

OCTUBRE 2020  
Vol.10

BOLETÍN MENSUAL  
VIGILANCIA DEL  
OZONO  
ATMOSFÉRICO EN LA  
ESTACIÓN VAG  
MARCAPOMACOCHA



# Introducción

A la fecha la disminución de la concentración de ozono en la región antártica o “Agujero de la capa de ozono” ha alcanzado su máximo tamaño anual, según científicos del centro europeo. La extensión del agujero de ozono ha alcanzado los 23 millones de kilómetros cuadrados en el presente año, el cual se convierte en uno de los agujeros de ozono más grande y profundo a lo largo de la historia.

Este agujero de ozono se forma cuando los primeros rayos solares llegan a la región antártica y éstas reaccionan con los compuestos que destruyen o agotan la capa de ozono, los cuales han sido emitidos por el hombre durante años y donde por efectos de la circulación general de la atmósfera son trasladados hacia capas altas de la misma.

Cuando las condiciones de temperatura son más bajas de lo normal entonces empiezan este tipo de reacciones permitiendo la disminución de las concentraciones de ozono.

En el presente año las temperaturas disminuyeron debido a la presencia en tiempo del vórtice polar bastante intenso sobre la región antártica.

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).

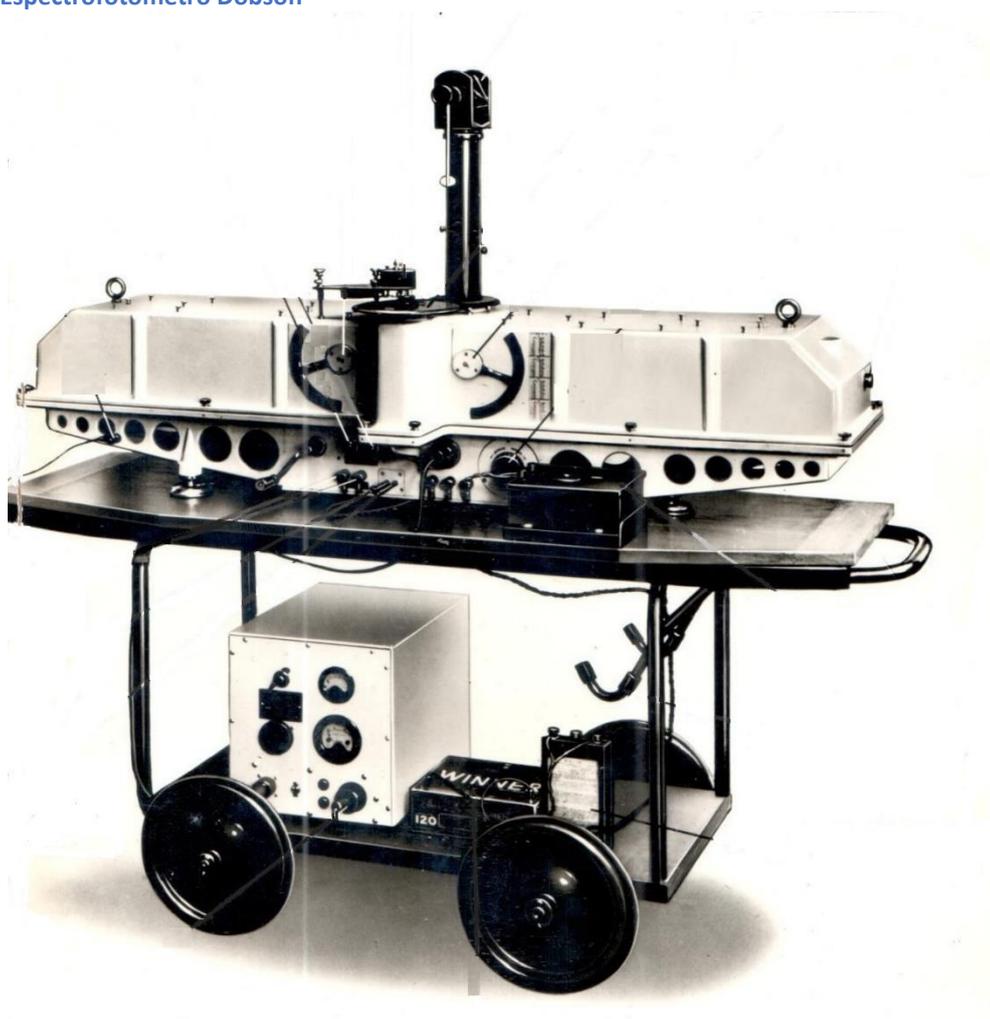
\*\*\*\*\*

# 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 octubre va presentando características térmicas cada vez mayores debido a condiciones de estacionalidad donde se van estableciendo condiciones propias de primavera en el hemisferio austral. Los sistemas atmosféricos que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país empiezan a desplazarse paulatinamente hacia el hemisferio sur. Climáticamente, en niveles altos de la troposfera, la Alta de Bolivia llega a formarse debido a las condiciones de circulación atmosférica por efecto del inicio de la temporada de lluvias. Asimismo, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Quasi Bienal (OQB) el cual se presenta en la región tropical ecuatorial con vientos zonales que duran entre 27 y 30 meses. Por otro lado, la concentración de vapor de agua empieza a aumentar en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en las reacciones fotoquímicas que se realizan induciendo adicionalmente, en los valores 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 venido observando (según el Modelo GFS) una continuidad de los flujos de viento zonales (de este a oeste), asimismo, flujos de aire meridionales provenientes del hemisferio norte (en realidad deberían de haber disminuido, pero en este mes se han mantenido), los cuales han tenido injerencia especialmente sobre nuestro país en gran parte del mes, trayendo como consecuencia que los valores de ozono se mantengan algo similares e incluso a veces mayores al mes anterior. Asimismo, han continuado presentándose sistemas anticiclónicos sobre el Océano Pacífico (al sur de nuestras costas), así como en continente, los cuales desviaron los flujos del norte hacia otras latitudes. (Figura 2)

Con el fin de reforzar lo descrito en el párrafo anterior se menciona que del monitoreo realizado en el mes de octubre 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 249.0 UD y 254.8 UD (UD = Unidades Dobson).

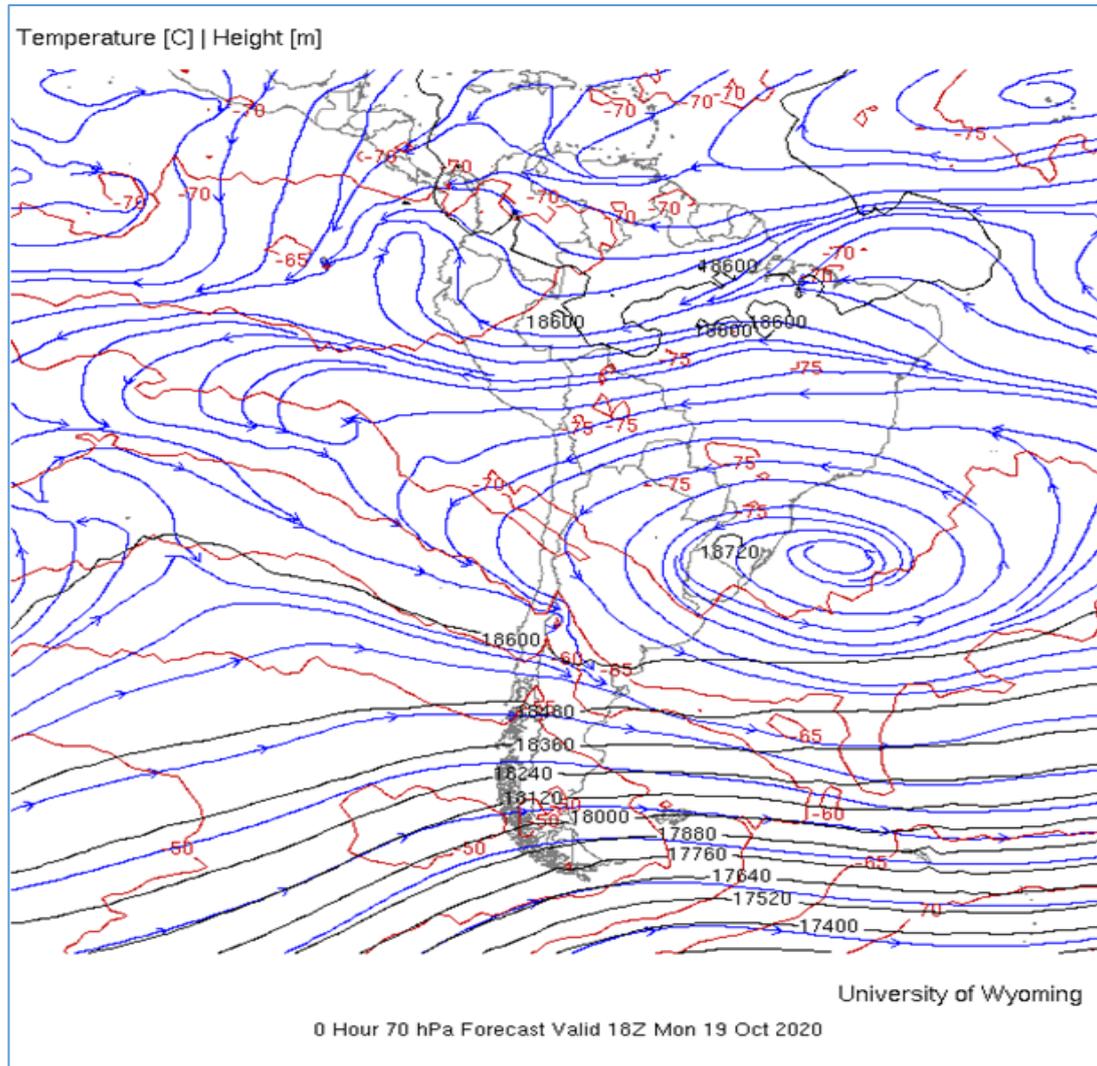
En las primeras horas del día las concentraciones de ozono son altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto en la mañana como en la tarde, pero 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 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, a medida que la intensidad de la radiación solar se incrementa dicha actividad es mayor. En el periodo analizado las reacciones fotoquímicas llegan a ser más acelerados debido a factores mayormente astronómicos.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°2**

Flujo de masas de aire provenientes con componente zonal. 19 de octubre 2020.



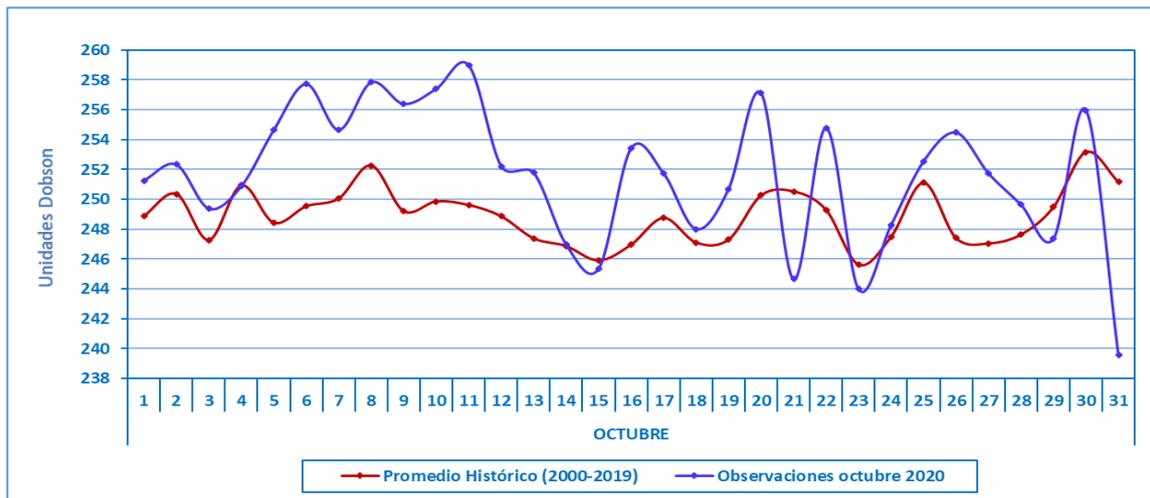
El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2019) del mes de octubre oscila entre 245.6 UD y 253.2 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de octubre del presente año, oscilaron entre 239.6 UD y 259.0 UD. En la figura se aprecia que, durante casi todo el mes, los valores registrados estuvieron por encima de sus valores climáticos, sustentando lo mencionado en un párrafo anterior donde las concentraciones de ozono han estado casi similares incluso algunos días, por encima de sus normales. Dichos valores registrados se sustentan por la continuidad de flujos de viento del hemisferio norte. Si bien es cierto que los valores del presente mes son ligeramente mayores al mes pasado, se debe observar que existe una gran variabilidad entre ellos

En líneas generales, se podría pensar que en niveles bajos y medios de la estratósfera se han mantenido con temperaturas algo similares al mes pasado.

\*\*\*\*\*

**FIGURA °3**

**Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Octubre 2020.**



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 244.7 UD y el otro, mucho mayor, en el mes de setiembre con un valor de 251.3 UD. 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 251.7 UD mayor en 2.4 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 este mes de octubre se ha notado, comparándolo con la climatología del ozono, un aumento ligero en las concentraciones de la misma, dando a entender que se han registrado flujos de viento en la estratósfera baja, provenientes mayormente del hemisferio norte, los cuales permitieron un aumento del ozono atmosférico (mayor aporte de concentraciones de ozono hacia nuestro país). Climáticamente las concentraciones de ozono en este mes deberían de haber disminuido, pero por procesos de circulación estos valores altos se han mantenido.

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 72% de días del mes de octubre 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 68% de días del mes, los valores de ozono registrados también estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, Figura 4.

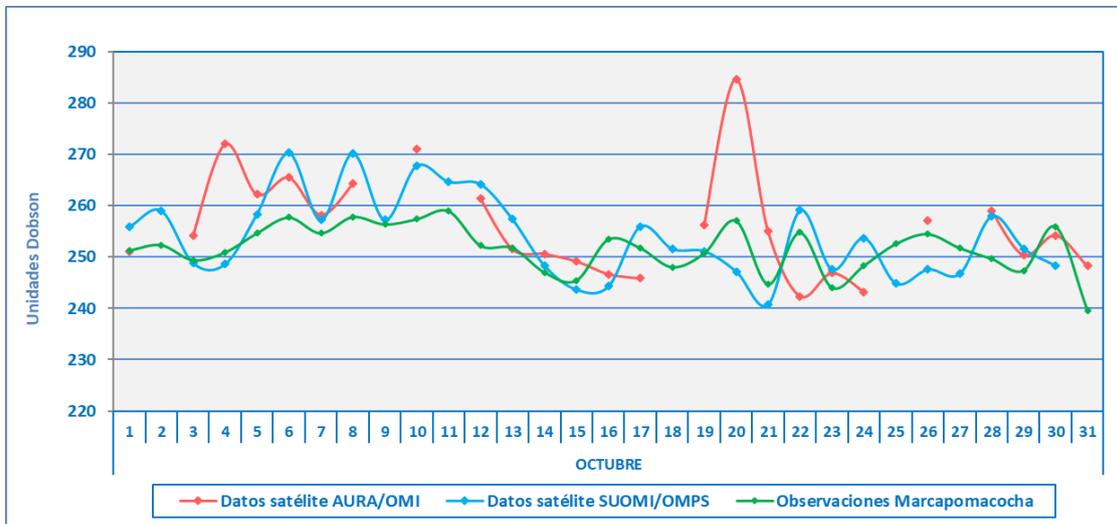
De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por los satélites y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 21 UD, mientras que, comparando sólo los dos satélites, ambos muestran una variabilidad en el mes, donde las diferencias han estado entre 1 UD y 37 UD.

\*\*\*\*\*

Cabe precisar que, en promedio, en este mes, un 70% de la información proveniente de los satélites ha venido mostrando valores mayores a lo registrado con el Espectrofotómetro Dobson, cuando desde hace un tiempo atrás, ambas registraban valores muy por debajo. La tendencia de las concentraciones de ozono de 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 setiembre 2020.**



**Perfil Vertical de Ozono Atmosférico**

En la figura 5 se muestra el perfil vertical de ozono atmosférico promedio del mes de octubre de la estación VAG Marcapomacocha obtenido del satélite SUOMI donde se muestra que las mayores concentraciones de ozono se dan en la estratósfera con un poco más del 90% del ozono total en la atmósfera.

A nivel de tropósfera las concentraciones de ozono son demasiado bajas alrededor de casi el 10% del ozono total. En los primeros niveles, al igual que el mes pasado, desde superficie hasta los 639.3 hPa, se observó un incremento en las concentraciones de ozono mayormente por los efectos residuales de los días anteriores. Por encima de ese nivel hasta los 254.5 hPa, las concentraciones disminuyeron para luego de ahí aumentar hasta los 25.5 hPa (en promedio valores de 50 UD), para luego, en capas mayores (altas), presentar una disminución vertiginosa.

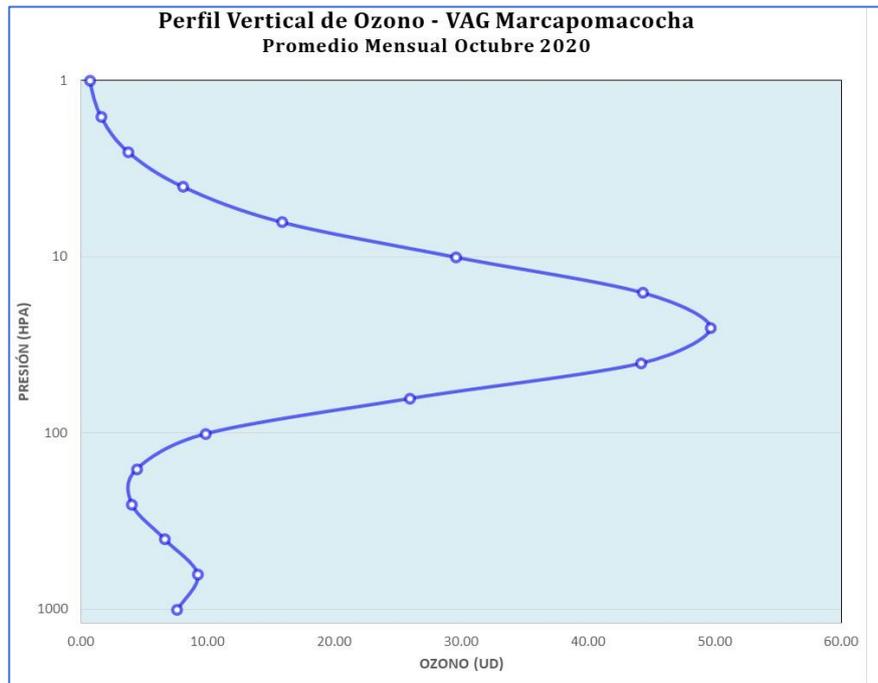
En la misma figura se puede notar que la altura en donde se encuentra la máxima concentración de ozono se da cercano a los 32 km de altura, entre la baja y media estratósfera.

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.

\*\*\*\*\*

FIGURA N°5

Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha



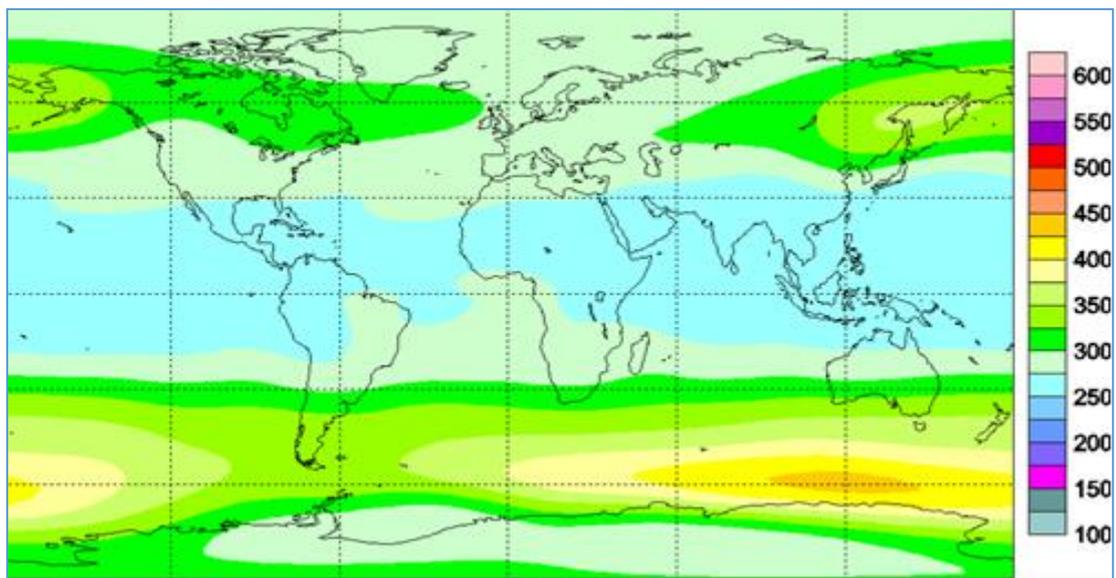
En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

- En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de octubre, mostrando concentraciones altas (pero menores al mes pasado) en el corredor de la región tropical, entre las latitudes 30°N – 20°S aproximadamente, con valores que oscilan entre 275 UD a 300 UD. Ahora bien, dentro de este corredor hay otro de menor área (entre lado oriental de América del Sur y occidental de África) entre 20°S - 01°N con valores de ozono que oscilan entre 275 UD a 300 UD. Asimismo en ambos hemisferios por encima de los 30° las concentraciones se incrementan ostensiblemente hasta aproximadamente los 65° (latitudes medias). En latitudes más altas, específicamente en la región Antártica, el ozono atmosférico disminuye por efecto de sistemas atmosféricos como el vórtice polar. En el caso de América del Sur, se observa en la región central y norte de la misma, concentraciones de ozono que oscilan entre 250 UD a 275 UD mayormente, mientras que, en la región sur, las concentraciones son mayores y oscilan entre 275 UD y 350 UD.

\*\*\*\*\*

## FIGURA N°6

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



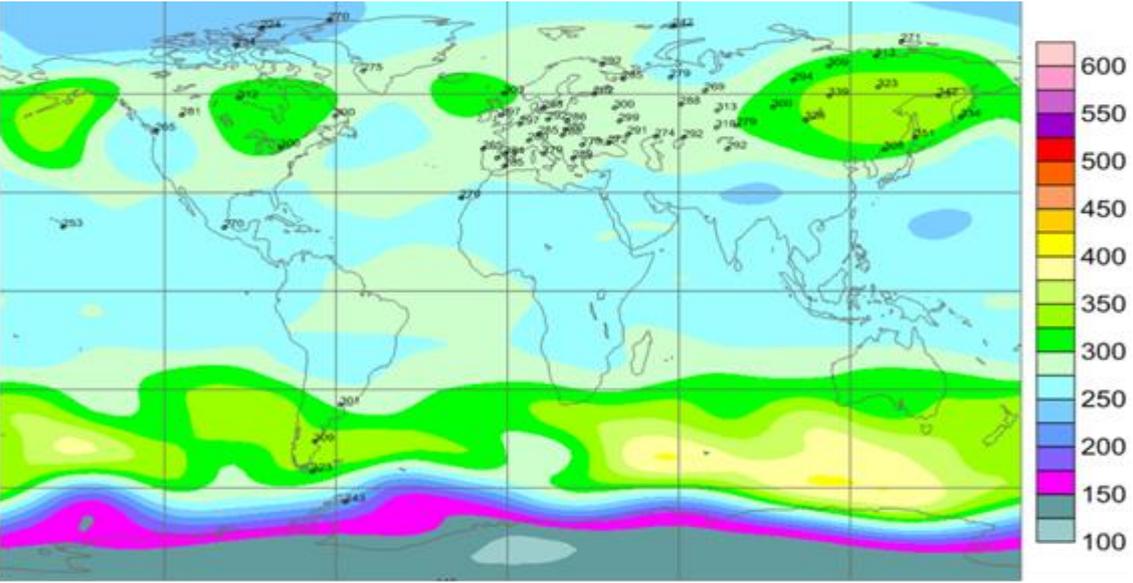
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

- En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de octubre del presente año y en ella se observan características parecidas al mapa climático. En lo que concierne a América del Sur, se observa que las concentraciones de ozono oscilan entre 250 UD a 350 UD en gran parte del mismo. En el corredor 30°S y 30°N, se ha ampliado las regiones con valores de ozono mayores. En el continente Antártico se observan concentraciones de ozono bastante bajas, entre 125 UD y 175 UD, debido aún, a la presencia del vórtice polar, aunado a otros procesos físico-químicos en la atmósfera.
- En latitudes medias del hemisferio sur se observan concentraciones de ozono mayores a los de latitudes bajas y altas, debido a procesos de subsidencia de masas de aire ricos en ozono provenientes del cinturón tropical (Circulación Brewer-Dobson). Las concentraciones de ozono están en el orden de los 300 UD a 400 UD. Se ha observado que el área que abarca las bajas concentraciones de ozono en la Antártida, es uno de los más grandes de los últimos años y aún se mantiene.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°7**

**Mapa de ozono total atmosférico para el mes de octubre 2020**

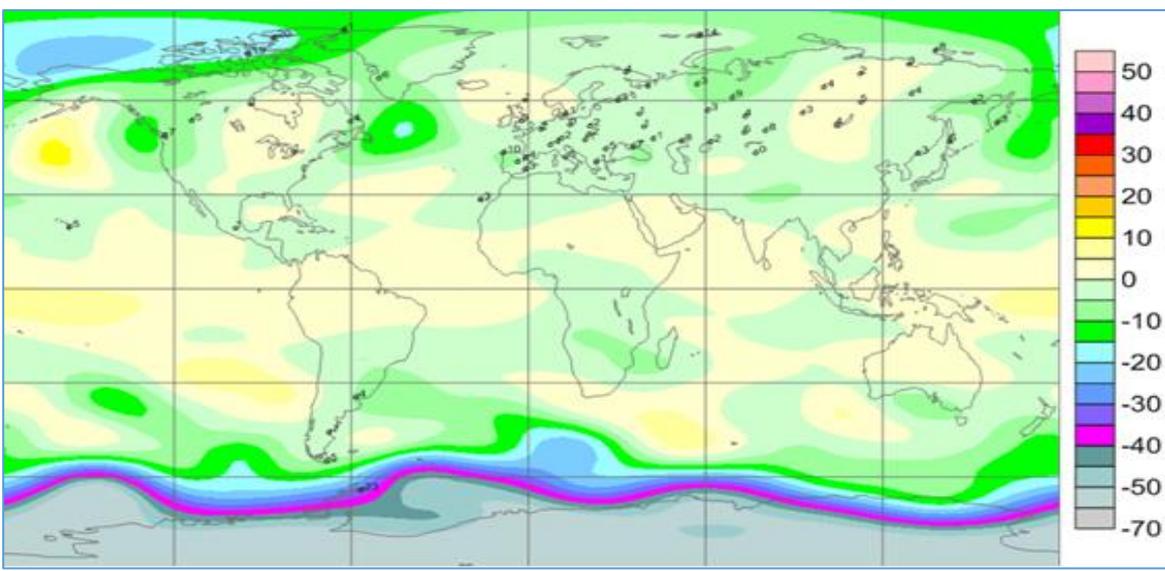


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

En cuanto a la desviación media del mes de octubre, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por encima de sus valores normales con una desviación de +5%. En latitudes medias las desviaciones son bastante variables con valores de  $\pm 10\%$ , mientras que en latitudes altas las desviaciones negativas son mucho mayores (valores de ozono muy por debajo de sus valores normales). En latitudes altas del hemisferio norte las anomalías también fueron negativas entre 0-25%. Figura 8.

**FIGURA N°8**

**Desviación media (%) del ozono total atmosférico para el mes de octubre 2020**



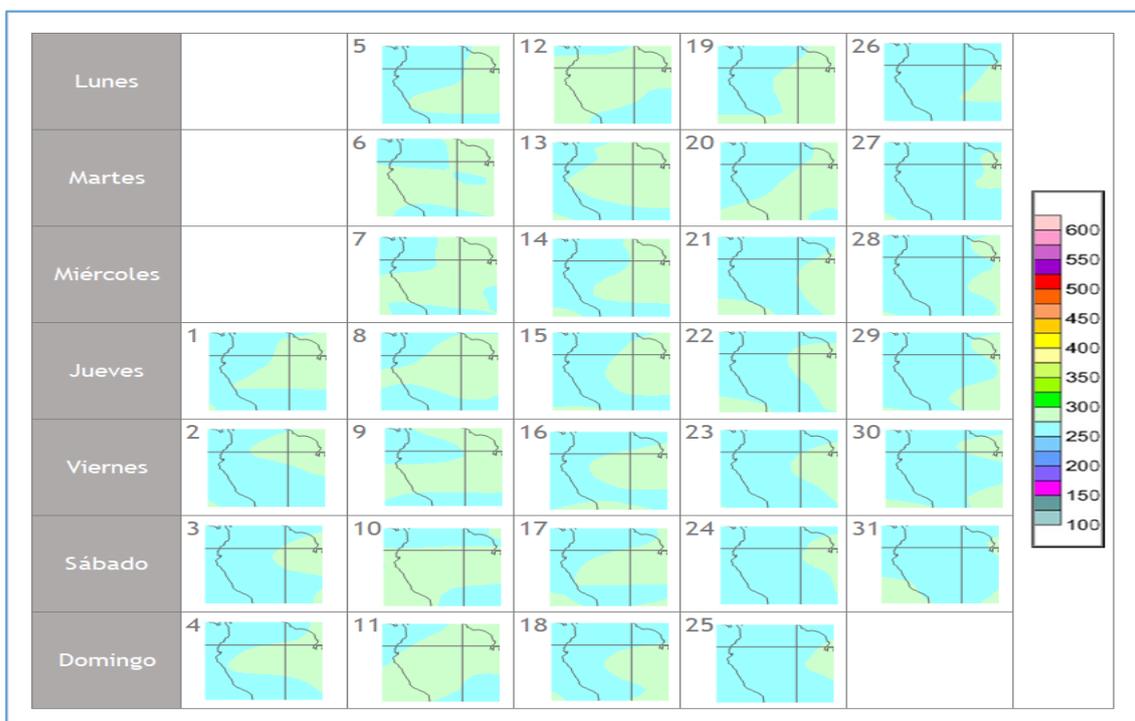
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

\*\*\*\*\*

- 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 registrados llegaron a ser muy altos en gran parte del país. Durante un poco más del 50% de días del mes los valores estuvieron entre 275 UD a 300 UD, cuando en realidad los valores tuvieron que haber disminuido.

**FIGURA N°9**

**Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de octubre 2020.**



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 2019 hasta el mes de octubre 2020, 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 roja) tuvo un considerable acercamiento a su valor normal (línea de color amarillo), probablemente

\*\*\*\*\*

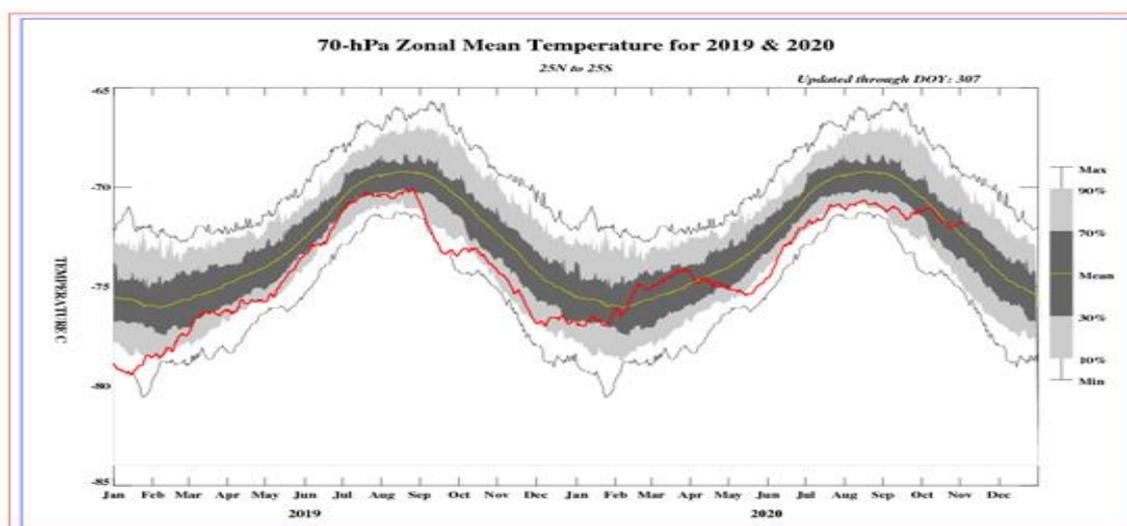
a algunos de los procesos de circulación atmosférica trasladando más ozono en esas capas.

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. 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 físicas y químicas. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de  $-72.0^{\circ}\text{C}$ , mayor en valor numérico al mes pasado.

La temperatura calculada en este mes, fue de  $-71.8^{\circ}\text{C}$ . Como se observa, este ligero aumento de la temperatura guarda relación con el incremento aún de las concentraciones de ozono medidos en superficie. Debe recordarse que, durante el año, el mes de setiembre registra las concentraciones más altas de ozono en nuestro país, pero resulta que en octubre se registraron ligeros aumentos.

### FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de octubre 2020



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 octubre, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de  $-85^{\circ}\text{C}$ , confirmando aún la persistencia del sistema atmosférico denominado Vórtice Polar que no permite el intercambio de masas de aire entre el interior y exterior del mismo, con la consecuente disminución de la temperatura del aire al interior de la misma así como la disminución de las concentraciones de ozono. Asimismo, se observa que el área de acción se mantiene algo similar al mes pasado notándose todavía concentraciones bajas de ozono en el sur de Argentina y Chile.

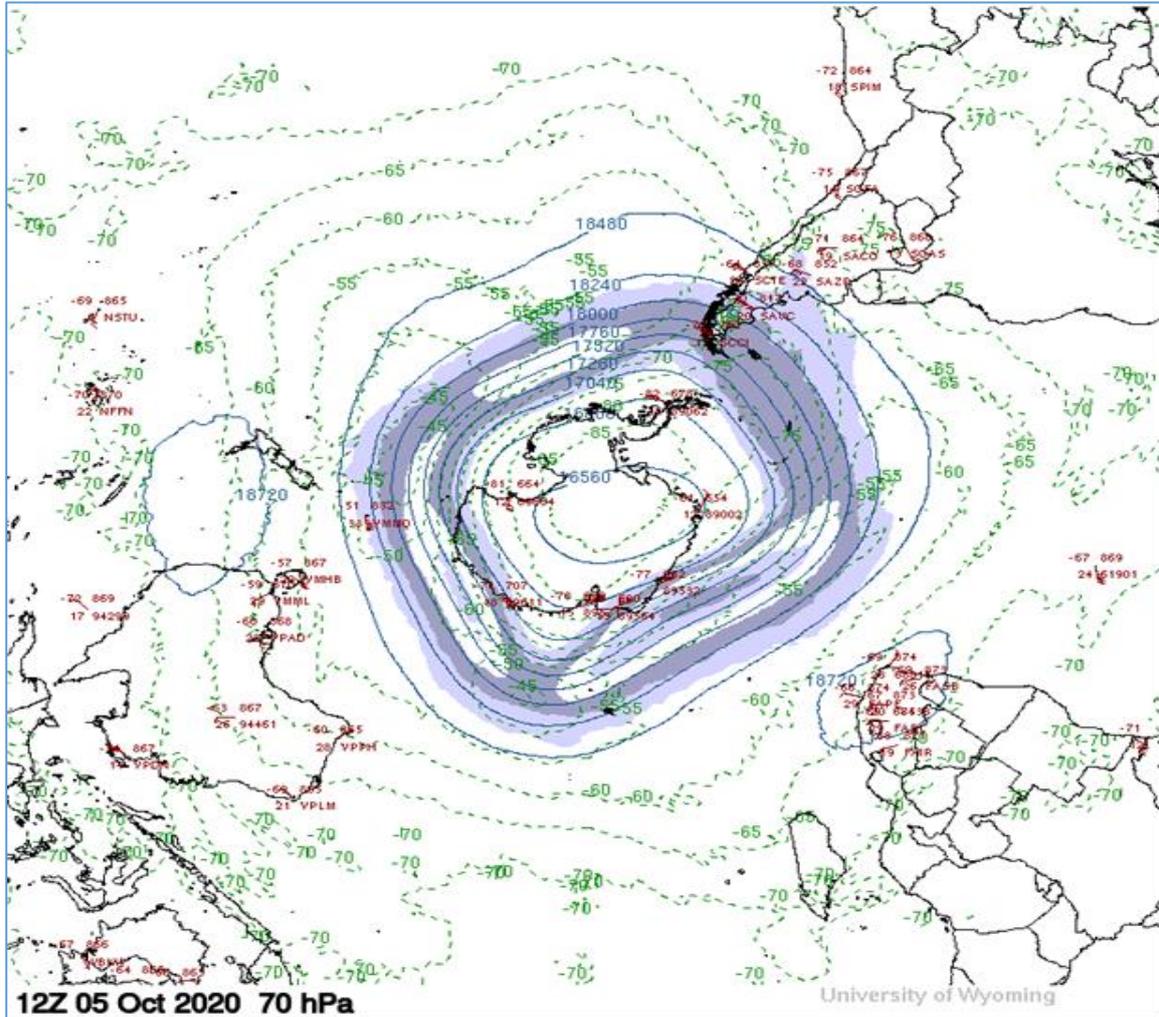
Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. En la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes han registrado valores algo similares al mes pasado.

\*\*\*\*\*

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado mayormente valores de  $-72.0^{\circ}\text{C}$ , numéricamente mayor al mes anterior, pero en lo concerniente a procesos físicos, aún todavía cálido, dando respuesta a un aumento en las concentraciones de ozono encontradas en superficie durante el mes.

**FIGURA N°11**

**Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (05 octubre 2020)**



Fuente: Universidad de Wyoming

\*\*\*\*\*

### III. CONCLUSIONES

1. El mes de octubre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) disminuyen con respecto al mes de setiembre. En el presente 2020 según información proveniente del satélite AURA el valor promedio del mes fue de 256.0 UD, mientras que el registrado por el satélite SUOMI fue de 253.7 UD. En conclusión, comparando estos valores con el registrado por el Espectrofotómetro Dobson, se notó que están por encima entre 4.0 UD a 4.5 UD aproximadamente. Los medidos en superficie también fueron mayores al mes pasado debido a que según el modelo GFS, se han tenido aún, flujos de aire provenientes del noreste provenientes 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 239.6 UD a 259.0 UD, notándose un ligero 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 los cuales, han transportado mayores cantidades de ozono hacia nuestro país. Otro factor atribuido a ese aumento es el térmico, donde las temperaturas al nivel de baja estratósfera se han mantenido casi similares al mes pasado.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en la estación VAG Marcapomacocha, según información obtenida por el satélite SUOMI, durante el mes de octubre, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente a los 32 km de altura entre la baja y media estratósfera. La altura de la máxima concentración de ozono sigue relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en la media estratósfera, así como a las variaciones termales.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente, un incremento del ozono desde la superficie hasta los 639.3 hPa, debido a los efectos residuales de los días anteriores, así como también a efectos de circulación en la tropósfera baja y al aumento paulatino de la actividad fotoquímica, debido al incremento en la intensidad de la radiación solar.
5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de octubre (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), para el caso de nuestro país, muestran altas concentraciones, que oscilan entre 275 UD a 300 UD durante mas del 50% de días del mes. Los valores altos de ozono se dieron por efecto aún del ingreso de masas de aire ricos en ozono provenientes del hemisferio norte, en la dirección noreste, así como a procesos fotoquímicos.
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de octubre, los valores tuvieron un mayor acercamiento a su normal climática, entendiéndose todavía que la atmósfera en ese nivel se mantiene relativamente cálida, el cual trae como consecuencia la persistencia de valores altos en la concentración de ozono atmosférico. 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  $-72.0^{\circ}\text{C}$ , pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de  $-71.8^{\circ}\text{C}$ .

7. Debido el paulatino establecimiento de la estación de primavera en el hemisferio austral, los niveles de radiación solar aumentaron en forma general, trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos, en la estratósfera sean mayores, el cual también ayuda para el aumento 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 diciembre de 2020**



**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)