

NOVIEMBRE 2021
Vol.11

BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL
OZONO
ATMOSFÉRICO EN LA
ESTACIÓN VAG
MARCAPOMACOCHA



Introducción

La capa de ozono, benigna protectora de la tierra cada día decrece, por efecto aun de las sustancias químicas hechas por el hombre, tales como los clorofluorocarbonos (CFCs). Hoy la comunidad internacional es tan solo un espectador que año a año ve como desaparece nuestra capa de ozono a través de los informes sobre su disminución y sobre comprometedores incrementos de radiación ultravioleta-B el cual acarrea daños acumulados en diversos organismos.

El Perú como país miembro del Protocolo de Montreal, está reduciendo poco a poco el consumo de los CFCs 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.

En el último mes, en la región antártica, se ha continuado observando una persistencia del vórtice polar debido a las bajas temperaturas lo que hace que la estratósfera se encuentre más fría de lo normal, trayendo como consecuencia la disminución de la concentración de ozono en dicha región. Esta disminución tiene influencia en todo el sistema climático del globo, lo cual nos permite tomar mayor atención de los efectos colaterales que pueda inducir este proceso físico-químico-atmosférico. La tendencia de este vórtice es que desaparezca a lo largo de los dos meses siguientes, debido al mayor calentamiento de la atmósfera.

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 (CO₂) (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

El mes de noviembre presentó características térmicas ligeramente mayores al mes anterior, dado el mayor establecimiento de las condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral. Los sistemas atmosféricos que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país paulatinamente encuentran condiciones para que los sistemas atmosféricos a gran escala puedan continuar desplazándose desde el hemisferio norte hacia el hemisferio sur, debido al movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como al ángulo de inclinación del mismo, cual tiene sus efectos en el intercambio o redistribución de la energía que posteriormente llega a incidir sobre nuestro planeta. Climáticamente, en niveles altos de la troposfera se inician los procesos de convergencia en de América del Sur 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 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 (OQB) el cual se presenta en la región tropical ecuatorial con vientos zonales que duran entre 27 y 30 meses. La concentración de vapor de agua va cambiando en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en las reacciones fotoquímicas que se realizan, el cual induce la variabilidad de las concentraciones de ozono atmosférico.

Para acentuar lo mencionado, se tiene que en niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha observado (según el Modelo GFS) la presencia de flujos bastante variables. Durante gran parte del mes los flujos fueron mayormente del este (algo opuesto a lo que venía ocurriendo en meses anteriores), claro está que también se han registrado flujos del sur este, pero con menor frecuencia. Se debe tener presente que el Pacífico Sur y parte oriental de América del Sur se han registrado sistemas anticiclónicos los cuales han derivado parte de la circulación en ese nivel, hacia otras latitudes en ambos

hemisferios. Estos sistemas no han permitido el intercambio de concentraciones de ozono atmosférico con el entorno. Estas condiciones trajeron como consecuencia una disminución en las concentraciones de ozono (Figura 2).

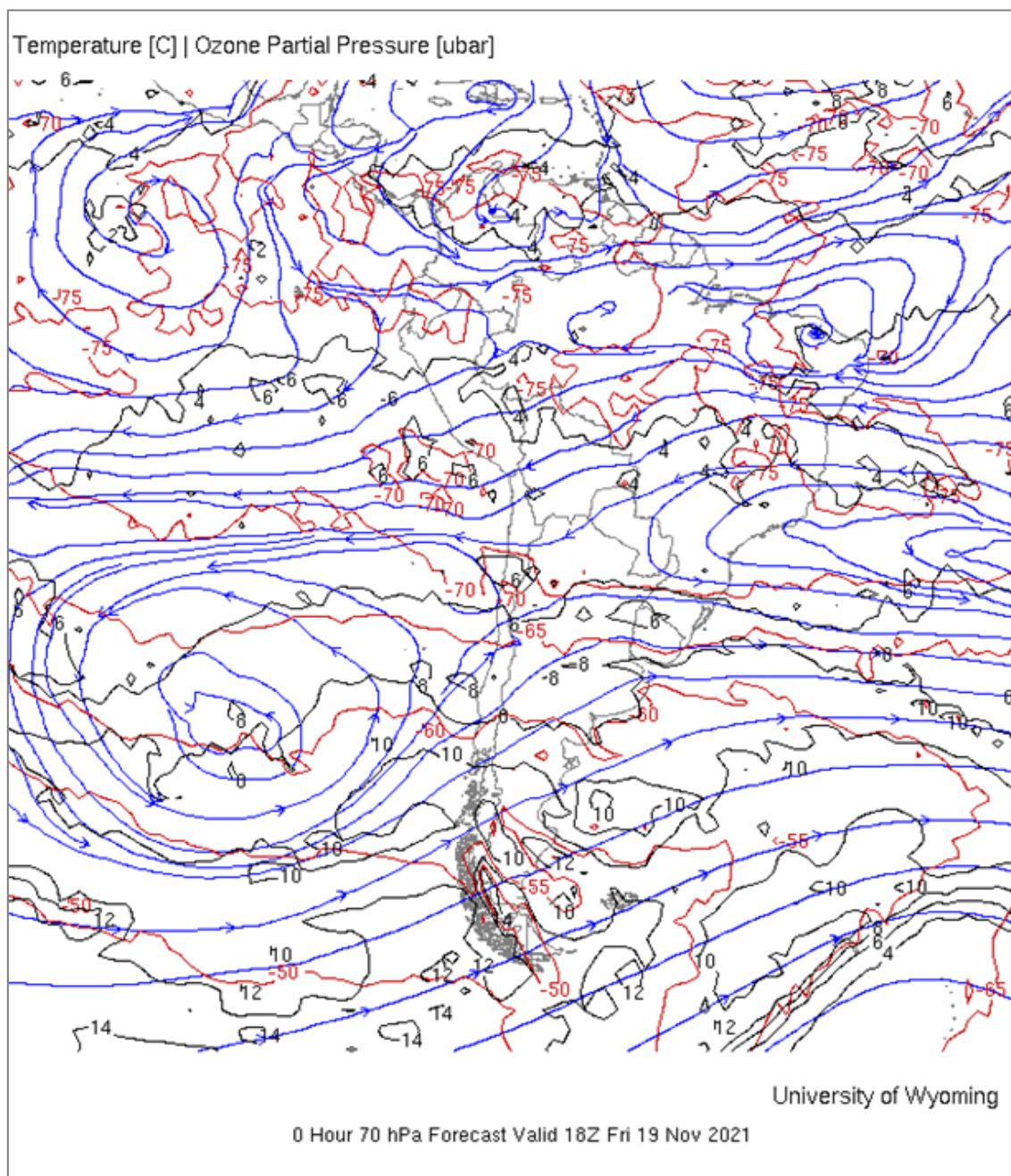
Con el fin de reforzar lo descrito, se puede indicar que, del monitoreo realizado en el mes de noviembre, en superficie, en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 237.8 UD y 249.7 UD (UD = Unidades Dobson), menores que el mes pasado.

Cabe señalar 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, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son altos (pero menores a los 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). 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 va incrementándose en forma paulatina, con respecto al mes anterior, las reacciones fotoquímicas llegan a tener mayor actividad debido a factores astronómicos y topográficos.

FIGURA N°2

Flujo de masas de aire provenientes del este en las regiones entre 0° - 20°S. 19 de noviembre 2021



El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de noviembre oscila entre 245.0 UD y 249.6 UD aproximadamente (Fig. 3), mientras que los medidos en el mes de noviembre del presente año, oscilaron entre 240.0 UD y 248.1 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron casi en un 100% por debajo de sus valores climáticos.

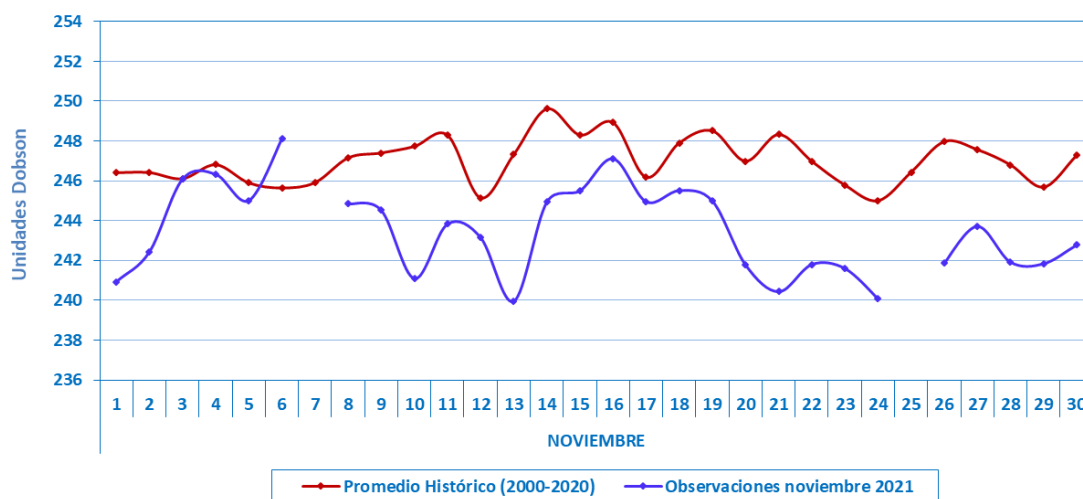
Al comparar ambas series se continúa observando un desfase bastante amplio entre ellos, en casi todo el mes. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de octubre fue a la disminución. El registro de masas de aire

en niveles bajos de la estratósfera, con dirección este, sobre las latitudes 0° - 20 S sobre nuestro país, sería uno de los causantes de esa disminución.

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

FIGURA 03

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



En ese aspecto, la climatología del ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, permite observar que durante el año se presentan dos picos, uno en el mes de marzo con un valor de 244.5 UD y el otro, mucho mayor, en el mes de setiembre con un valor de 251.3 UD. Por otro lado, los valores bajos de ozono se registran climáticamente en los meses de enero con valores de 242.2 UD y otro entre los meses de mayo y junio con valores de 240.7 UD y 241 UD respectivamente. El promedio mensual de ozono en el presente mes fue de 243.4 UD inferior en 4.0 UD al promedio mensual multianual (247.4 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 primavera empieza a formarse paulatinamente el sistema llamado, zona de convergencia intertropical (ZCTI) que permite el ascenso de masas de aire, producto del choque de los vientos del hemisferio sur y norte, transportando ozono.

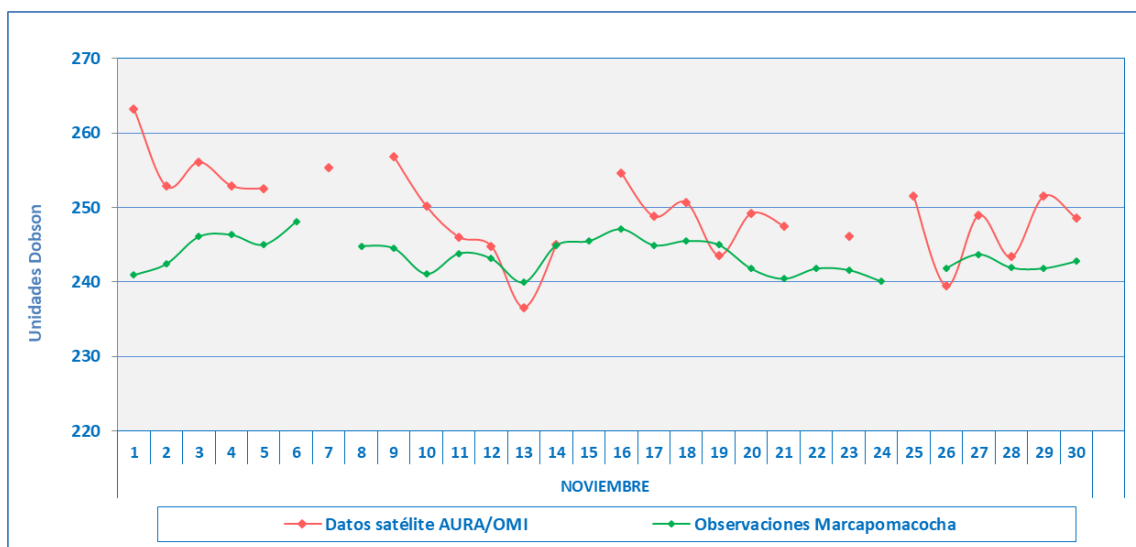
Por otro lado, al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) con lo observado en superficie, se puede observar nuevamente un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 87% de días del mes de noviembre los valores de ozono diario medidos 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 el satélite y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 20 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, es 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 de ozono atmosférico de un día típico del mes de noviembre, obtenido del Metop-C/GOME-2 tanto para el hemisferio norte como para el hemisferio sur, notándose mayores concentraciones en el segundo. Aún no se puede tener acceso a la información del satélite SUOMI para el cálculo del perfil vertical de ozono para la estación VAG Marcapomacocha.

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

En la región tropical las mayores concentraciones de ozono se encuentran a mayor altitud debido a la baja densidad y dinámica de la atmósfera, así como a procesos convectivos y alta radiación solar ultravioleta.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se dan entre los 50 hPa y 20 hPa con valores entre 15 UD y 23 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.

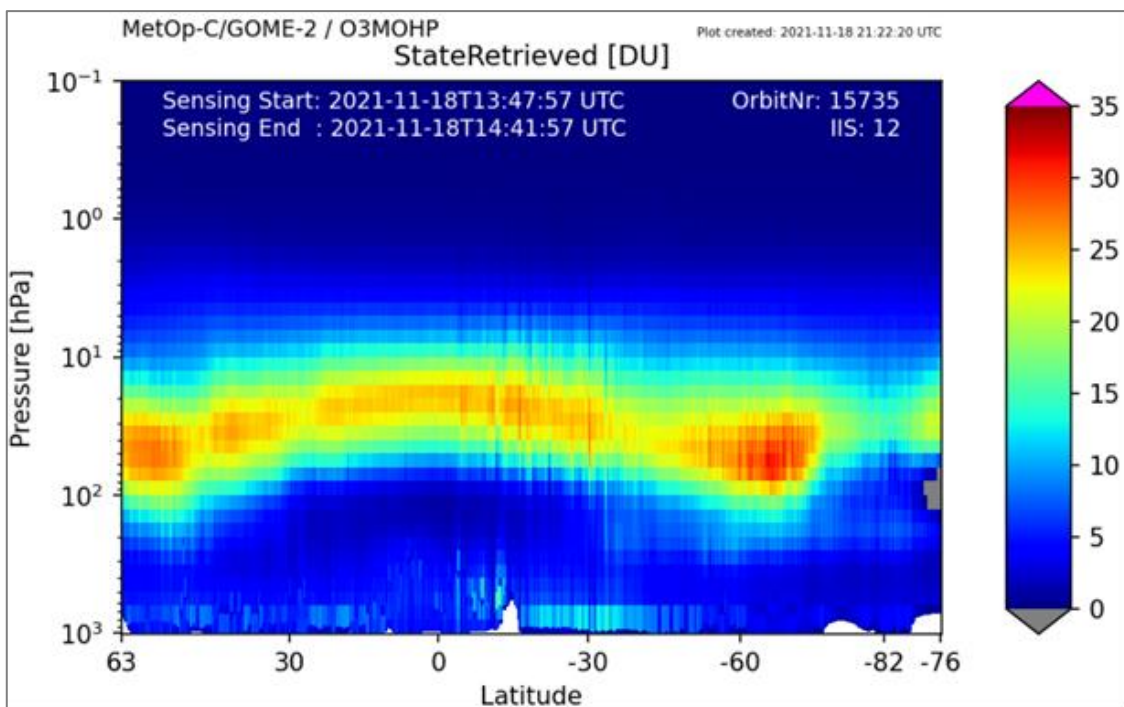
Los valores de ozono son bajos en la tropósfera, altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera.

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 medias y parte de las altas (50°S – 70°S) del hemisferio sur se pueden observar altas concentraciones de ozono atmosférico cuyos valores oscilan entre 20 y 30 UD entre los 80 hPa y 30 hPa.

En latitudes altas (región antártica) se registraron menores concentraciones de ozono con valores entre 17 UD y 22 UD, debido a la paulatina desaparición del vórtice polar por efecto del incremento de temperaturas.

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 noviembre, mostrando regiones con concentraciones relativamente bajas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 30°N – 23°S aproximadamente las concentraciones de ozono registradas oscilaron entre 225 UD y 300 UD.

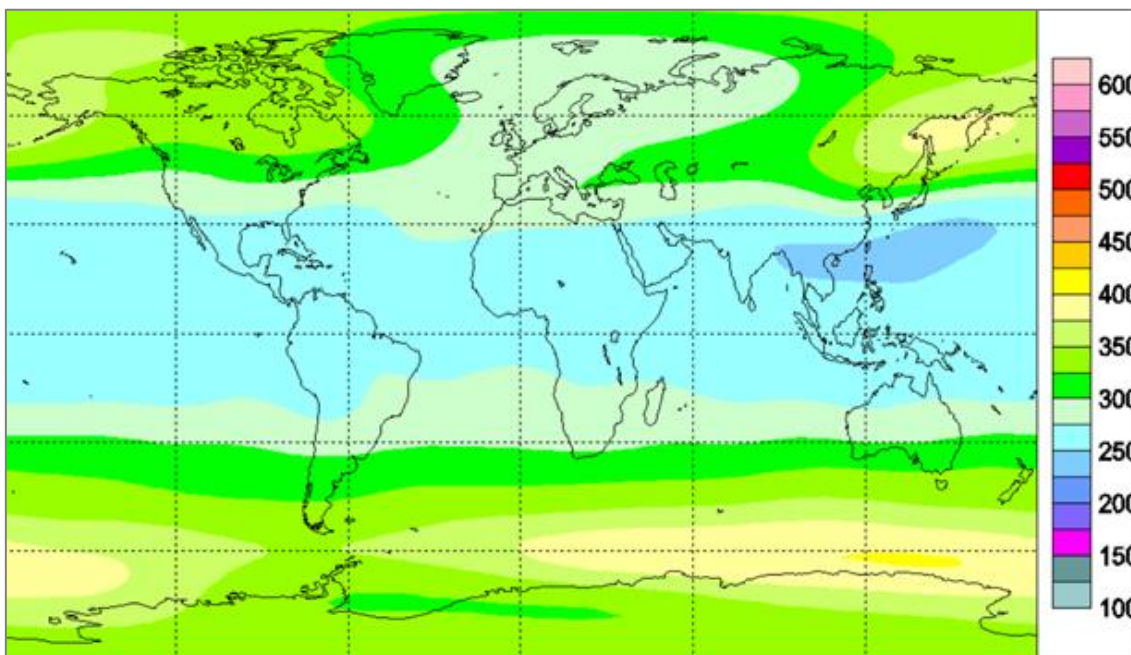
En latitudes medias y altas del hemisferio norte, por encima de los 30° las concentraciones son ligeramente mayores al mes anterior (275 UD – 400 UD).

En el caso del hemisferio sur, las mayores concentraciones de ozono se observan en latitudes medias altas, entre 300 UD – 425 UD.

En la región antártica las concentraciones de ozono van aumentando en forma paulatina, debido al mayor calentamiento de la atmósfera.

FIGURA N°6

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



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 noviembre 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 cuatro núcleos con concentraciones bajas, entre 250 UD y 275 UD, el comportamiento fue menor al mostrado en el mapa climático con valores entre 275 UD y 375 UD.

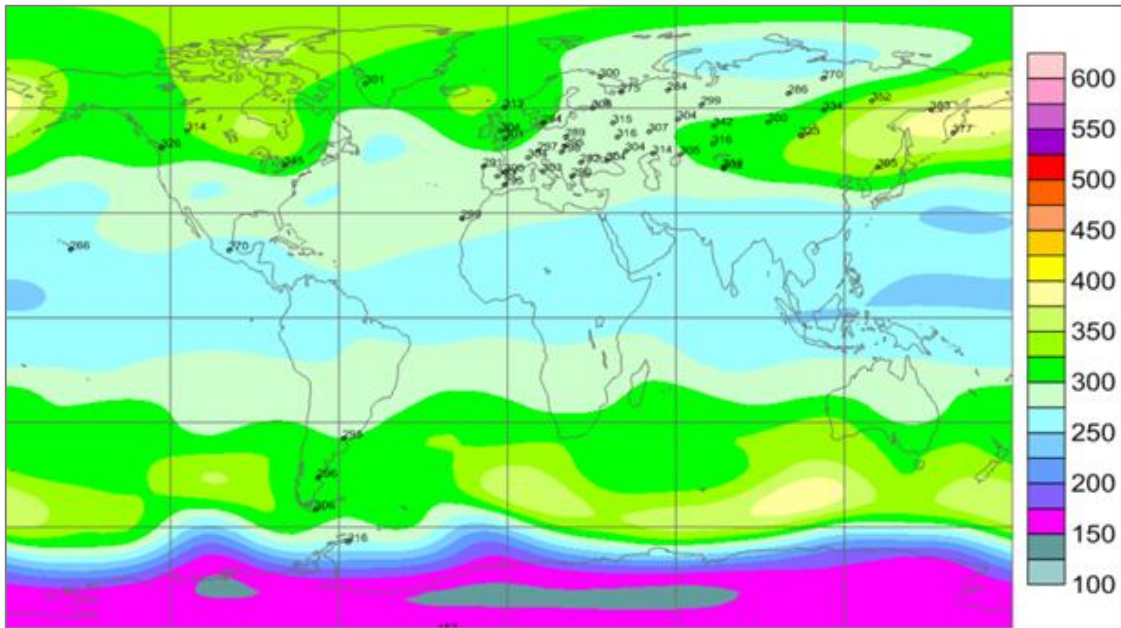
En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones de ozono fueron menores a sus valores normales, como por ejemplo en el Pacífico Central y sur, así como en América del Sur donde los valores oscilaron entre 225 UD y 300UD. En latitudes medias los valores de ozono han oscilado entre 300 UD y 400 UD.

En la región antártica las concentraciones fueron mucho menores con valores entre 125 UD y 250 UD como producto de la presencia aún del vórtice polar, pero con tendencia a su desaparición. Por otro lado, las temperaturas tienden a aumentar.

En el caso de nuestro país se observan un ligero incremento en las concentraciones de ozono entre 250 UD y 300 UD (similar al mes de octubre).

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de noviembre 2021



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

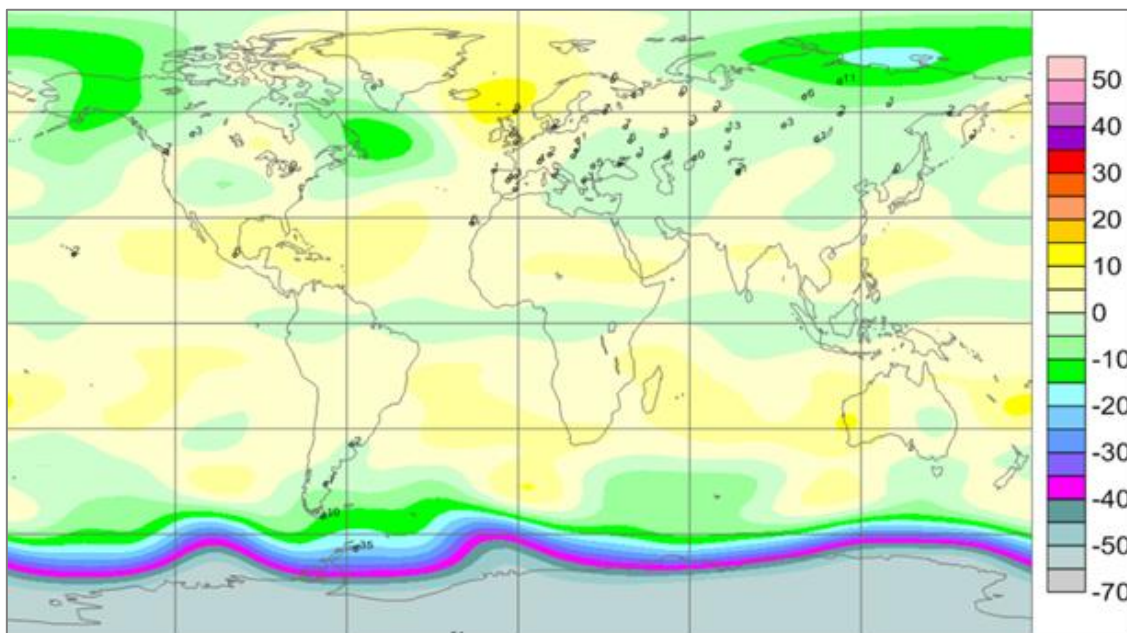
En cuanto a la desviación media del mes de noviembre, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron ligeramente por encima de sus valores normales con una desviación de hasta +5% (similar al mes pasado), en casi todo el país con excepción de la zona norte, donde la desviación fue negativa (-5%).

En latitudes medias del hemisferio sur, su comportamiento registró desviaciones negativas del orden de -20%. Se observaron también tres núcleos con desviaciones positivas de hasta +15%, especialmente en el Pacífico Sur.

En latitudes altas los valores de desviación oscilaron entre -20% a -60%. Estos valores permiten tener una idea de la persistencia del vórtice polar que, a estas alturas del mes, va registrando características menos robustas (disminución de su intensidad). Figura 8.

FIGURA N°8

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

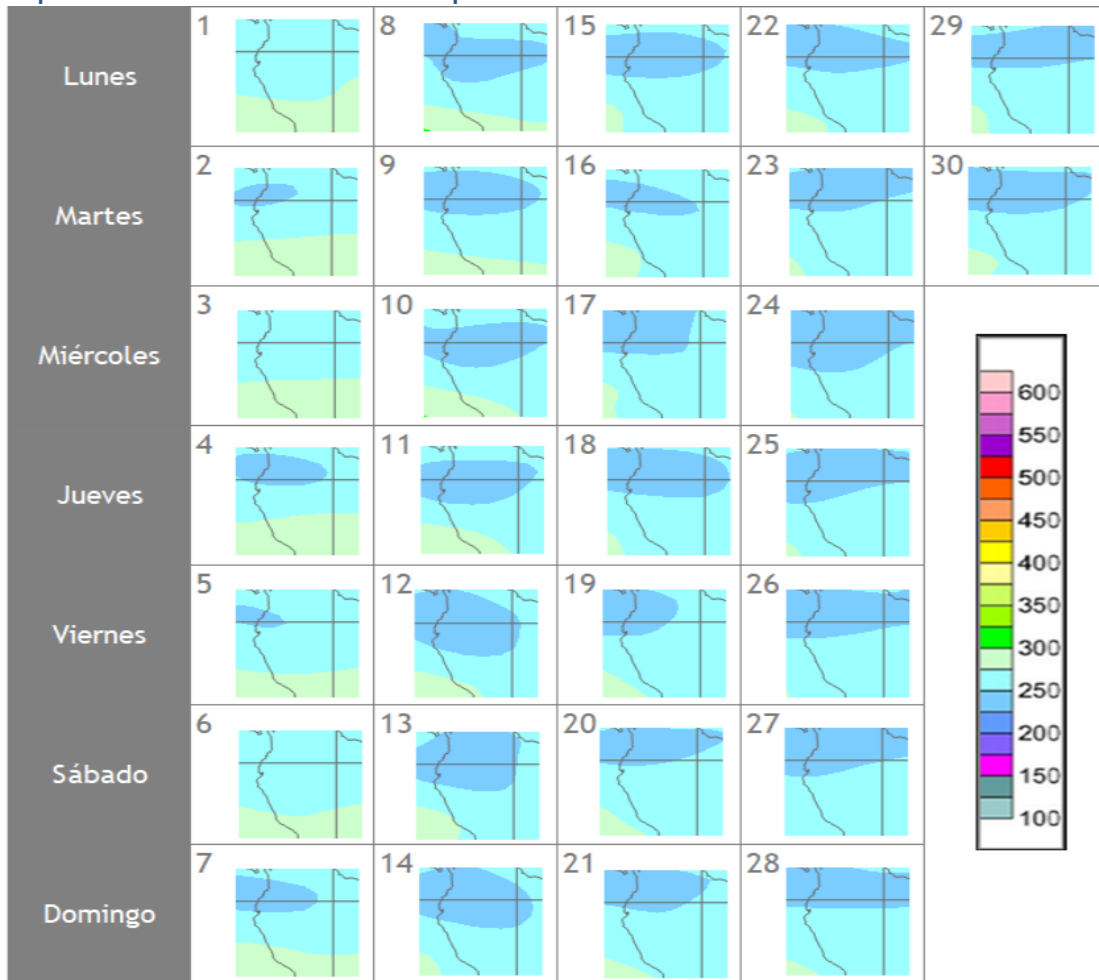


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá (Figura 9), para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico tuvieron una tendencia hacia la disminución, comparados al mes anterior. En gran parte del mes (66%), las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD en la región norte del país (Piura, Tumbes), mientras que en el resto de las regiones los valores de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD. Durante los días 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 las concentraciones oscilaron entre 275 UD y 300 UD, especialmente en las regiones central y sur. La tendencia diaria del ozono a lo largo de los dos meses siguientes es a seguir disminuyendo debido a procesos físicos de la alta atmósfera, así como de la circulación atmosférica.

FIGURA N°9

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



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

TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATÓSFERA

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

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

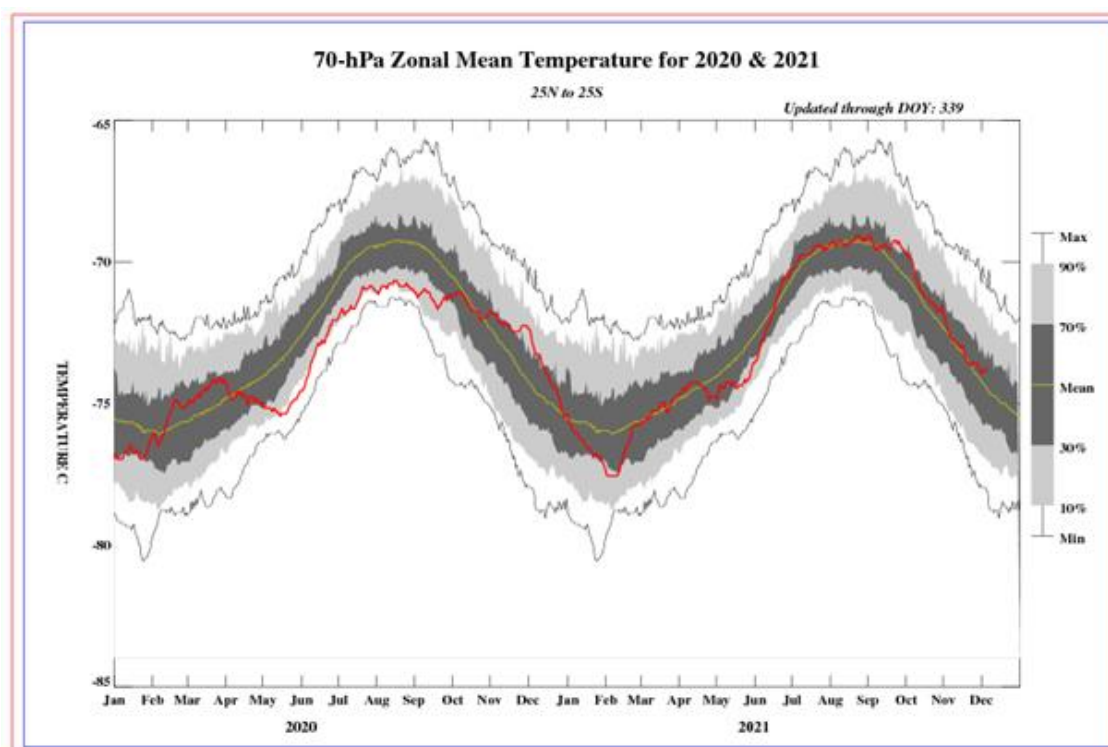
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2020 hasta el mes de noviembre 2021, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a la disminución con respecto al mes pasado, con un mayor acercamiento a su valor normal (línea de color amarillo), en gran parte del mes, esto debido a la continuidad de procesos que permiten una menor concentración de ozono por una disminución de la temperatura en ese nivel, así como a la circulación del aire en la estratósfera baja.

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 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, valga la redundancia, físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -72.0°C , menor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -72.5°C . Como se observa, este ligero enfriamiento de la masa de aire guarda relación con la disminución en las concentraciones de ozono 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, el promedio mensual fue de 243.4 UD menor en 1.5 UD al mes anterior debido al comportamiento térmico así como a la presencia de flujos de aire provenientes del este, a nivel de 70 hPa.

FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de noviembre 2021



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

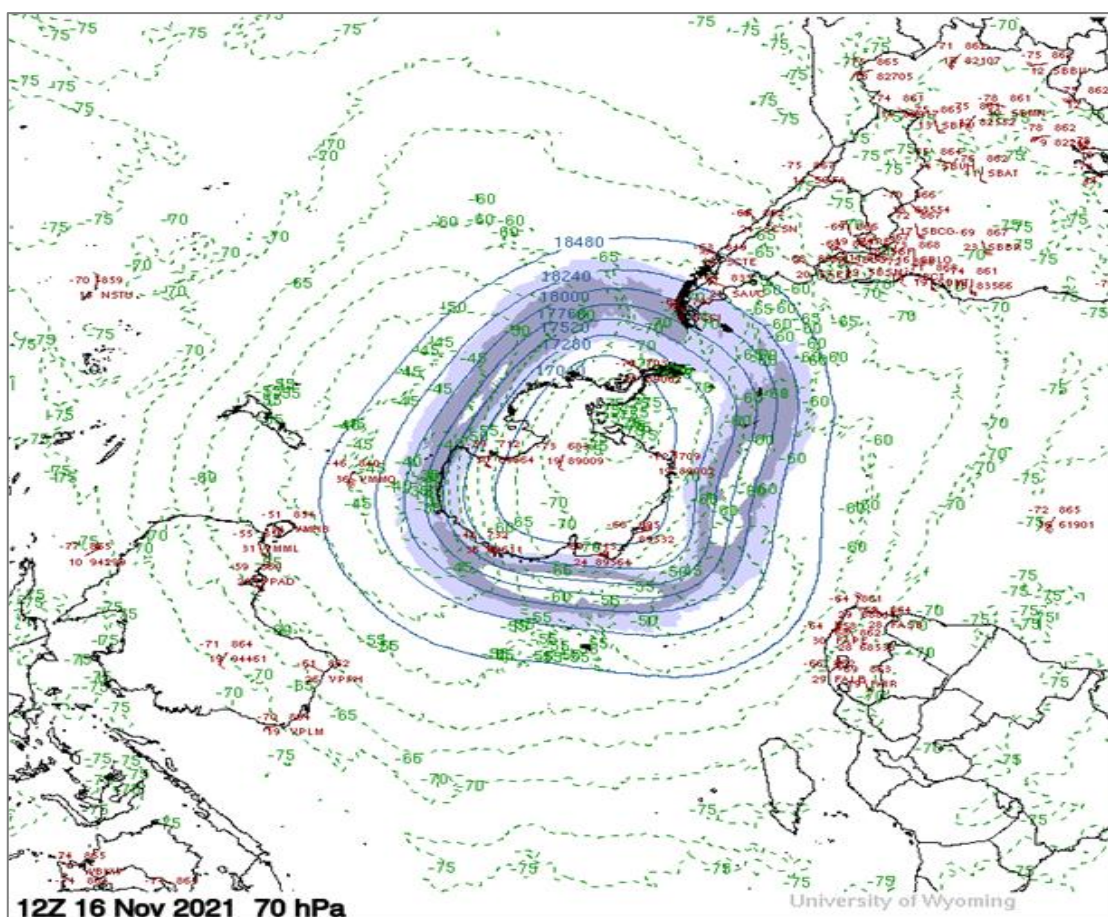
Por otro lado, el comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de noviembre, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -70°C a -75°C (valores menores numéricamente al mes pasado), el cual aún nos brinda una idea sobre la continuidad del vórtice polar así como características en cuanto a su extensión y profundidad (color violeta claro), el cual se mantiene configurado en dicha región, pero con la tendencia a su desaparición.

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 traduciéndose en una disminución de la concentración de ozono.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han continuado oscilando entre -73.0°C y -74°C , debido a que no hubo mucho aporte de ozono de latitudes bajas del hemisferio norte por efecto de la presencia de circulación de masas de aire provenientes del este.

FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (16 noviembre 2021)



Fuente: Universidad de Wyoming

III. CONCLUSIONES

1. El mes de noviembre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) continúan disminuyendo en forma ligera con respecto al mes de octubre. En el presente mes disminuyeron en 1.5 UD con respecto al mes pasado registrando un valor de 243.4 UD como valor promedio, debido al menor aporte de ozono en nuestras latitudes producto de la presencia de masas de aire 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 240.0 UD a 248.1 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, así como a una disminución en el régimen térmico, donde las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera han continuado disminuyendo.
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 noviembre, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 50 hPa y los 20 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 15 UD y 23 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 moderadas (250 UD y 275 UD) en gran parte del país y durante parte del mes. En la región norte (Piura y Tumbes) los valores fueron menores y oscilaron entre 225 UD y 250 UD, producto de la circulación de la atmósfera en esas latitudes. Estos valores no concuerdan muy bien con lo registrado en superficie debido a la forma de medición de esta variable atmosférica.
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de noviembre, los valores se caracterizaron por un mayor acercamiento a su normal climática, entendiéndose que la atmósfera en ese nivel ha continuado presentando condiciones más frías que el mes pasado, el cual continúa trayendo como consecuencia una disminución de 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. El valor promedio mensual de la temperatura (1979-2017) fue de -72.0°C , pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de -72.5°C .

7. Debido a condiciones del establecimiento de estación astronómica hacía la primavera en el hemisferio austral, durante este mes, los niveles de radiación solar han continuado incrementándose en forma paulatina, trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean muy dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad en las concentraciones del ozono atmosférico.
8. La región Antártica continúa presentando el vórtice polar, debido a la presencia de temperaturas bajas, lo cual trae como consecuencia la disminución de la concentración de ozono. La tendencia es a su desaparición en los siguientes meses, dado el mayor calentamiento de la atmósfera.
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. 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 enero 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