

ENERO 2022  
Vol.01

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 del 97% al 98% 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 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 enero presentó características térmicas mayores al mes anterior, dado el establecimiento de las condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral debido a la estación de verano. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país se encuentran bastante activos permitiendo en algunos casos el intercambio de propiedades físicas con la baja estratósfera. Climáticamente, en la troposfera se registran procesos de convergencia en la región tropical con gran incidencia en el Perú, producto de la circulación de masas atmosféricas que permiten el desarrollo paulatino de fenómenos sinópticos a escala regional, el cual tiene su impacto principalmente en toda la región andina, 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 (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 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 ciertas características predominantes. Durante gran parte del mes dichos flujos fueron mayormente provenientes del este, claro está que también se han registrado flujos del norte y noreste, con cierta frecuencia permitiendo un ligero aporte de ozono hacia nuestras latitudes. Por otro lado, se han registrado sistemas anticiclónicos en el Pacífico Sur (frente a la región central de Chile) así como en el Atlántico Sur (frente a Uruguay), los cuales permitieron un mayor flujo zonal sobre la zona norte de América del Sur. Estos sistemas no han permitido el intercambio de concentraciones de ozono atmosférico con el entorno. Los pocos aportes de ozono, en forma esporádica,

\*\*\*\*\*

fueron como producto de ingresos de masas de aire del hemisferio norte. (Figura 2).

Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de enero, 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 239.8 UD y 249.4 UD (UD = Unidades Dobson), valores cercanos a lo registrado en el mes pasado.

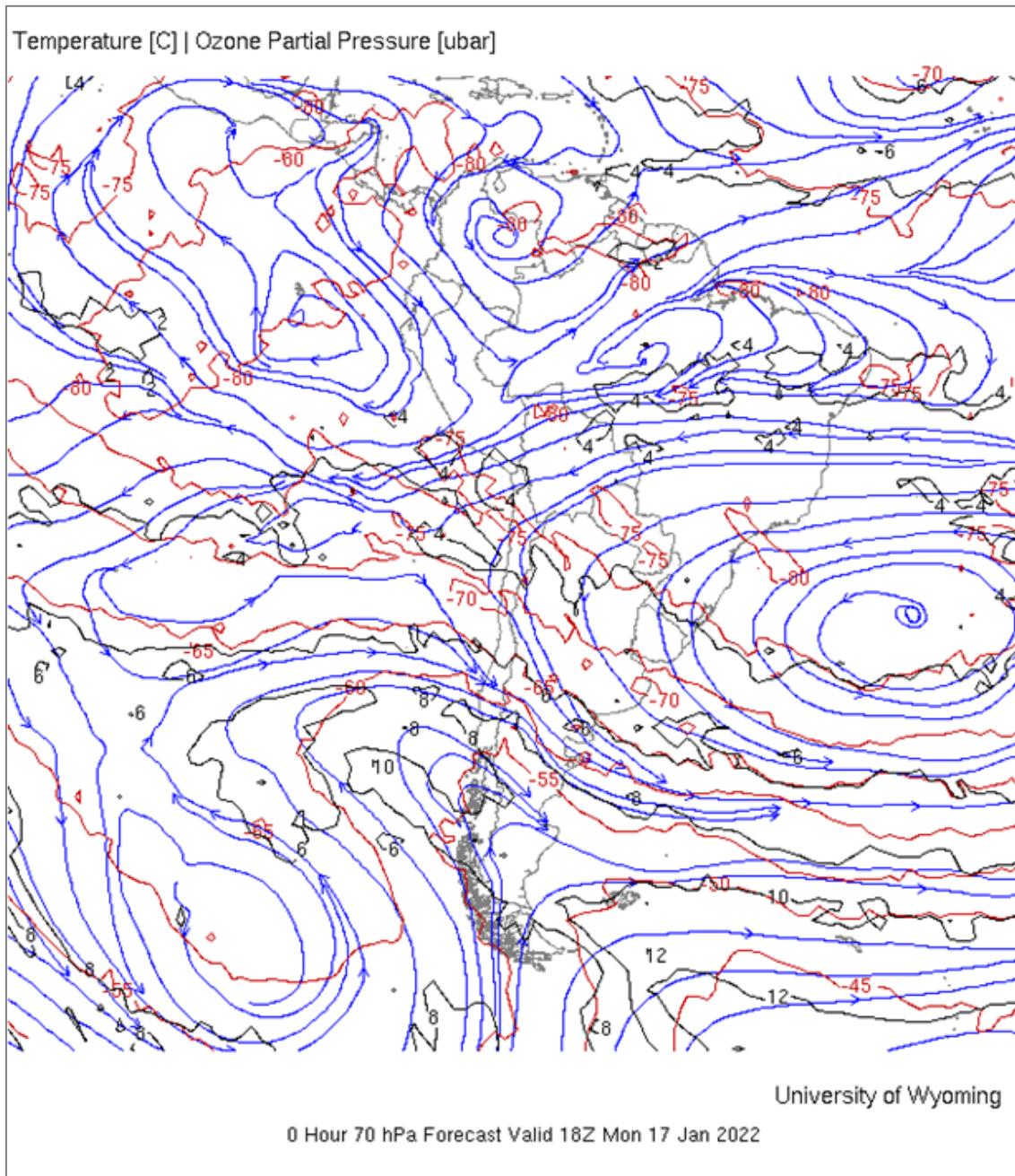
Cabe mencionar que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto 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 es mayor y viceversa. En el periodo analizado, dado de que en este mes la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina, con respecto al mes anterior, las reacciones fotoquímicas llegan a tener mayor actividad debido a factores astronómicos, topográficos y ambientales.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°2**

Flujo de masas de aire provenientes del norte y noreste en las regiones entre -10°N y 12°S. 17 de enero 2022



El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de enero oscila entre 238.4 UD y 246.0 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de enero del presente año, oscilaron entre 239.9 UD y 248.0 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron casi en un 59% por encima de sus valores climáticos.

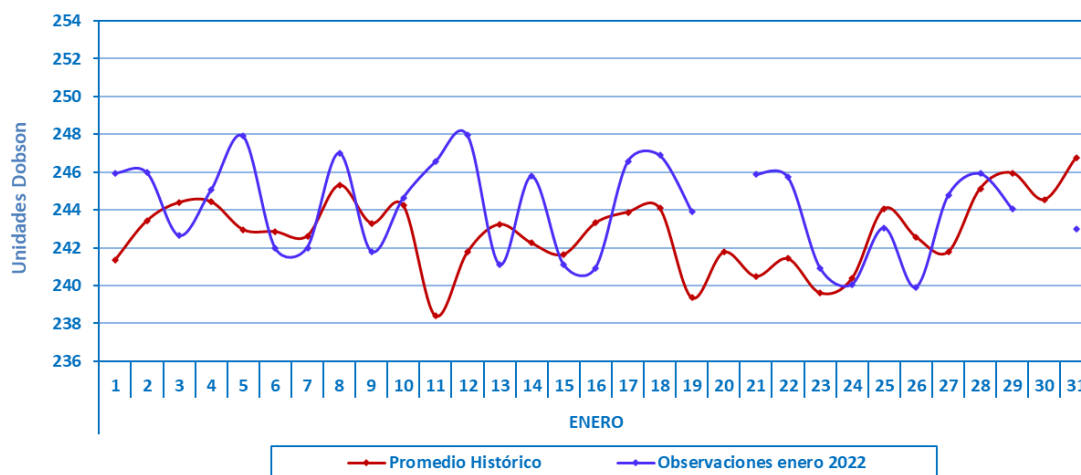
Al comparar ambas series se continúa observando una variabilidad entre ellas, en gran parte del mes. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de diciembre fue a una ligera disminución, a pesar de haberse registrado el ingreso de masas de aire en niveles bajos de la estratósfera (70 hPa), con dirección norte y noreste.

\*\*\*\*\*

En líneas generales, se podría pensar que, en niveles bajos y medios de la estratósfera, el régimen térmico registró una tendencia leve a la disminución (el análisis detallado de este proceso se explica más adelante), pero a ello hay que adicionarle el aporte de otros factores.

**FIGURA °3**

**Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Enero 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 244.1 UD superior en 1.9 UD al promedio mensual multianual (242.2 UD).

Se debe tener presente 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 (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 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 notar un cierto desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 65% de días del mes de enero los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, mientras que el otro 35% por debajo. Para el caso de SUOMI/OMPS, durante el 52% de días del mes estuvieron por debajo de lo registrado en superficie, mientras que el 48% por encima. Figura 4.

\*\*\*\*\*

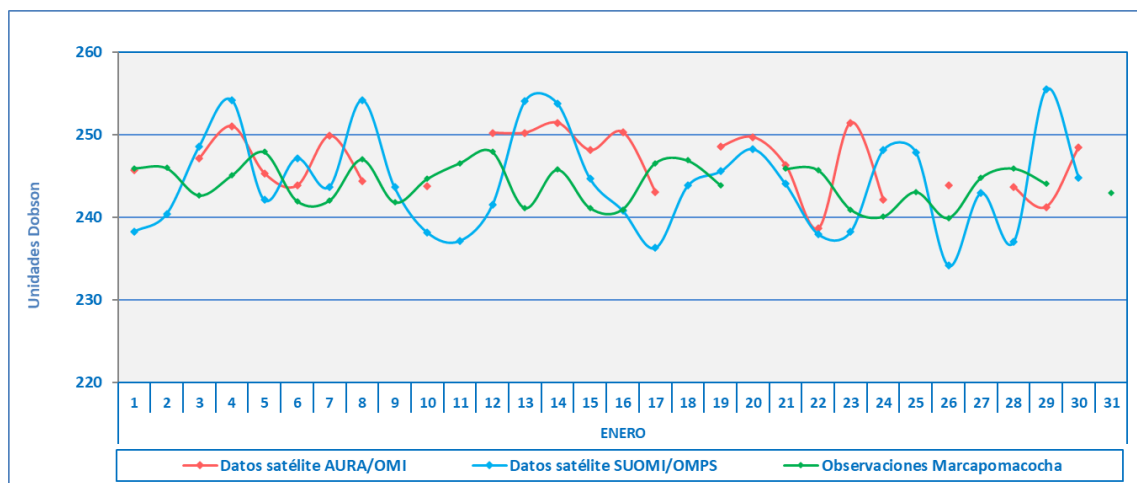


De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por el satélite y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 12 UD.

Cabe mencionar, que la tendencia de las concentraciones de ozono de superficie es bastante estable en el tiempo mientras que los medidos con el satélite, 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 enero, 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. Aún hay restricciones para el acceso a la información del satélite SUOMI en cuanto a la información del perfil vertical de ozono para la estación VAG Marcapomacocha.

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 la estacionalidad, se registra 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 10 hPa con valores entre 15 UD y 25 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.

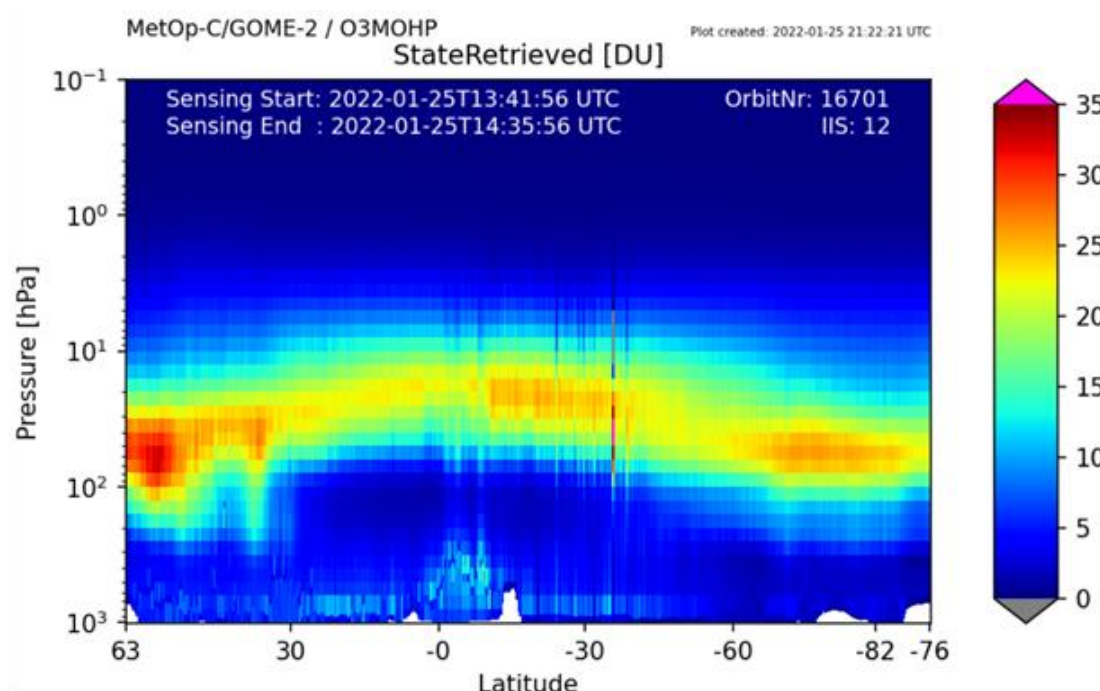
\*\*\*\*\*

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.

En latitudes altas (60°S – 90°S) del hemisferio sur se pueden observar moderadas concentraciones de ozono atmosférico cuyos valores oscilan entre 18 y 25 UD entre los 100 hPa y 30 hPa, características que son debidas a la desaparición del vórtice polar lo cual permite una paulatina invasión de masas de aire ricos en ozono.

**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 enero, mostrando regiones con concentraciones bajas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 25°N – 0° aproximadamente, los valores oscilan entre 225 UD a 250 UD (similares al mes pasado), pero lo que diferencia al presente mes es la ampliación de regiones con bajas concentraciones de ozono. Entre las latitudes 0° - 30°S las concentraciones de ozono son altas (250 UD – 275 UD), siendo similares al mes pasado.

Asimismo, en ambos hemisferios por encima de los 30° las concentraciones se incrementan (300 UD – 475 UD) hasta aproximadamente los 60° (latitudes medias). En latitudes más altas, específicamente en la región Antártica, el ozono atmosférico empieza a incrementarse en forma paulatina debido a la desaparición del vórtice polar (300 UD – 350 UD).

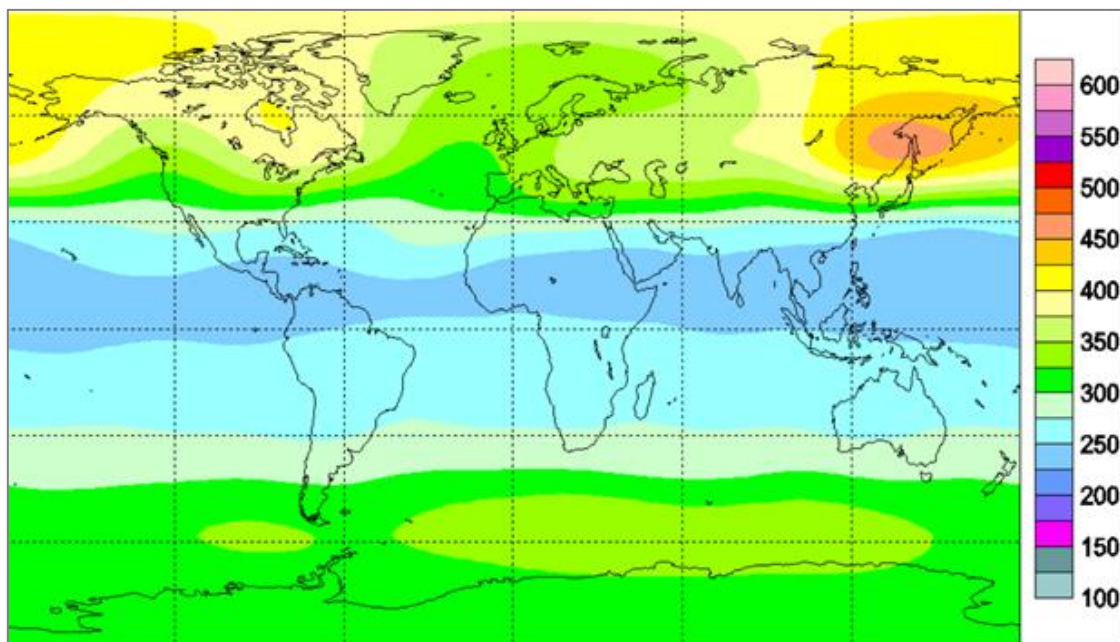
En el caso de América del Sur, se observa en la región central y norte de la misma, concentraciones de ozono que oscilan entre 275 UD a 225 UD respectivamente,

\*\*\*\*\*

mientras que, en la región sur, las concentraciones son mayores y oscilan entre 275 UD y 325 UD.

### FIGURA N°6

Mapa Climático de ozono total atmosférico (1978 – 1988) para el mes de enero 2022



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 enero del presente año y en ella se observan características diferentes al mapa climático. En el hemisferio norte, especialmente en latitudes medias y altas se observaron dos núcleos con concentraciones altas, entre 425 UD y 475 UD, dicho comportamiento estuvo relativamente cercano al mostrado en el mapa climático con valores algo parecidos.

En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones de ozono fueron mayores a sus valores normales, como por ejemplo en latitudes bajas de los Océanos Pacífico Sur y Atlántico Sur donde los valores oscilaron entre 275 UD y 300 UD. En latitudes medias los valores de ozono han oscilado entre 250 UD y 325 UD.

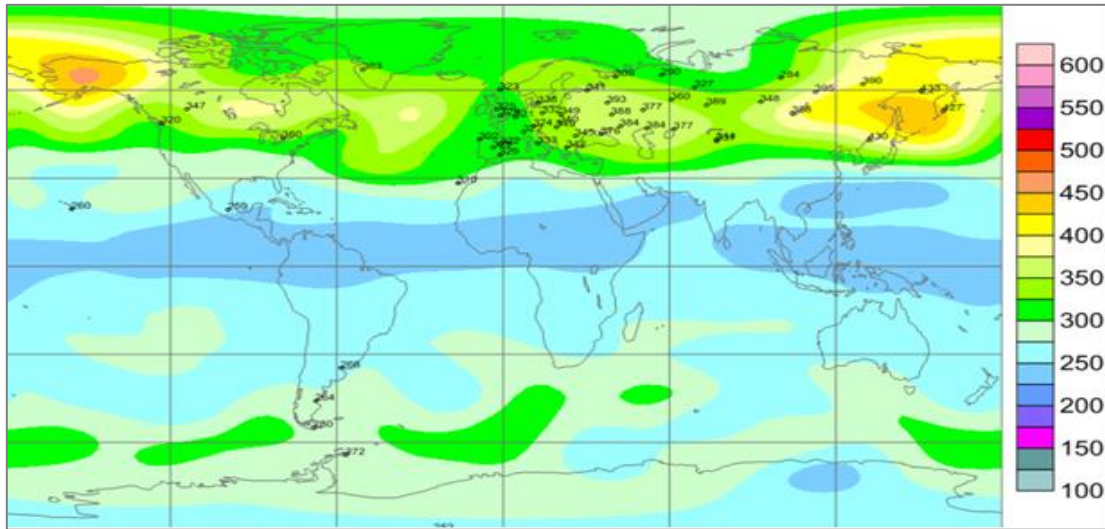
En lo que concierne a la región antártica las concentraciones fueron menores con valores entre 225 UD y 300 UD como producto del proceso de la desaparición del vórtice polar. Por otro lado, las temperaturas tienden a aumentar en la estación de verano.

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 pasado).

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°7**

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de enero 2022



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

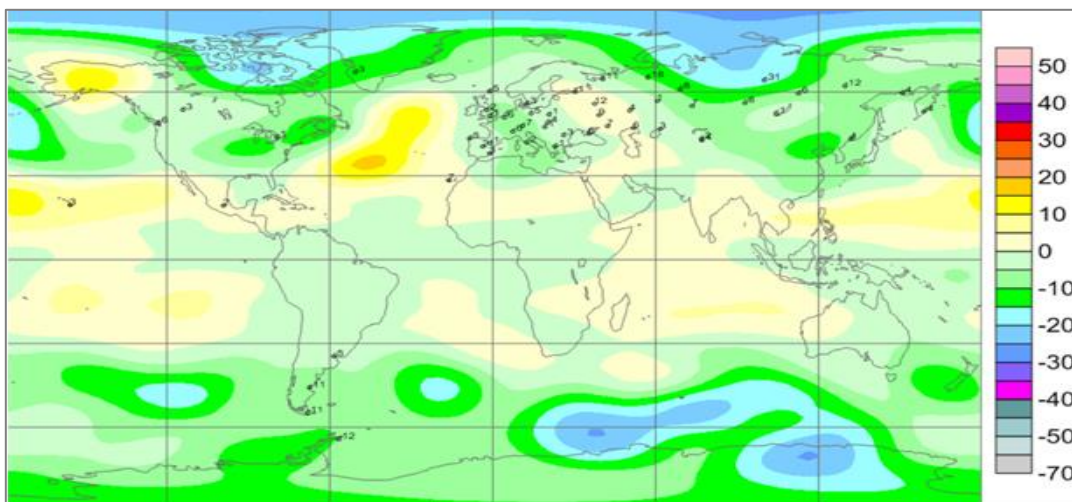
En cuanto a la desviación media del mes de enero, para el caso de Perú, los valores de ozono registraron anomalías negativas (-5%), debido a procesos de circulación de la atmósfera.

En latitudes medias y altas del hemisferio sur, también se encontraron desviaciones negativas del orden de -30%, debido en el caso de la región antártica, a la desaparición del vórtice polar que está permitiendo en forma paulatina la mezcla de masas de aire rico en ozono entre estas dos latitudes.

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 enero 2022



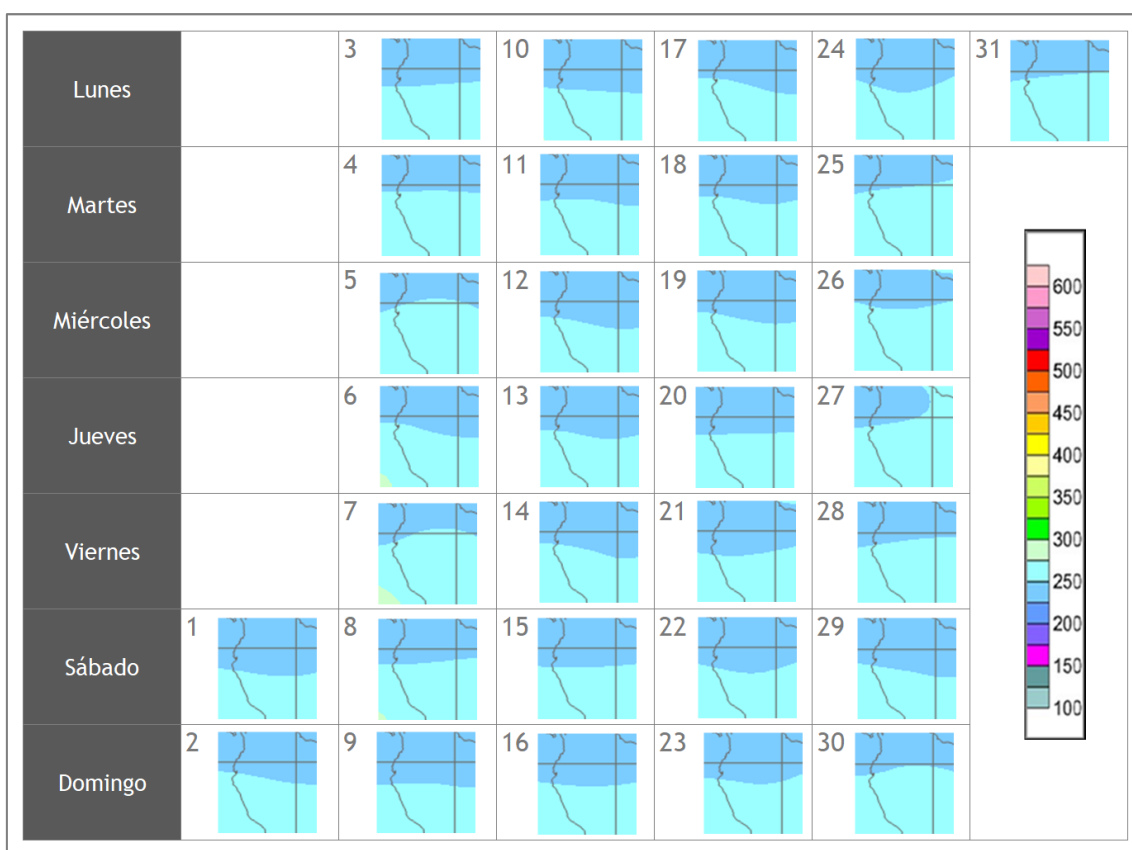
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

\*\*\*\*\*

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. En todo el mes (100%), las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD en la región norte del país (Piura y Tumbes mayormente), mientras que en el resto de las regiones los valores de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD. Durante los días 06, 12, 14, 17, 24 y 29 se observaron algunas intrusiones con baja concentración de ozono hacia nuestro país por el lado oriental, con valores entre 225 UD y 250 UD. La tendencia diaria del ozono a lo largo del mes de febrero es 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 enero 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.

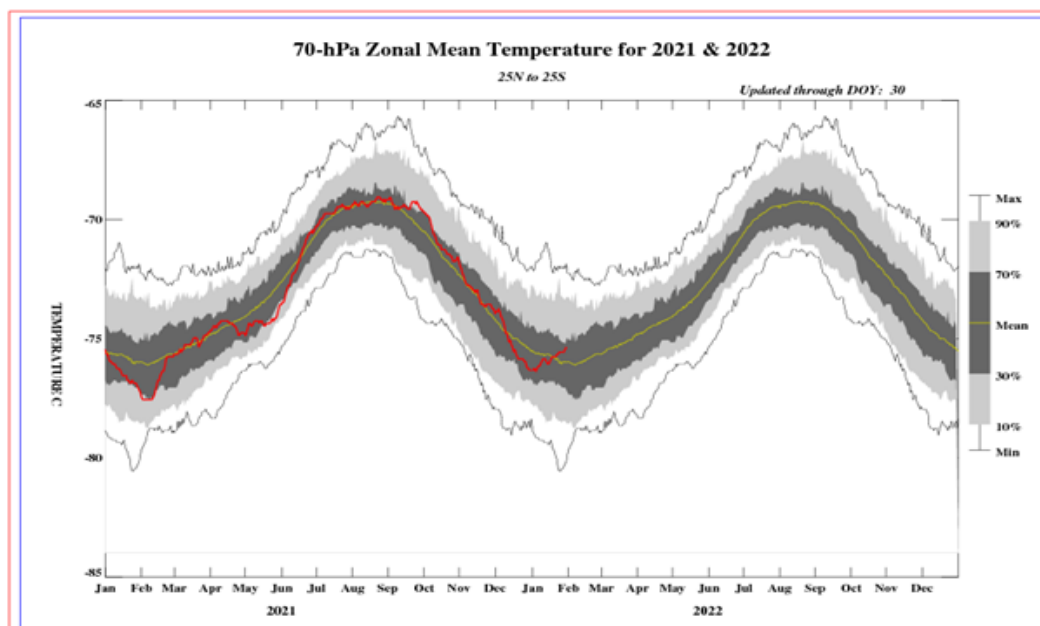
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2021 hasta el mes de enero 2022, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento al aumento con respecto al mes pasado, en un primer momento acercándose a su valor normal climático (línea de color amarillo) y en un segundo momento, alejándose de la misma, esto debido a que atmósfera fue ligeramente más cálida con respecto al mes pasado.

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. 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, valga la redundancia, físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -76.0°C, menor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -75.5°C. Como se observa, este ligero calentamiento de la masa de aire debería guardar relación con un aumento o concentraciones de ozono parecidas a los medidos en superficie. 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 244.1 UD menor en 0.1 UD al mes anterior.

### FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de enero 2022



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

\*\*\*\*\*

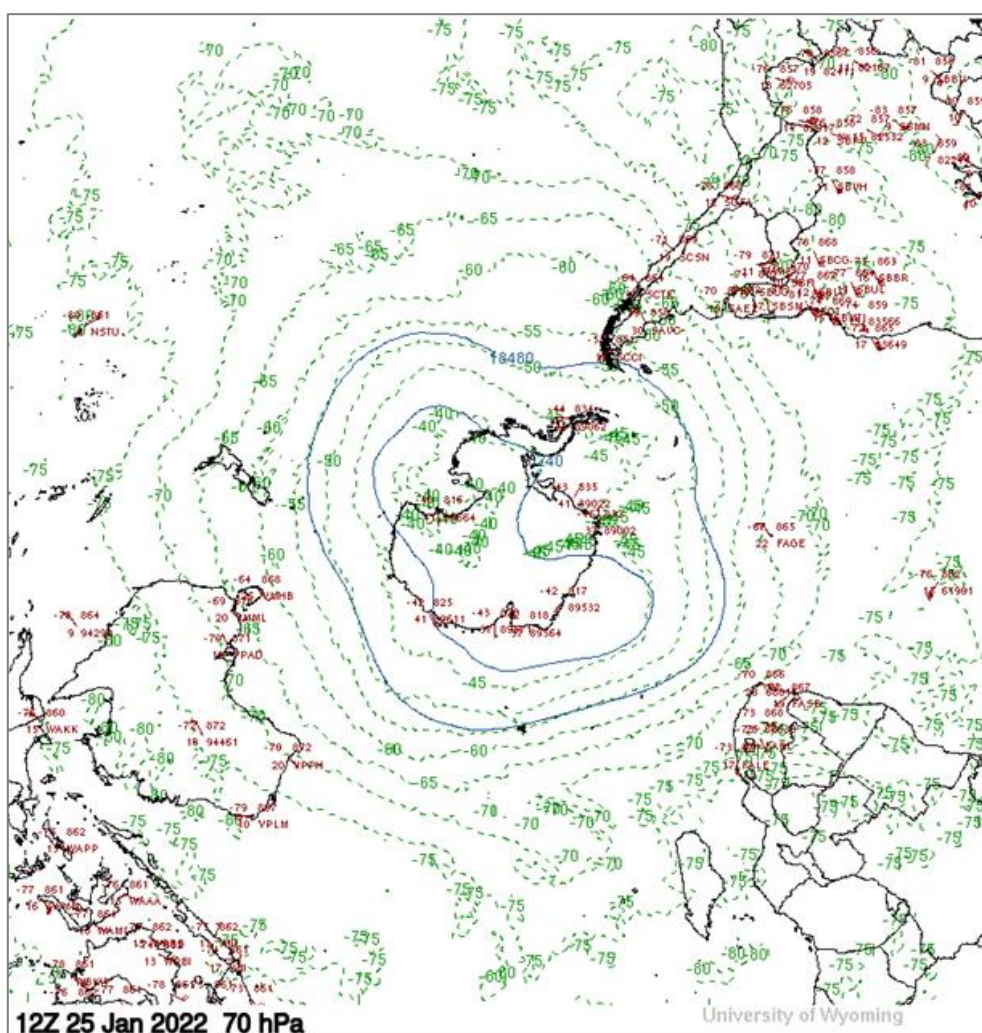
El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de enero, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de  $-40^{\circ}\text{C}$  (en gran parte del mes), lo cual nos indica la desaparición del vórtice polar.

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. En la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) han registrado valores menores al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han oscilado entre  $-75.0^{\circ}\text{C}$  y  $-76^{\circ}\text{C}$ , a pesar de ello se han registrado algunos aportes de ozono provenientes de otras latitudes por efecto de la circulación de masas de aire.

### FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (25 enero 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

\*\*\*\*\*

### III. CONCLUSIONES

1. El mes de enero se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) continúan disminuyendo en forma ligera con respecto al mes de diciembre. En el presente mes disminuyeron, pero solo en 0.1 UD con respecto al mes pasado registrando un valor de 244.1 UD como valor promedio, debido mayormente a circulación de vientos del este.
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 239.9 UD a 248.0 UD, notándose una ligera disminución de los valores con el tiempo. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son menores al mes pasado debido principalmente a factores de circulación atmosférica (menores aportes de ozono) a pesar de que las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera aumentaron.
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 enero, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 50 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 25 UD y 15 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 2 UD a 8 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 y durante todo el mes (específicamente en los departamentos de Tumbes y Piura), lo cual, en cierta manera, guarda relación con la tendencia climática. En el resto del país más bien los valores son relativamente altos (entre 250 UD y 275 UD). A lo largo del mes se registraron algunos días con 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 enero, los valores se caracterizaron por un acercamiento en un primer momento y alejamiento en un segundo momento, con respecto a su normal climática, pero con una ligera tendencia al alza, a pesar de ello las concentraciones de ozono disminuyeron, atribuyéndose esto al poco aporte de ozono de otras latitudes hacia nuestro país.

\*\*\*\*\*



7. Debido al establecimiento de sistemas atmosféricos propios de la estación astronómica de verano en el hemisferio austral, durante este mes, los niveles de radiación solar han continuado incrementándose en forma paulatina, trayendo como consecuencia que los procesos físico-químicos en la estratósfera sean cada vez más dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad espacial y temporal en las concentraciones del ozono atmosférico.
8. La región Antártica presentó condiciones térmicas cada vez más cálidas lo cual permitió que el vórtice polar desaparezca, para dar paso a mayores ingresos de ozono provenientes de latitudes medias. Este proceso de mezcla continuará en los siguientes meses hasta la culminación del verano e inicio del otoño.
9. 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 marzo 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)