se inició la estación astronómica de otoño en el hemisferio austral. Los sistemas atmosféricos que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país continúan posicionados en el hemisferio sur adquiriendo la dinámica por efecto del intercambio de energía entre la tierra y la atmósfera. Climáticamente, en niveles altos de la troposfera, la Alta de Bolivia llega a tener relativamente, la misma actividad debido a las condiciones de circulación atmosférica por efecto de la continuidad de la temporada de lluvias. Asimismo, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Quasi Bienal (QBO) 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 se mantiene 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 variados del oeste, este y del norte. Durante la primera década del mes se registraron vientos de este a oeste por la presencia de un sistema anticiclónico sobre el sur de América del Sur con un escaso aporte de ozono, mientras que en la segunda década del mes se registraron vientos de oeste a este y en la última semana vientos provenientes del norte y noreste, los cuales particularmente indujeron al aporte de ligeras concentraciones de ozono atmosférico hacia nuestras latitudes (Figura 2). Cabe señalar que en este mes la radiación solar continúa siendo intensa.

Con el fin de reforzar lo descrito en el párrafo anterior 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 239.1 UD y 250.9 UD (UD = Unidades Dobson). En las primeras horas del día las concentraciones de ozono son 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).

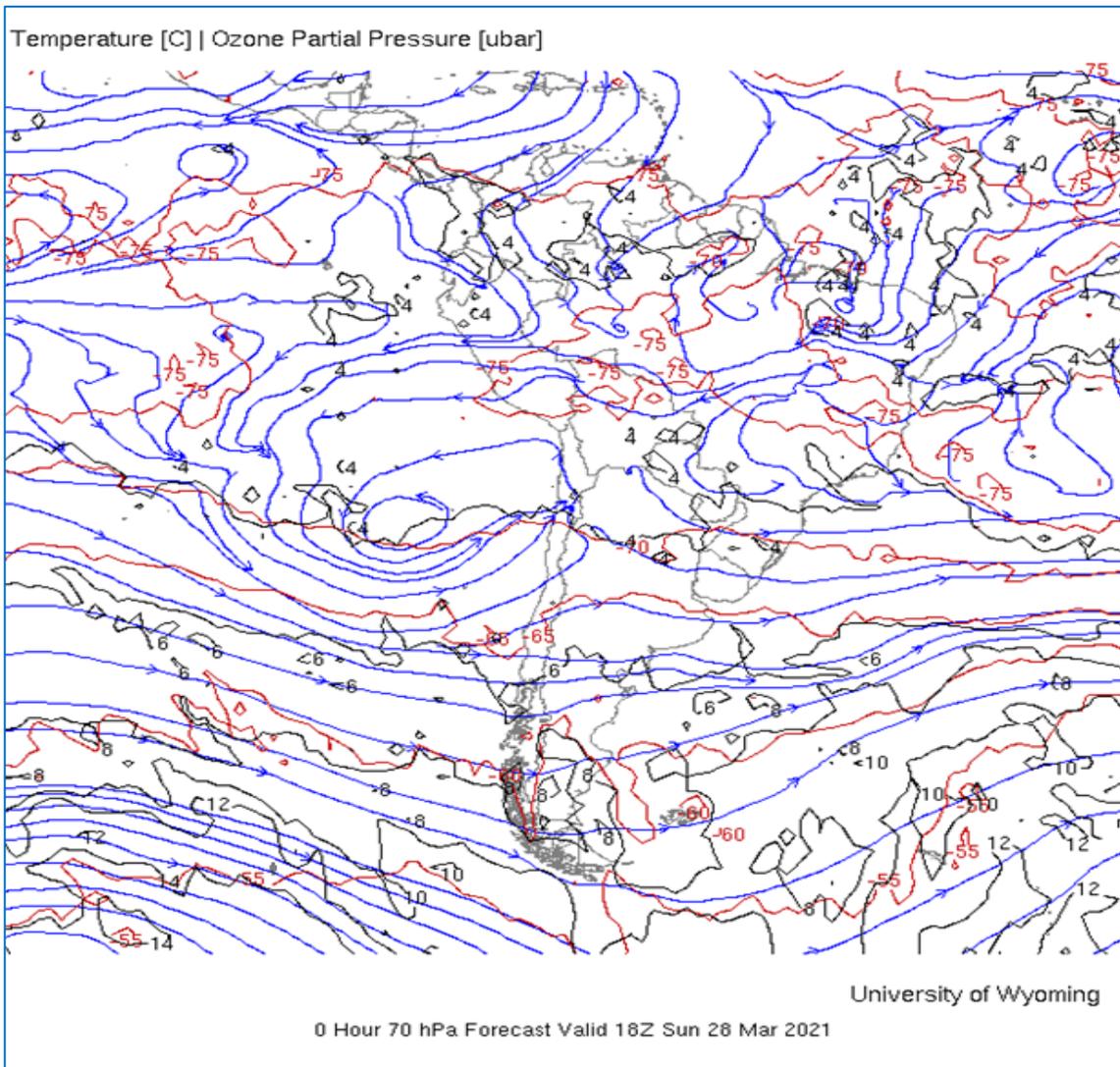
Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja y por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía donde los valores son demasiado altos, 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). 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 es mayor. En el periodo analizado, dado de que en este mes se registraron valores altos de radiación ultravioleta, las reacciones fotoquímicas llegan a tener mayor actividad debido a factores mayormente astronómicos.

**FIGURA N°2**

**Flujo de masas de aire provenientes con componente zonal. 28 de marzo 2021.**



En cuanto al comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de marzo oscila entre 241.1 UD y 247.1 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de marzo del presente año, oscilaron entre 240.0 UD y 247.0 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron en un 50% por encima de sus valores climáticos, y el otro 50% por debajo (similar al mes pasado). Al comparar ambas series se observa un desfase entre ellos. En algunos momentos llegan a tener el mismo comportamiento, pero es poca. La tendencia de las

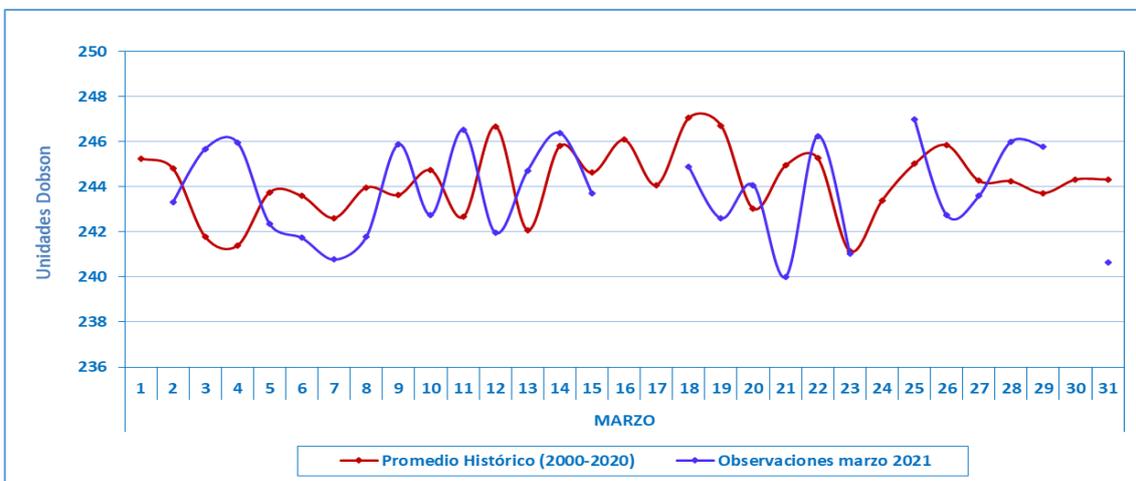
\*\*\*\*\*

concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de febrero fue al aumento, los cuales son propios de la climatología del mismo. El aporte de ozono de masas de aire provenientes del noreste y norte jugaron un papel importante en ese incremento.

En líneas generales, se podría pensar que en niveles bajos y medios de la estratósfera se ha presentado un ligero calentamiento.

**FIGURA 03**

**Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Marzo 2021.**



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 243.8 UD inferior en 0.7 UD al promedio mensual multianual.

Si bien es cierto que en los meses de verano en la región tropical se forma y destruye más ozono por efecto de la mayor intensidad de la radiación ultravioleta, 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 el mes de marzo se ha notado, comparándolo con la climatología del ozono, un ligero aumento en las concentraciones de la misma, dando a entender, como se mencionó líneas arriba, que se han registrado flujos de viento en la estratósfera baja del noreste y norte, los cuales permitieron un moderado traslado de ozono hacia nuestras latitudes. Climáticamente las concentraciones de ozono, se incrementan hasta el mes de marzo, para luego, por cuestiones de la circulación de los vientos en niveles medios y altos de la estratósfera, así como por los propios procesos fotoquímicos, empiezan a disminuir.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede observar nuevamente un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 59% de días del mes de marzo los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el

\*\*\*\*\*

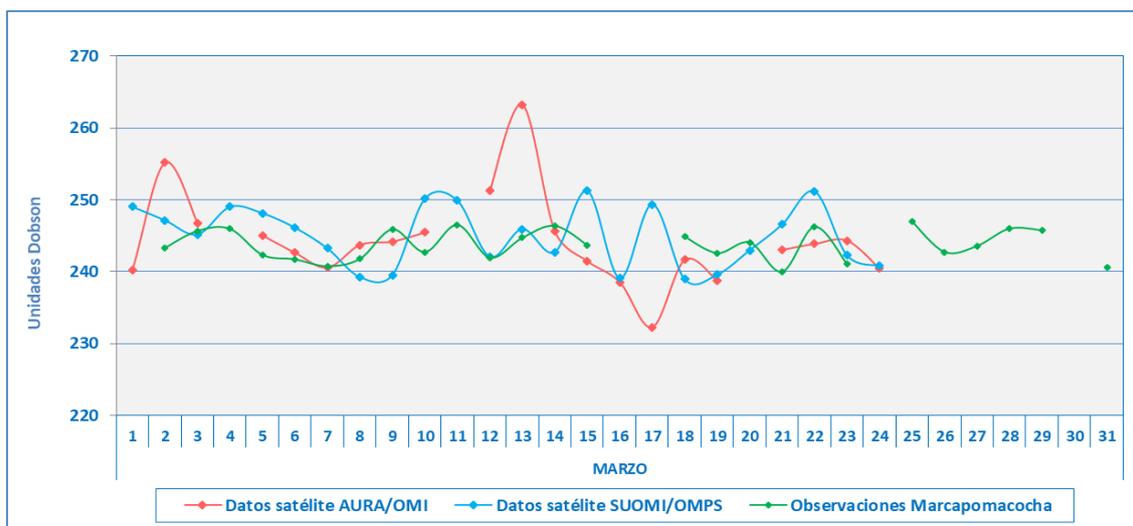
Espectrofotómetro Dobson, mientras que en lo que respecta al SUOMI (OMPS), en 65% de días del mes, los valores de ozono registrados estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, Figura 4.

De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por los satélites y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 18 UD, mientras que, comparando sólo los dos satélites, ambos muestran una mayor variabilidad en el mes, donde las diferencias han estado entre 1 UD y 17 UD.

Cabe precisar que, en promedio, en este mes, un 62% de la información proveniente de los satélites ha venido mostrando valores superiores a lo registrado con el Espectrofotómetro Dobson. La tendencia de las concentraciones de ozono registrado en superficie es bastante estable en el tiempo mientras que los medidos con los satélites, son variables.

#### FIGURA N°4

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélites versus información de superficie marzo 2021.



### Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra el perfil vertical 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. No se pudo tener acceso a la información del satélite SUOMI para el cálculo del perfil vertical de ozono para la estación VAG Marcapomacocha.

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

En la región tropical las mayores concentraciones de ozono se encuentran a mayor altitud debido a la dinámica de la atmósfera y a los procesos convectivos.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se dan entre los 70 hPa y 10 hPa con valores de 28 UD.

\*\*\*\*\*

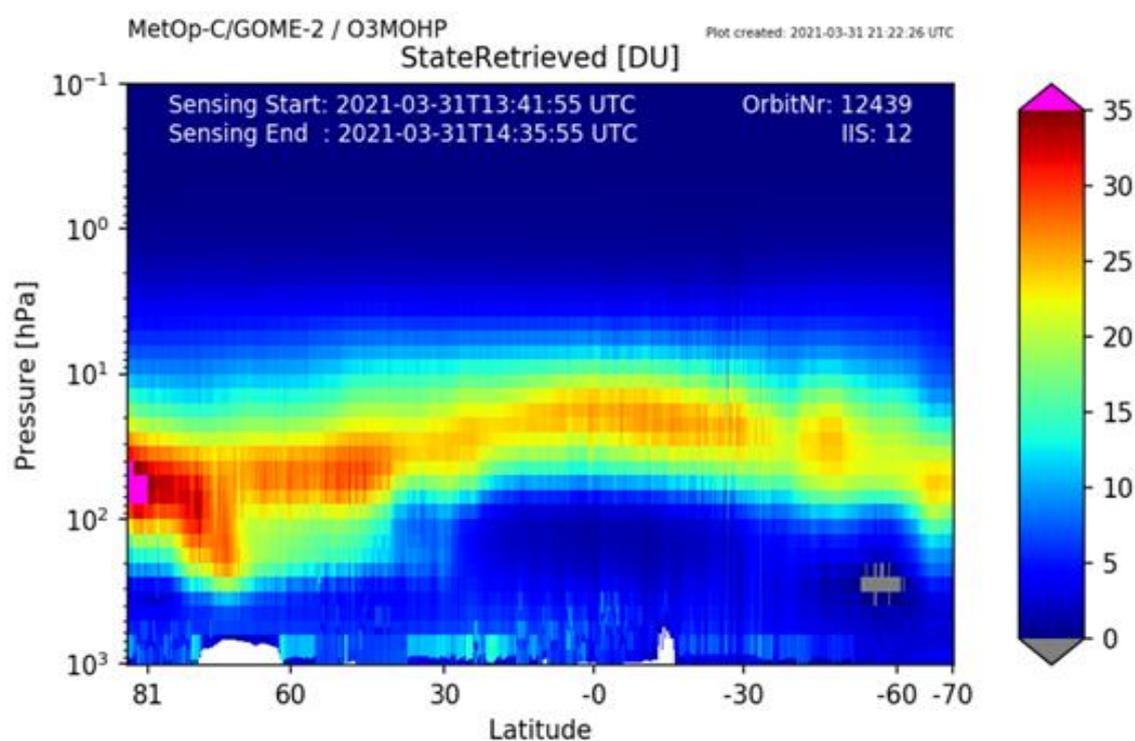
En los primeros niveles de la atmósfera si bien es cierto que las concentraciones de ozono son bajas, esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior. En todo momento siempre quedan cantidades de ozono en las primeras horas del día.

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.

## FIGURA N°5

Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha



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

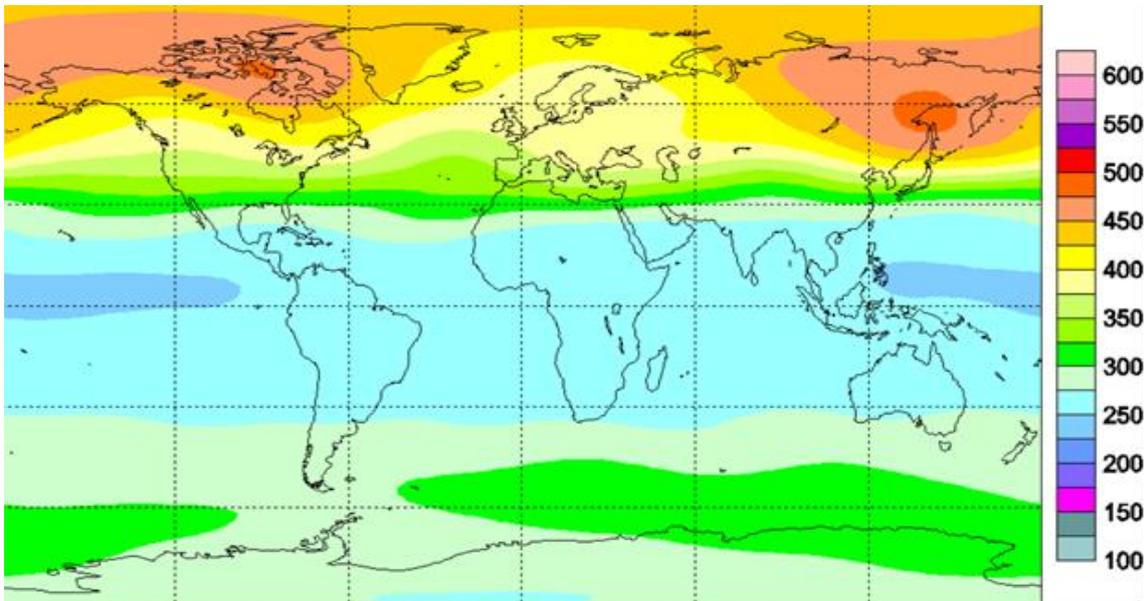
- En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de marzo, mostrando regiones con concentraciones altas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 25°N – 30°S aproximadamente las concentraciones de ozono se incrementaron hasta 275 UD. Sólo en la región del Océano Pacífico entre las latitudes 2°S y 12°N las concentraciones de ozono fueron bajas con valores entre 225 UD – 250 UD. En el hemisferio norte, por encima de los 30° las concentraciones se incrementan (300 UD – 425 UD) hasta aproximadamente los 60° (latitudes medias). En latitudes más altas, específicamente en la región Ártica, el ozono atmosférico es un poco mayor (450 UD – 500 UD). En el caso de América del Sur, se observa que entre 0° - 32°S las concentraciones de ozono oscilan entre 250 UD a 275 UD, mientras que, entre 32°S y 60°S mayormente, varían entre 275 UD – 325 UD.

\*\*\*\*\*

En la región Antártica los valores son algo similares a los de latitudes medias.

### FIGURA N°6

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



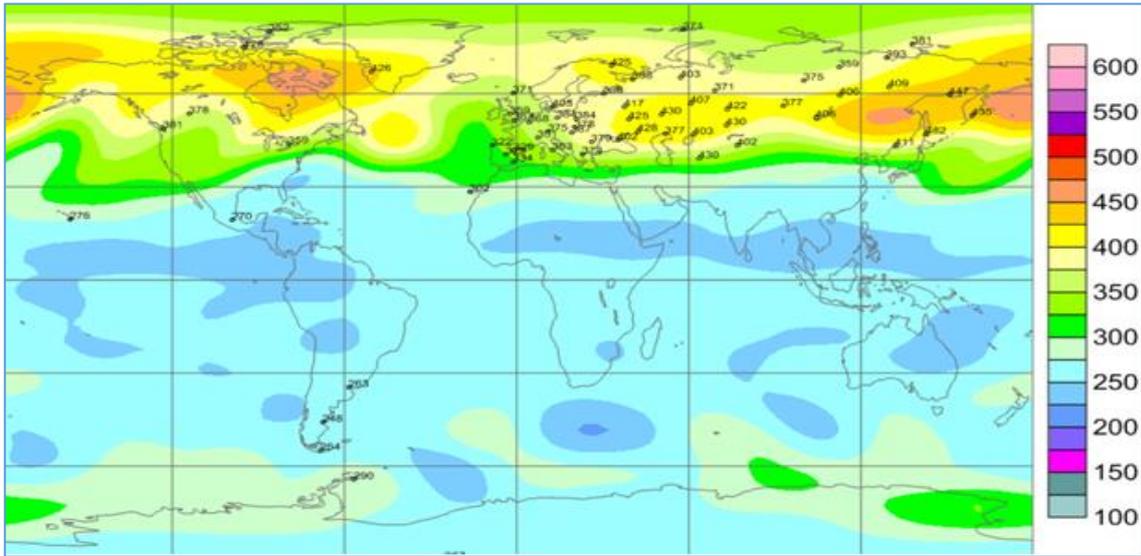
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

- 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, entre 0° - 30°N aproximadamente, se observan áreas amplias con concentraciones bajas de ozono cuyos valores oscilan entre 225 UD y 250 UD. En lo que concierne a América del Sur, se observa que las concentraciones de ozono han presentado concentraciones bajas especialmente en la región norte y central con valores entre 225 UD a 250 UD. En el caso de nuestro país las concentraciones bajas estuvieron en Piura y Tumbes, así como también en la región sur del país. En el continente Antártico se observan concentraciones de ozono alto con respecto al mes anterior, entre 250 UD y 275 UD, debido a la desaparición del vórtice polar.
- Por el lado en Australia, región asiática y parte central de África se observaron áreas con concentraciones bajas entre 225 UD – 250 UD.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°7**

**Mapa de ozono total atmosférico para el mes de marzo 2021**



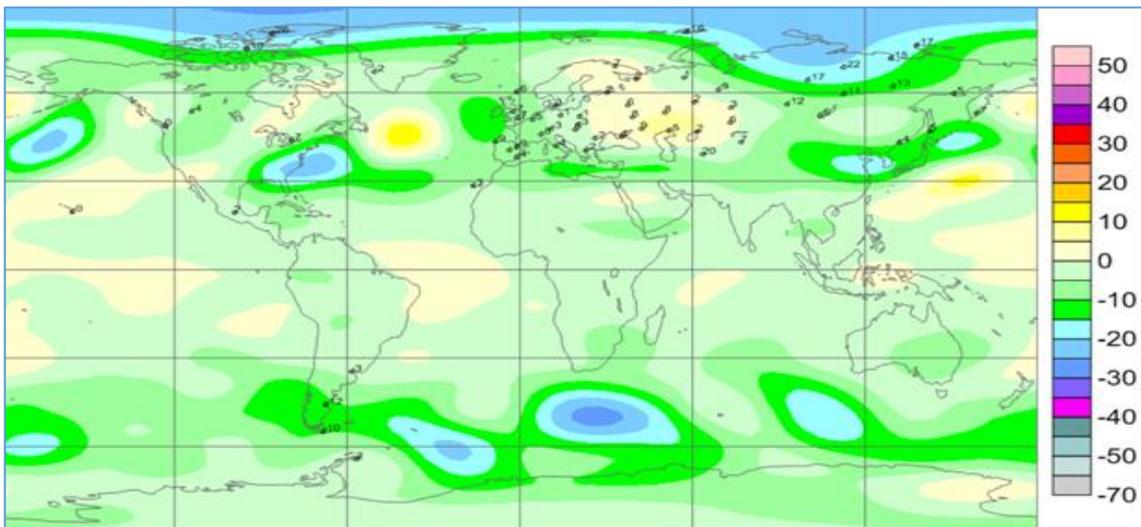
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

En cuanto a la desviación media del mes de marzo, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus valores normales con una desviación de -1 a -5%, en todo el país.

En latitudes medias del hemisferio sur, se presentaron 4 núcleos con concentraciones de ozono por debajo de lo normal cuyas desviaciones oscilaron entre -10% y -30%, mientras que en latitudes altas las desviaciones oscilaron entre -1% a -5%. En el hemisferio norte ocurrió algo parecido, con 3 núcleos de bajas concentraciones. Figura 8.

**FIGURA N°8**

**Desviación media (%) del ozono total atmosférico para el mes de marzo 2021**



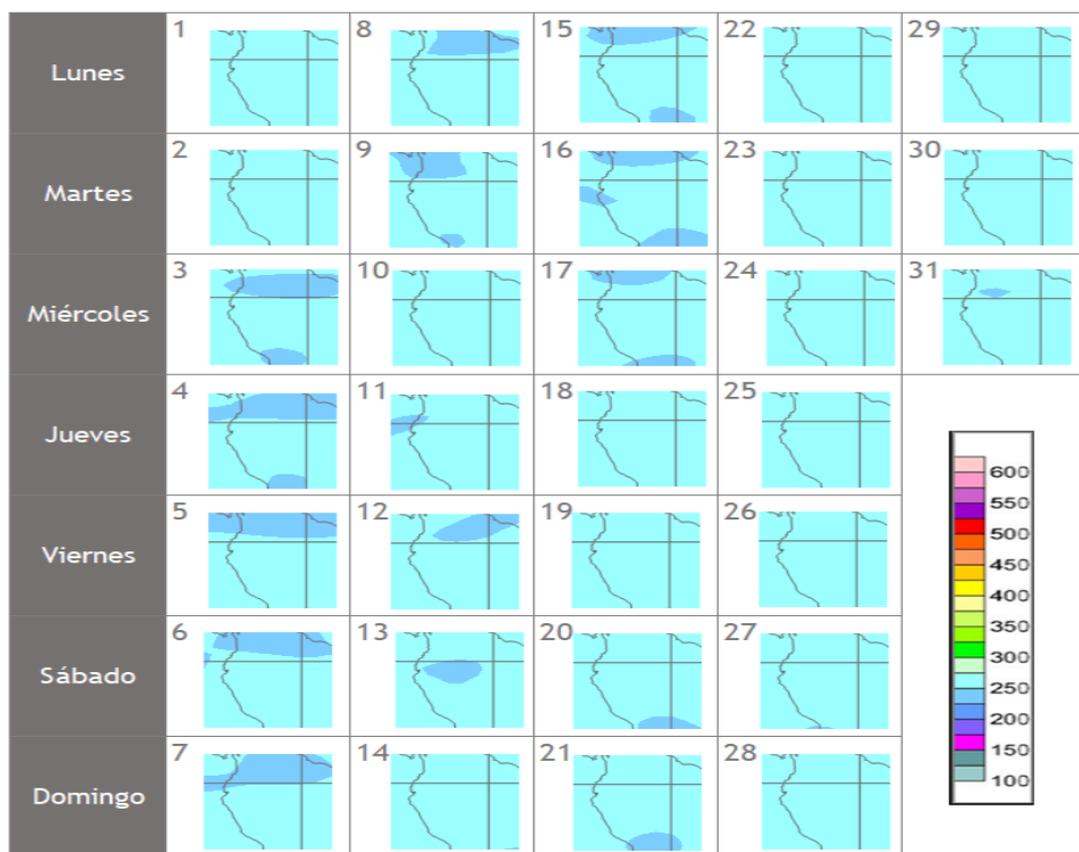
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

\*\*\*\*\*

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 fueron relativamente altas en gran parte del mes. Los días 3, 4, 9, 15, 16, 17, 20 y 21 se registraron concentraciones de ozono bajas cuyos valores oscilaron entre 225 UD y 250 UD, especialmente en el sur del Perú. Por otro lado, durante los días 13 y 16 de marzo estas bajas concentraciones se registraron en Tumbes y Piura. Finalmente, en el resto de días las concentraciones de ozono registraron valores entre 250 UD y 275 UD.

**FIGURA N°9**

**Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de marzo 2021.**



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.

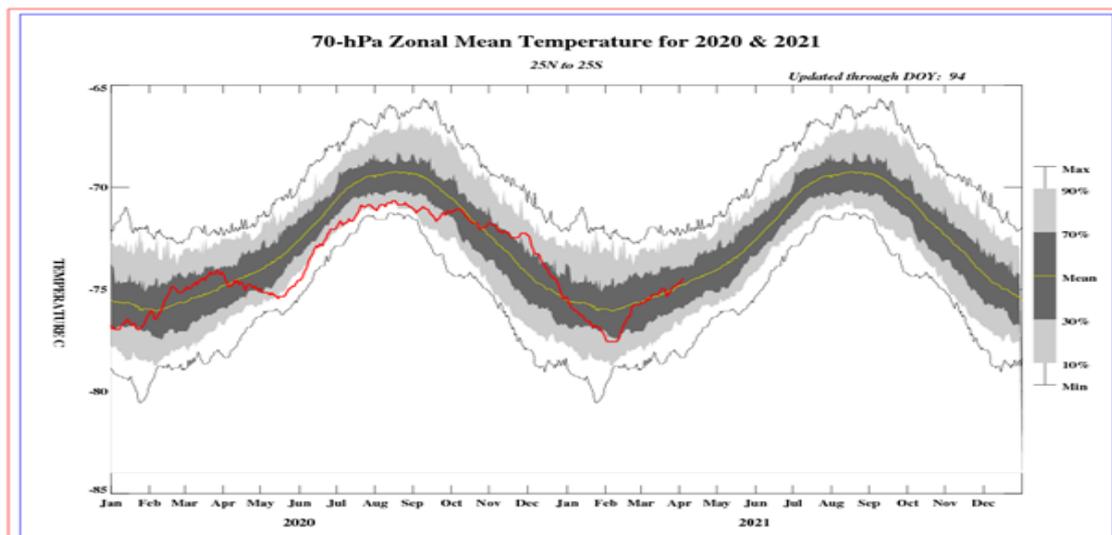
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2020 hasta el mes de marzo 2021, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo) tuvo un acercamiento a su valor normal (línea de color amarillo), debido a procesos de mayor formación de ozono y de invasión de masas de aire con contenido de ozono, en esas capas.

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a las bajas temperaturas es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. Se debe tener presente que una disminución de la temperatura en la atmósfera alta, está ligada con la disminución de las concentraciones de ozono y viceversa, los cuales tienen causas, valga la redundancia, físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -75.3°C, menor en valor numérico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -75.2°C. Como se observa, este ligero calentamiento de la masa de aire guarda relación con el aumento de las concentraciones de ozono medidos en superficie. Debe recordarse que, durante el año climáticamente, se presentan dos máximos de ozono, uno en el mes de marzo y el otro en el mes de setiembre.

**FIGURA N°10**

**Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de marzo 2021**



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

En cuanto al 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 -45°C - -50°C (valores algo inferiores al mes pasado). En este mes las temperaturas no deberían de disminuir mucho dado de que aún se encuentra en verano.

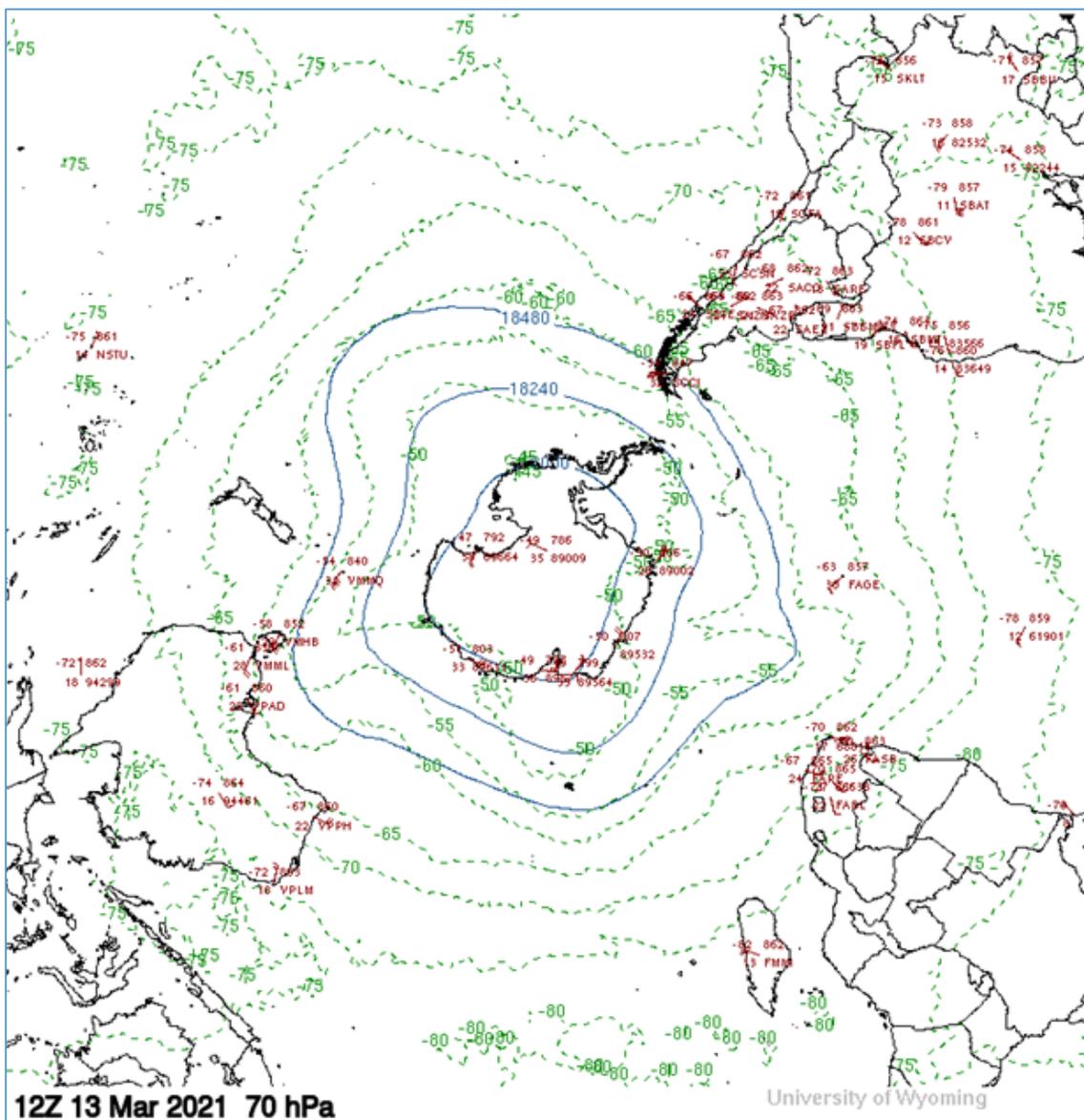
\*\*\*\*\*

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 un poco mayores al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado mayormente valores entre  $-75.0^{\circ}\text{C}$  y  $-74.5^{\circ}\text{C}$ , debido a la presencia de masas de aire provenientes del hemisferio norte con contenido de ozono dando respuesta a un aumento en las concentraciones de ozono en superficie, durante el mes de marzo.

**FIGURA N°11**

**Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (13 marzo 2021)**



\*\*\*\*\*

### III. CONCLUSIONES

1. El mes de marzo se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) aumentan, pero en forma ligera con respecto al mes de febrero. En el presente año 2021 según información proveniente del satélite AURA el valor promedio del mes fue de 244.2 UD (mayor a febrero), mientras que el registrado por el satélite SUOMI fue de 245.0 UD (mayor a febrero). En conclusión, comparando estos valores con el registrado por el Espectrofotómetro Dobson, se notó que están por encima entre 0.4 UD a 1.2 UD respectivamente. Los medidos en superficie fueron mayores al mes pasado debido a que según el modelo GFS, se han tenido flujos de aire proveniente del noreste y norte con aporte de moderadas concentraciones de ozono.
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 240.0 UD a 247.0 UD, notándose un ligero aumento de los valores con el tiempo. Las concentraciones de ozono en este mes, son mayores al mes pasado debido principalmente a factores de circulación atmosférica los cuales, han transportado más cantidad de ozono hacia nuestro país. Otro factor atribuido al aumento es el térmico, donde las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera han registrado un ligero aumento.
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 70 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera). 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 (en los meses de mayor calentamiento hay mayor actividad de relación de mezcla en las capas de la atmósfera).
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente que las concentraciones de ozono son bajas, 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. Mientras que la intensidad de radiación solar sea alta entonces tendremos por lo general mayor formación de ozono.
5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de marzo (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), para el caso de nuestro país, han mostrado ligeros aumentos con valores de 250 UD y 275 UD durante gran parte del mes, debido a intrusiones de masas de aire con contenido de ozono provenientes del hemisferio norte.
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, entendiéndose que la atmósfera en ese nivel va presentando condiciones más cálidas a medida que pasen los meses, el cual trae como consecuencia un

\*\*\*\*\*

aumento de la concentración de ozono atmosférico (por lo menos hasta este mes). La variabilidad de la temperatura es uno de factores que ayuda a entender el aumento o disminución del ozono en la atmósfera. En valor promedio mensual de la temperatura (1979-2017) fue de  $-75.3^{\circ}\text{C}$ , pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de  $-75.2^{\circ}\text{C}$ .

7. Debido a la finalización de la estación de verano en el hemisferio austral, durante este mes de marzo, los niveles de radiación solar se han mantenido similares al mes pasado, trayendo como consecuencia que los procesos físico-químicos en la estratósfera sigan el mismo comportamiento, el cual ayuda en formación y destrucción de la concentración de ozono, especialmente en la región tropical.
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. Gabriela Rosas Benancio  
[grosas@senamhi.gob.pe](mailto:grosas@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 2021

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)