SETIEMBRE 2020
Vol.09

BOLETÍN MENSUAL VIGILANCIA DEL OZONO ATMOSFÉRICO EN LA ESTACIÓN VAG MARCAPOMACOCHA

Senamhi
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ

PERÚ Ministerio del Ambiente

Introducción

Todos los años en estos meses se forma un sistema meteorológico denominado Vórtice Polar en la región Antártica, el cual permite registrar valores de ozono bastante bajos comparados a otros meses donde no se forma. Este Vórtice no permite el intercambio de masas de aire del exterior rico en ozono con su interior, aunados también por otros procesos físico-químicos. Asimismo, su radio de acción es bastante variable en el tiempo.

Varios científicos han asegurado que el famoso agujero de ozono sobre la Antártida en el presente año 2020 ha alcanzado su máxima extensión, el cual es considerado por el momento como el más grande y profundo de los últimos años con un área que abarca unos 24 millones de kilómetros cuadrados aproximadamente.

Este agujero, se ha venido observando desde el mes de agosto y hasta ahora, fines de setiembre ha crecido más, considerado como el más grande de los últimos 15 años.

El vórtice polar (vientos en altura que circulan alrededor del polo) ha sido bastante intenso y variable, el cual ha favorecido una mayor formación de nubes estratosféricas polares, así como la liberación de compuestos de cloro y bromo. Estos procesos permiten que el agujero de ozono aumente y sea persistente, respecto a otros años.

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_2) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).

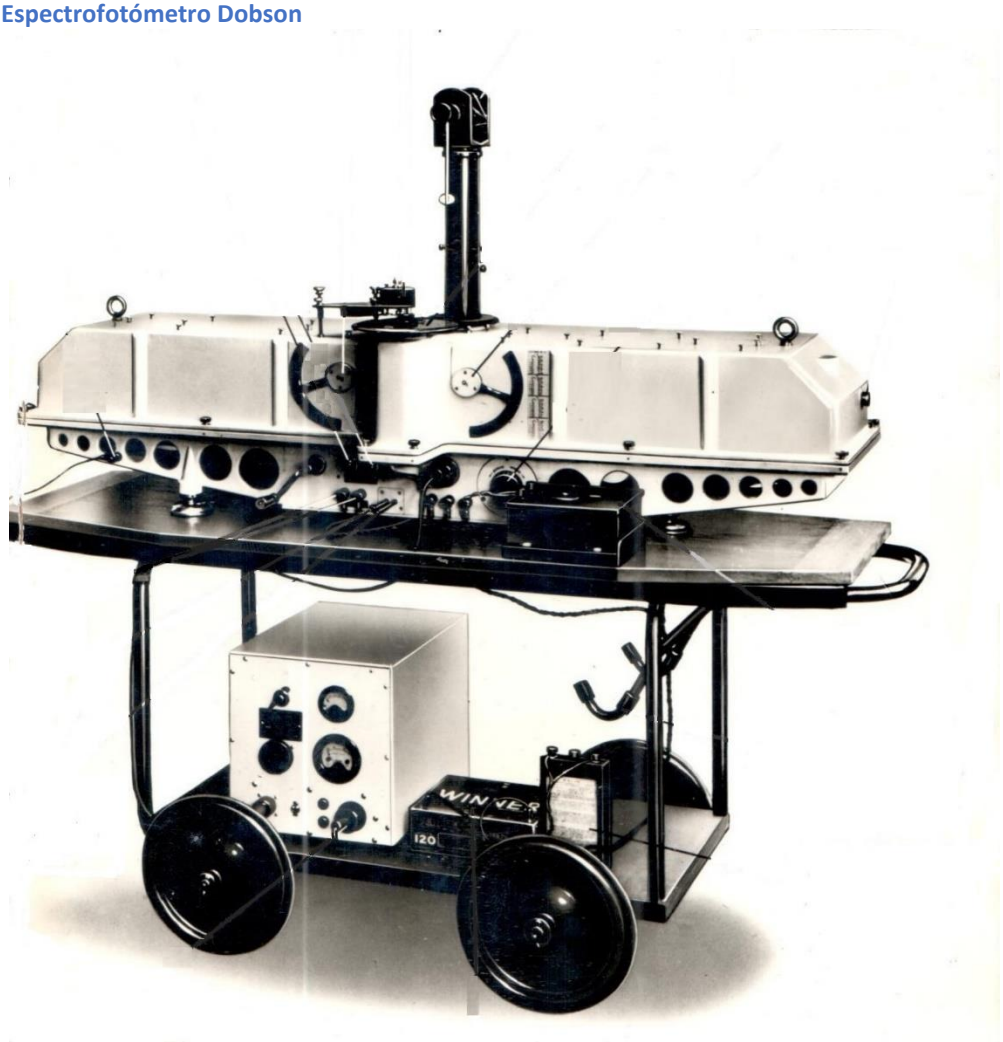
I. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFÉRICO

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 (1nm = 10^{-9} 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 setiembre va presentando características térmicas cada vez mayores debido a condiciones de estacionalidad donde se da inicio a la temporada de primavera en el hemisferio austral. Los sistemas atmosféricos que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país empiezan a desplazarse hacia el hemisferio sur. En niveles altos de la troposfera, la Alta de Bolivia poco a poco va tomando forma, 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 el cual llega 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 mayor predominancia de los flujos de viento zonales (de este a oeste), asimismo se han registrado algunos flujos de aire meridionales provenientes del hemisferio norte, los cuales han tenido injerencia especialmente sobre nuestro país en gran parte del mes, trayendo como consecuencia un incremento en las concentraciones de ozono. Asimismo, se han presentado sistemas anticiclónicos en el Océano Pacífico (frente y al sur de nuestras costas), los cuales desviaron los flujos del norte (aire rico en ozono) hacia otras latitudes. (Figura 2)

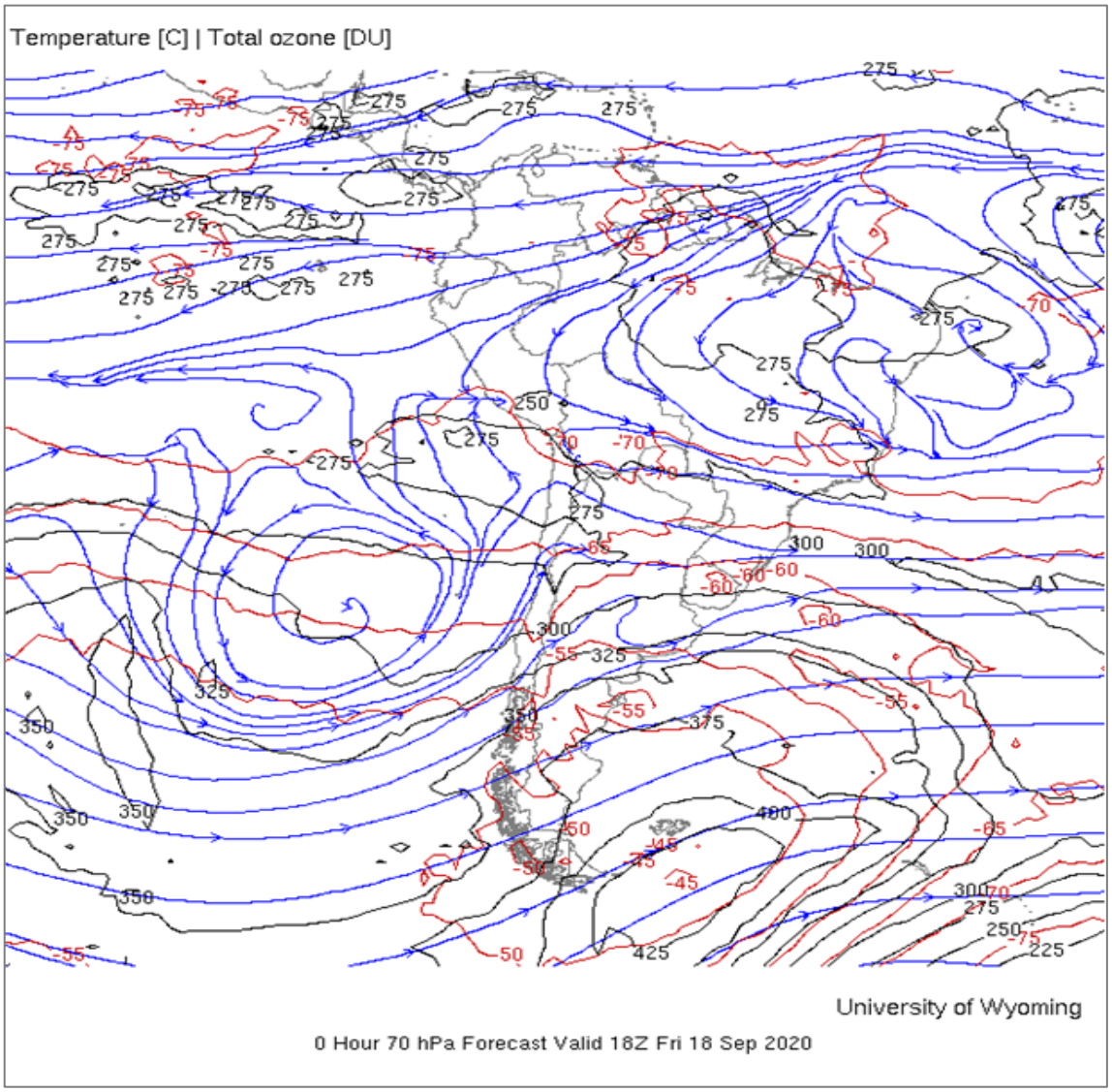
Con el fin de reforzar lo descrito en el párrafo anterior se menciona que del monitoreo realizado en el mes de setiembre en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 248.0 UD y 254.0 UD (UD = Unidades Dobson).

Cabe mencionar que 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 menos acelerados debido a factores mayormente astronómicos a pesar de tener días mayormente despejados en la región andina.

FIGURA N°2

Flujo de masas de aire provenientes con componente zonal. 18 de setiembre 2020.

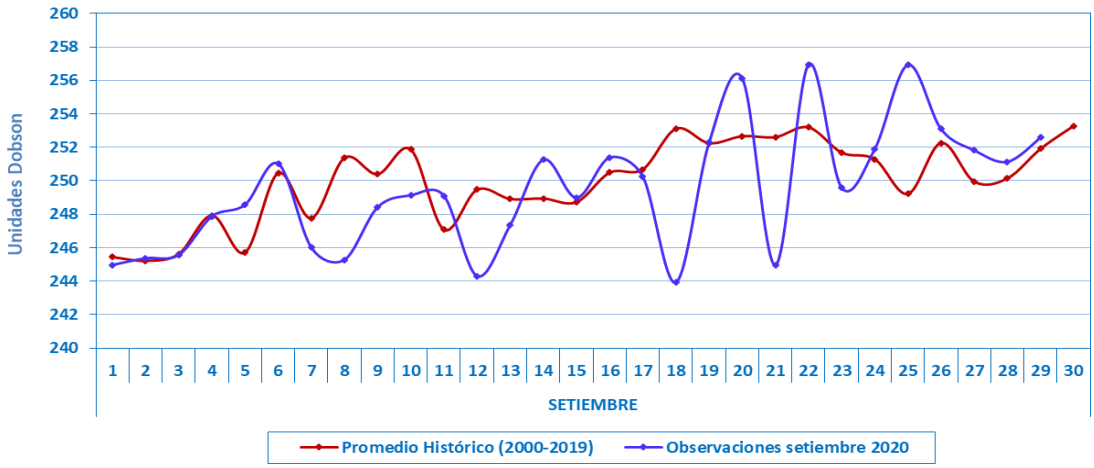


El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2019) del mes de setiembre oscila entre 245.2 UD y 253.2 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de setiembre del presente año, oscilaron entre 243.9 UD y 257.0 UD. En la figura se aprecia que durante los primeros 10 días del mes, existe un paralelismo entre el promedio diario multianual con respecto al registrado en el presente mes. A partir de la segunda década se pierde ese paralelismo para dar paso a una variabilidad entre ambas series. Durante casi el 50% de días del mes, los valores de ozono registrados en el presente año, han sido mayores al periodo multianual, mientras que, durante 11 días, los valores han sido menores al promedio. Se registraron 5 días con valores iguales en ambas series.

En líneas generales el comportamiento durante el mes entre ambas series, no fue tan pareja debido a la variabilidad en la circulación atmosférica.

FIGURA °3

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Setiembre 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 249.5 UD menor en 1.8 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 setiembre se ha notado, comparándolo con la climatología del ozono, un aumento en las concentraciones de la misma, dando a entender que se han registrado flujos de viento en la estratósfera baja, provenientes mayormente del este y noreste, los cuales permitieron un aumento del ozono atmosférico (mayor aporte de concentraciones de ozono hacia nuestro país).

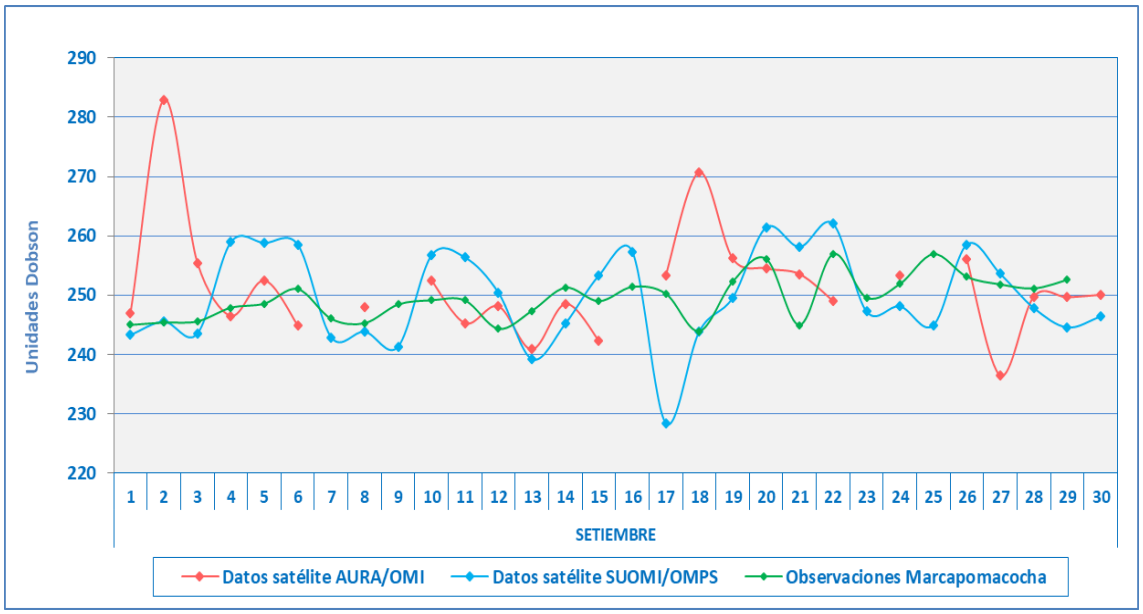
Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo registrado en superficie, se puede observar nuevamente un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 54% de días del mes de setiembre 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 48% 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 37.6 UD, mientras que, comparando sólo los dos satélites, ambos muestran una variabilidad en el mes, donde las diferencias han estado entre 1 UD y 37.5 UD.

Cabe precisar que en promedio, en este mes, un 51% 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 setiembre 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.

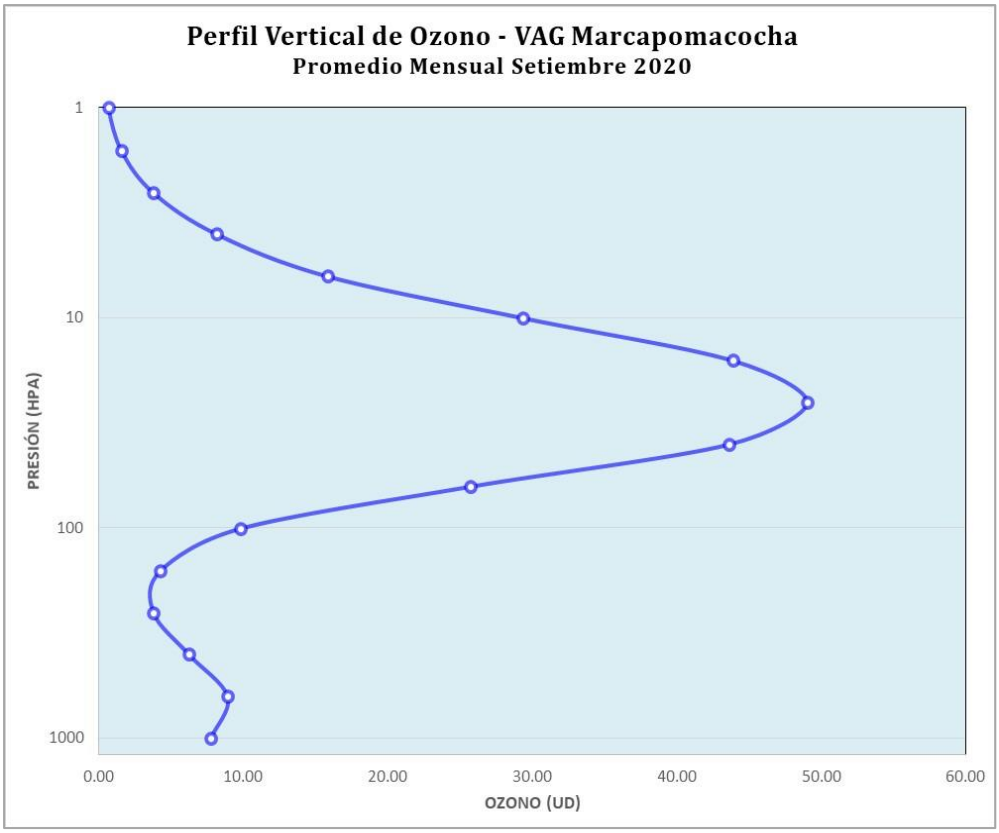
A nivel de tropósfera las concentraciones de ozono son demasiado bajas alrededor de casi el 10% del ozono total. En los primeros niveles, desde superficie hasta los 639.3 hPa, se observó un incremento en las concentraciones de ozono mayormente por los efectos residuales de los días anteriores. Por encima 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 48 UD a 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 33 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

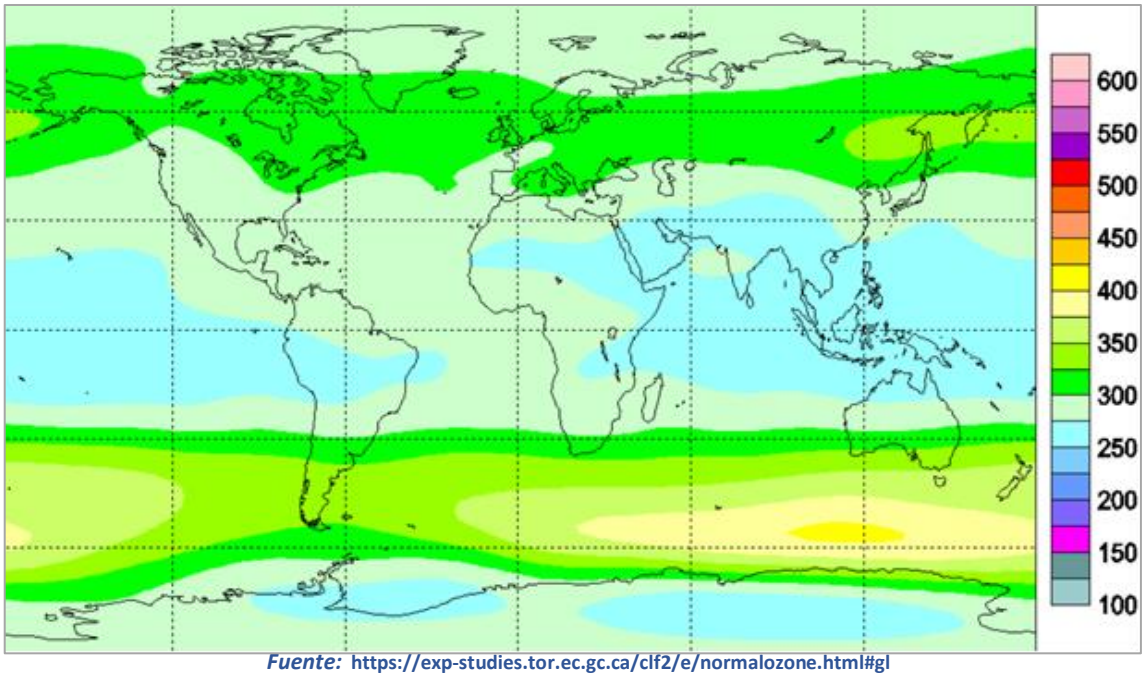


En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

- En la Figura. 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de setiembre, mostrando concentraciones altas en el corredor de la región tropical, entre las latitudes 40°N – 30°S aproximadamente, con valores que oscilan entre 275 UD a 300 UD. Dentro de este corredor hay otro de menor área entre 20°S - 20°N con valores de ozono que oscilan entre 250 UD a 275 UD. Asimismo en ambos hemisferios por encima de los 30° las concentraciones se incrementan ostensiblemente hasta aproximadamente los 60° (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 de la misma, concentraciones de ozono que oscilan entre 250 UD a 275 UD, mientras que, en las regiones norte y sur, las concentraciones son mayores y oscilan entre 275 UD y 300 UD.

FIGURA N°6

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



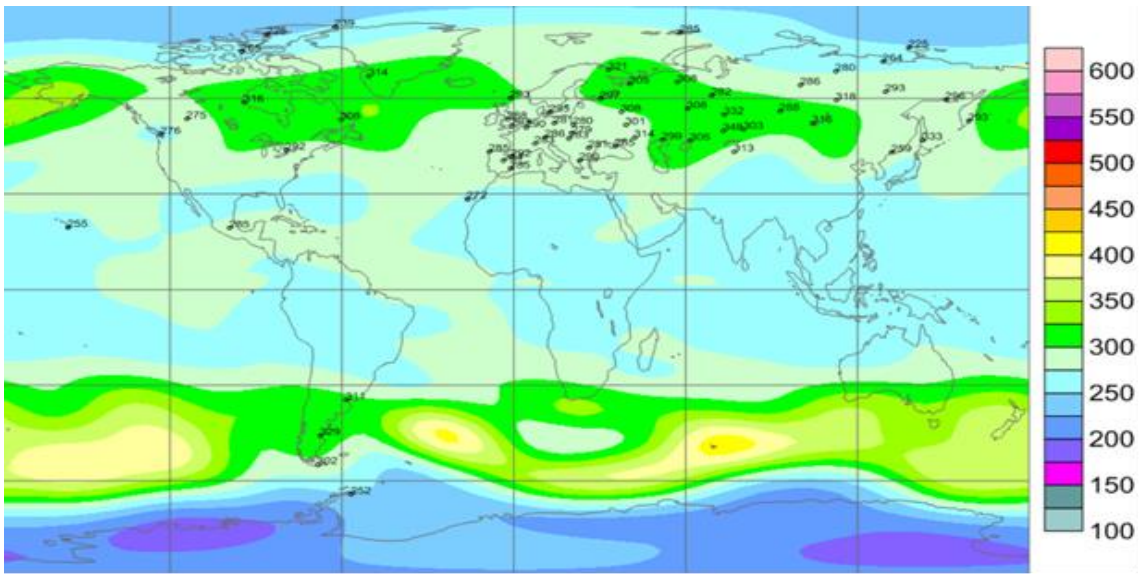
Fuente: **https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl**

- En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de setiembre 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 275 UD en gran parte del mismo, concentraciones relativamente menores al climático, especialmente en la región norte. En el corredor 30°S y 30°N, se ha ampliado las regiones con valores de ozono menores. En el continente Antártico se observan concentraciones de ozono bastante bajos, entre 175 UD y 200 UD, debido 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 la 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 400 UD a 425 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.

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de setiembre 2020

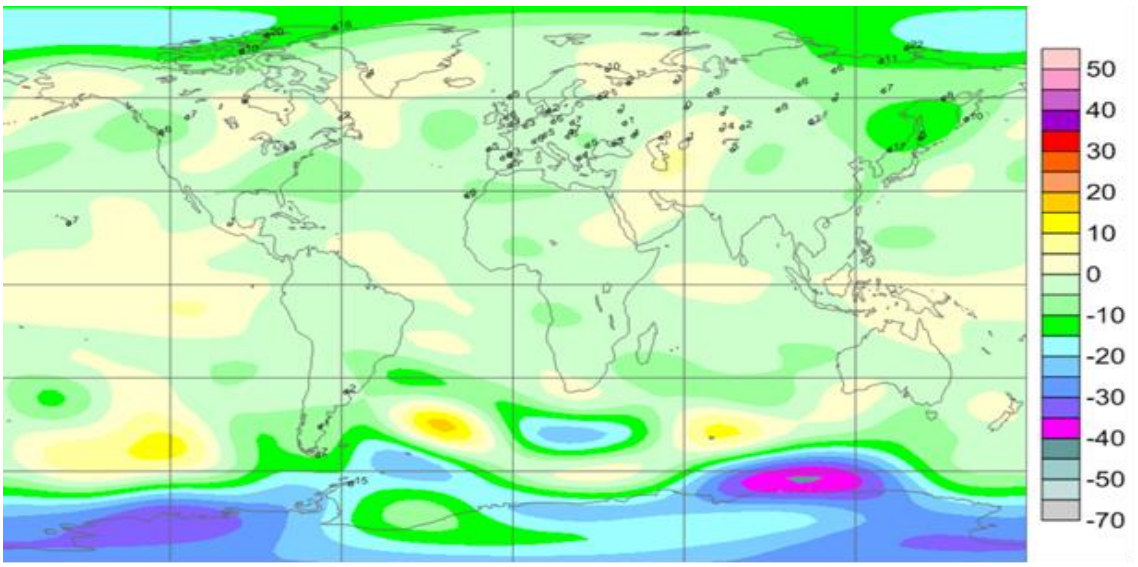


Fuente: https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl

En cuanto a la desviación media del mes de setiembre, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus valores normales con una desviación de -5%. En latitudes medias las desviaciones son bastante variables con valores de ±20%, 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 en el orden de -20%. Figura 8.

FIGURA N°8

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

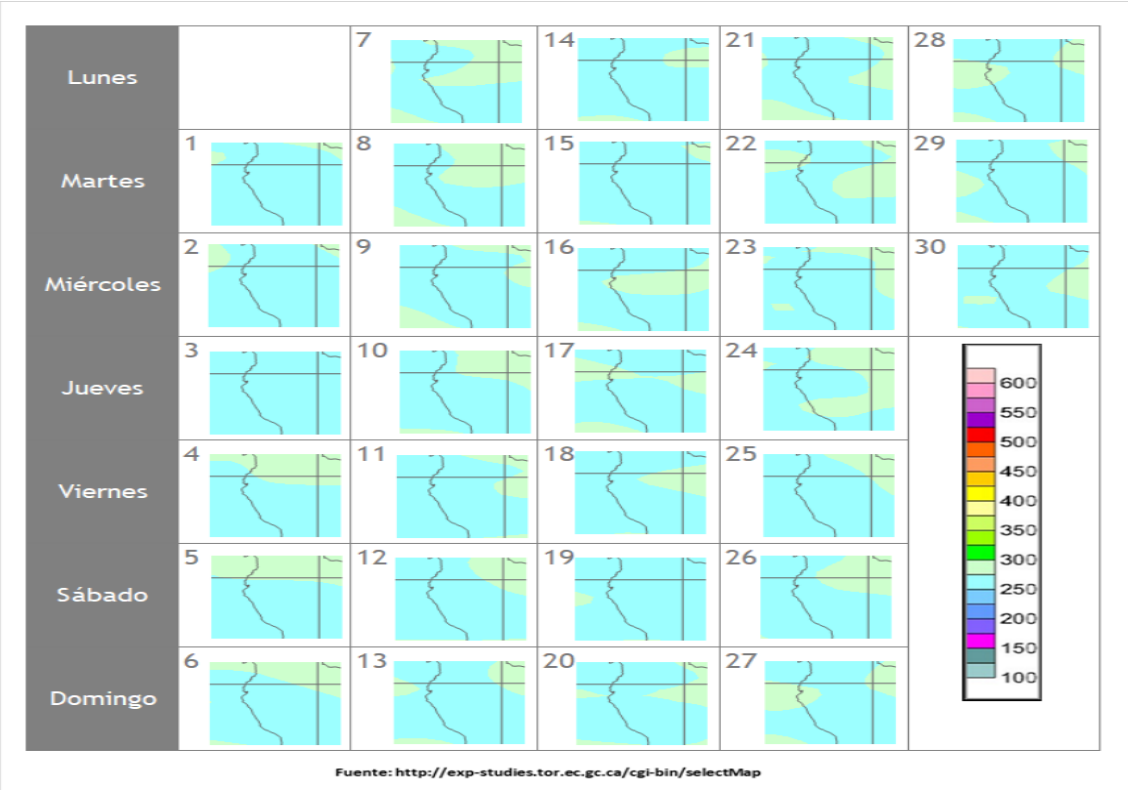


Fuente: https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl

- 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 registrados llegaron a ser altos en gran parte del país. Durante los primeros días del mes las concentraciones de ozono fueron bajas en el orden de 225 UD y 250 UD, especialmente en la región sur del país.

FIGURA N°9

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de setiembre 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.

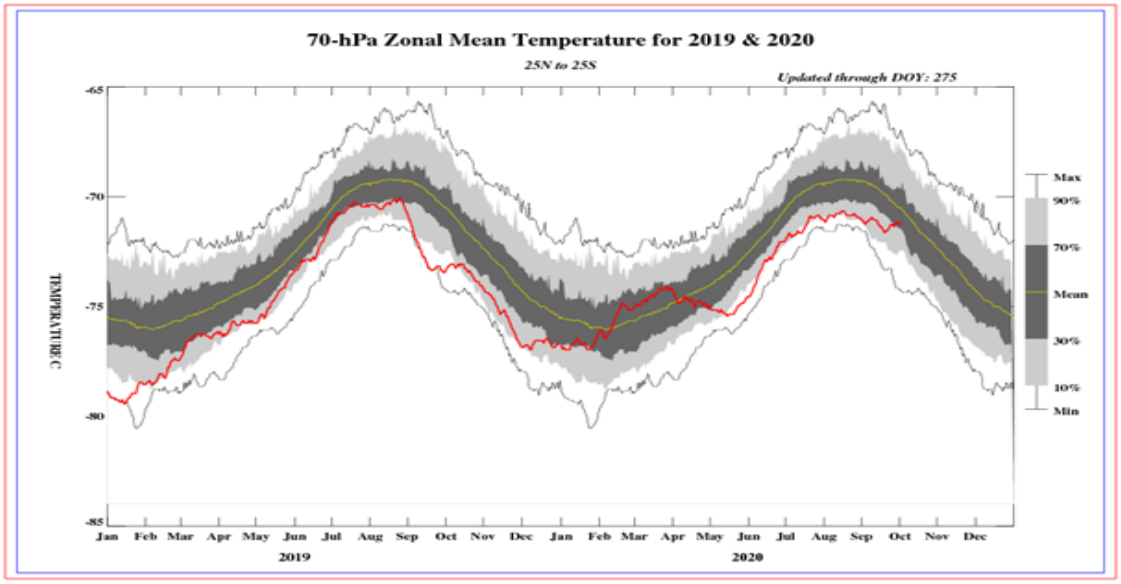
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2019 hasta el mes de setiembre 2020, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color roja) tuvo un considerable alejamiento a su valor normal (línea de color amarillo), salvo la última década donde tuvo un acercamiento, probablemente debido al inicio de la estación de primavera.

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 causales físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -70.0°C, menor en valor numérico al mes pasado, pero físicamente más cálido. La temperatura calculada en este mes, fue de –71.5°C. Como se observa, este aumento de la temperatura guarda relación con el incremento 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.

FIGURA N°10

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



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 setiembre, 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°C a -90°C, debido a 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 es mucho mayor en este mes comparado con años anteriores, notándose concentraciones bajas de ozono en el sur de Argentina y Chile.

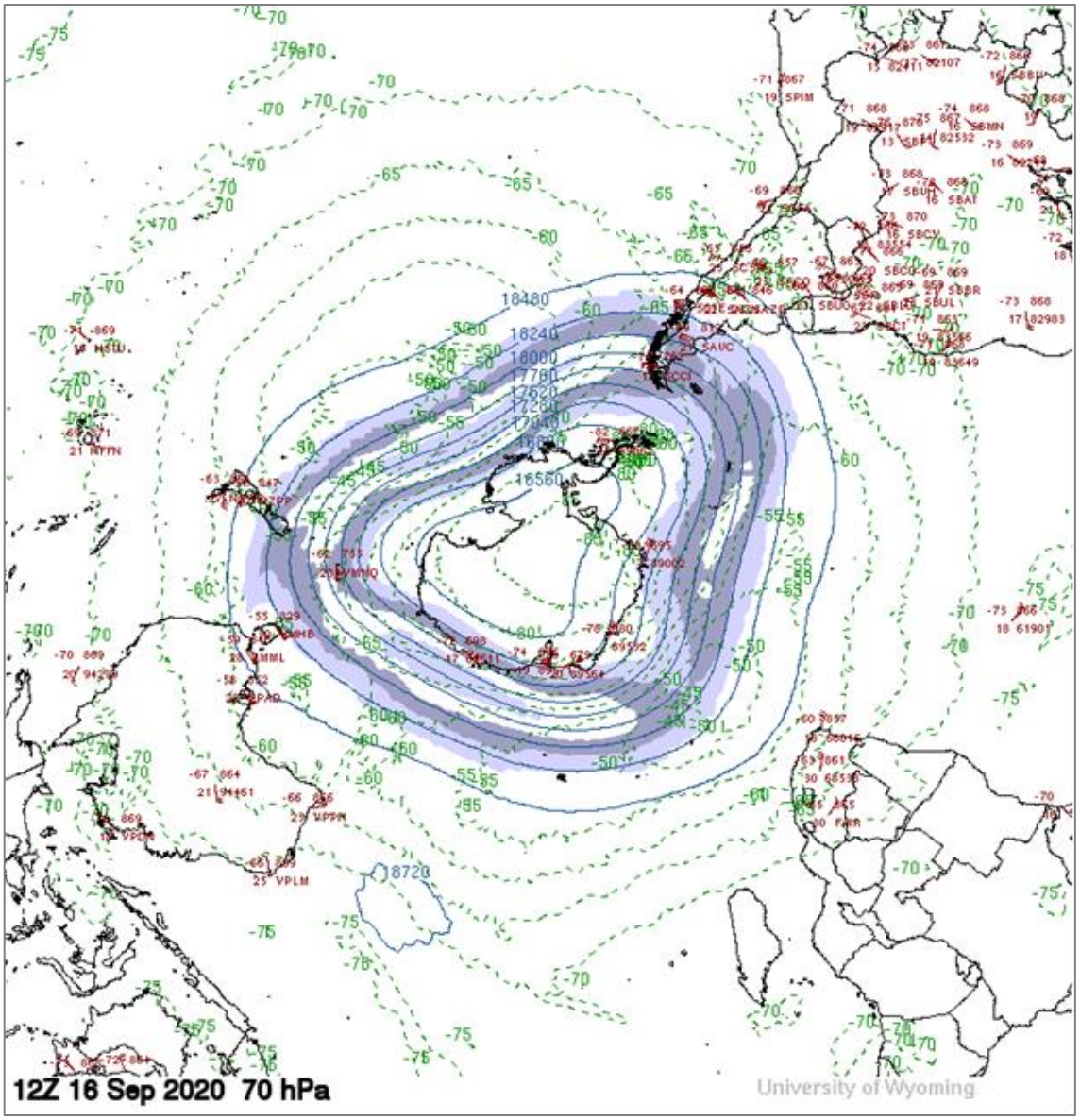
Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-

químicos de la atmósfera. Por otro lado, en la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes han registrado valores mayores al mes pasado.

En el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado mayormente valores de -69.0°C a -71°C, numéricamente menor al mes anterior, pero en lo concerniente a procesos físicos, más 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 (16 setiembre 2020)



III. CONCLUSIONES

1. El mes de setiembre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (medidos en superficie) son los más altos comparados a los otros meses del año. En el presente 2020 según información proveniente del satélite AURA el valor promedio del mes fue de 251.5 UD, mientras que el registrado por el satélite SUOMI fue de 249.7 UD. En conclusión, comparando estos valores con el registrado por el Espectrofotómetro Dobson, se notó que están ligeramente por encima entre 0.2 UD a 1.8 UD aproximadamente. Los medidos en superficie, fueron mayores al mes pasado debido a que según el modelo GFS, se han tenido flujos de aire provenientes del este (flujo zonal positivo) así como flujos del noreste procedente 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 243.9 UD a 257.0 UD, notándose un aumento de los valores con el tiempo. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son mayores al mes pasado debido principalmente a factores de circulación atmosférica los cuales, han transportado mayores cantidades de ozono hacia nuestro país. Otro factor atribuido a ese aumento es el astronómico, donde el inicio de la estación de primavera permite el aumento paulatino de la temperatura en la atmósfera.

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 setiembre, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente a los 33 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 (mayor variabilidad en la época de mayor temperatura).

4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se nota 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 la moderada actividad fotoquímica, especialmente, en las dos últimas semanas del mes (mayores días soleados).

5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de setiembre (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 250 UD a 275 UD durante gran parte del mes. Concentraciones de ozono mucho más altos, entre 275 UD y 300 UD, se dieron durante los días 07, 08, 16, 17, 20, 27 y 28 en la región norte del país, mientras que durante los días 21 y 22 en la región central para finalmente el día 24 en la región sur. Los valores altos de ozono se dieron por efecto 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 la última década del

mes de setiembre, los valores se acercaron a su normal climática, entendiéndose como un ligero calentamiento de la atmósfera en ese nivel, el cual trae como consecuencia el registro de una mayor 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 -70.0°C, pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de -71.5°C.

7. Debido al inicio 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 ligeramente mayores, incidiendo también en un 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

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:
Ing. Jhojan Rojas Quincho
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 noviembre 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