

Noviembre 2022
vol. 11

**BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL OZONO
ATMOSFÉRICO EN EL
OBSERVATORIO DE
VIGILANCIA ATMOSFÉRICA
MARCAPOMACOCHA**



Introducción

La capa de ozono se encuentra dentro de la atmósfera terrestre y tiene la función de ser una capa protectora que preserva la vida del planeta Tierra, haciendo las veces de escudo contra la radiación proveniente del sol llamados UV o radiación ultravioleta, absorbiendo del 97% al 99% de ella. Se encuentra a una distancia de la superficie de la tierra de 15 a 50 kilómetros de altura en mayor concentración, aunque cercano al suelo también está presente.

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

Debido a estos procesos que ocurren en la atmósfera el Perú, como país miembro del Protocolo de Montreal, viene reduciendo poco a poco el consumo de los productos químicos que destruyen la capa de ozono y además por intermedio del SENAMHI viene monitoreando el estado de la capa de ozono en la región central del país con la finalidad de alertar a la comunidad científica nacional e internacional sobre su variabilidad temporal y posible deterioro.

Asimismo, es importante no solo la información de superficie sino también la información proveniente de los satélites porque estamos ante un problema en evolución. Se requiere que estemos pendientes de forma constante.

ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con el Observatorio de Vigilancia Atmosférica (OVA) 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 Chacaltaya (Bolivia) son las que reportan información continua de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera en esta parte del continente.

Las actividades del OVA 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 dicho observatorio.

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 el OVA Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de dióxido de carbono (CO₂) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).



I.- METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFERICO

1.- MEDICION EN SUPERFICIE

Con un instrumento denominado Espectrofotómetro Dobson (Figura 1), es posible realizar mediciones sobre la cantidad de Ozono total Atmosférico, en forma indirecta porque 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 ondas 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.- MEDICION 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 noviembre ha presentado características térmicas cada vez más cálidas, debido a condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral como producto de la estación astronómica de primavera. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que gobiernan el tiempo sobre nuestro país, se van formando para dar paso a la presencia de la Alta de Bolivia, así como otros fenómenos meteorológicos provocando condiciones cálidas y húmedas sobre nuestro país, especialmente en la región andina y selva, los cuales llegan a tener una interrelación con propiedades físicas de la baja estratósfera.

Ahora bien, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Cuasi Bienal (QBO) el cual se presenta en la región tropical ecuatorial con vientos zonales que duran entre 27 y 30 meses. La concentración de vapor de agua va cambiando en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en el balance radiativo de la misma, así como en las reacciones fotoquímicas que se realizan, el cual induce la variabilidad de las concentraciones de ozono atmosférico.

Para acentuar lo mencionado, se tiene que en niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha observado (según el Modelo GFS) la presencia de flujos de aire bastante variables, similares a lo ocurrido en el mes pasado. Los flujos de viento van presentando características zonales (vientos del este) y más bien van disminuyendo las quasi meridionales (flujos provenientes del noreste). Por otro lado, los sistemas anticiclónicos sobre América del Sur van empezando a tener mayor notoriedad, los cuales inducen a un menor ingreso de masas de aire con concentraciones de ozono sobre nuestro país. Cuando estos sistemas se presentan con mayor continuidad y cercanos a la línea ecuatorial, desplazan masas de aire hacia regiones de mayor latitud, trayendo como consecuencia una disminución en las concentraciones de ozono. Figura 2.

Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de noviembre, en superficie, en el OVA Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 240.7 UD y 252.0 UD (UD = Unidades Dobson), valores ligeramente inferiores a lo registrado en el mes de octubre del presente.

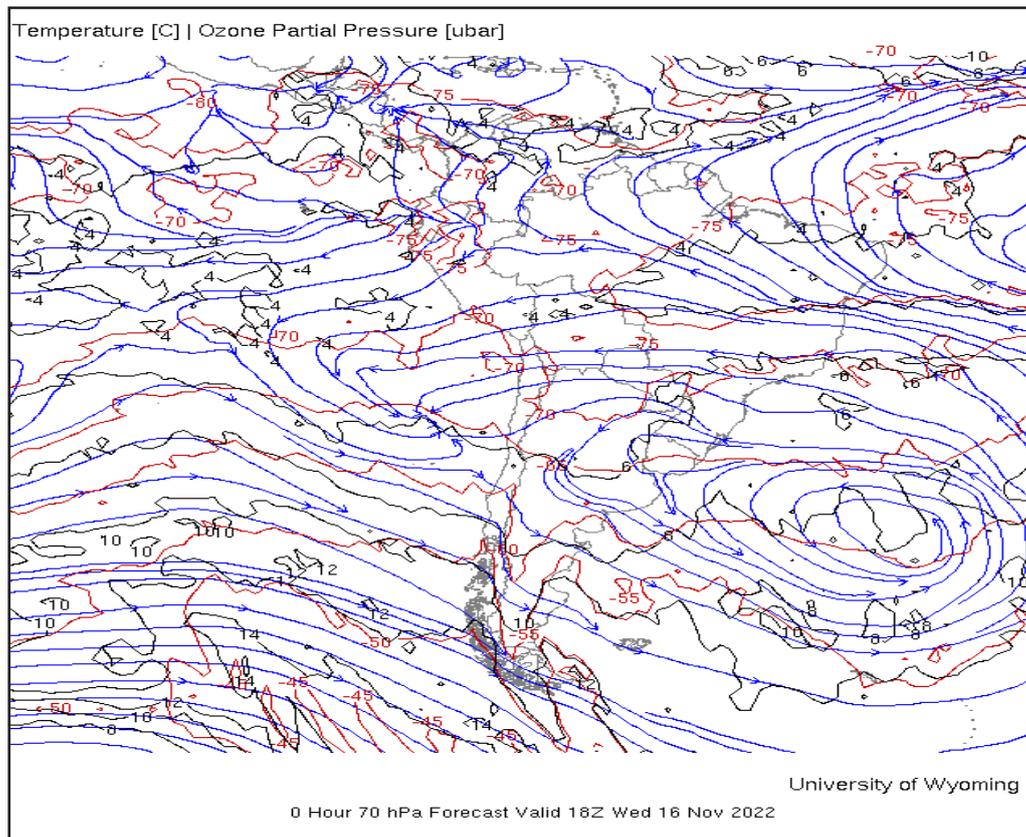
Cabe mencionar que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto en la mañana como en la tarde, pero siempre con la misma tendencia (disminuye y

luego aumenta).

Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja, por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas (debido al ozono residual), a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son altos (en los meses de primavera y verano son mayores), 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 de y hacia otras latitudes). Un punto importante a remarcar es el proceso de formación y destrucción del ozono por efectos fotoquímicos, mientras que la intensidad de la radiación solar se incrementa, dicha actividad será mayor y viceversa. En el periodo analizado, dado de que en este mes la intensidad de la radiación ultravioleta se ha venido incrementando con respecto al mes de octubre, las reacciones fotoquímicas han sido mayores debido a factores de circulación atmosférica, ambientales y astronómicos.

FIGURA N° 2

Flujos de masas de aire del noreste

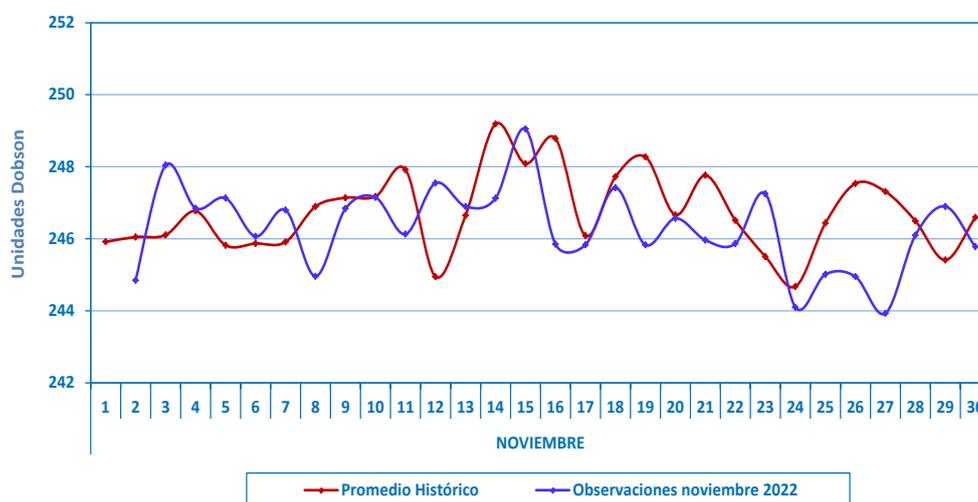


El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de noviembre oscila entre 244.7 UD y 249.2 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de noviembre del presente año, oscilaron entre 243.9 UD y 249.1 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados en el presente mes, estuvieron en un 60% por debajo de sus valores climáticos.

Al comparar ambas series se sigue observando un comportamiento variable, con valores un poco alejados de sus normales. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de octubre fue a una ligera disminución, debido al poco aporte de concentraciones de ozono, por parte de masas de aire provenientes del noreste. Cabe mencionar que durante el mes se registraron flujos mayormente zonales, así como también sistemas anticiclónicos, los cuales influenciaron en el registro de bajas concentraciones de ozono.

De acuerdo a lo descrito, se podría pensar que, en niveles bajos de la estratósfera, el régimen térmico ha registrado una tendencia a la disminución. Tanto en 100 hPa como en 70 hPa se registraron mayores enfriamientos (el análisis detallado de este proceso se explica más adelante).

FIGURA N° 3
Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en el OVA Marcapomacocha. Noviembre 2022.



En ese aspecto, la climatología del ozono en el OVA 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 240.9 UD y 240.8 UD respectivamente. Los valores registrados están un poco alejados a ese comportamiento climático. El promedio mensual de ozono en el presente mes fue de 246.3 UD inferior en 1.1 UD al promedio mensual multianual (247.4 UD).

Se debe tener presente que en la región tropical durante los meses de la primavera austral, las concentraciones de ozono empiezan a disminuir por efecto de la circulación atmosférica en la capa estratosférica (mayor presencia de vientos zonales y meridionales), 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), lo cual permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas.

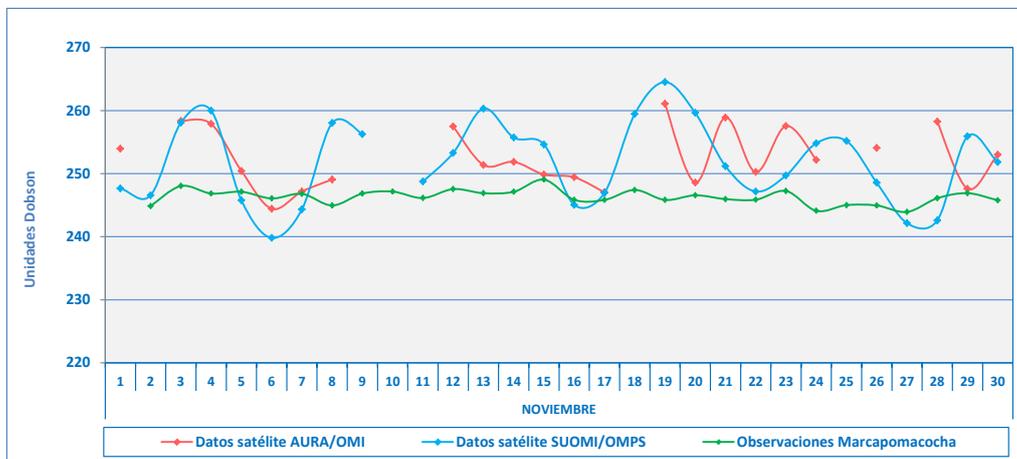
Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes de los satélites AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede observar un cierto desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 99% de días del mes de noviembre los valores de ozono diario medidos estuvieron por encima de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson. Para el caso de SUOMI/OMPS, ocurre que durante el 79% de días del mes estuvieron por encima de lo registrado en superficie. 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 13 UD.

Cabe mencionar, que la tendencia de las concentraciones de ozono de superficie es bastante estable en el tiempo mientras que los medidos con los satélites, variable.

FIGURA N° 4

Comparación de información proveniente de los satélites AURA y SUOMI con lo registrado en superficie, en el OVA Marcapomacocha.



Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra el perfil vertical (corte) de ozono atmosférico de un día típico del mes de noviembre, obtenido del Metop-C/GOME-2 tanto para el hemisferio norte como para el hemisferio sur, notándose mayores concentraciones en latitudes medias del hemisferio sur, debido a circulaciones regionales (Brewer-Dobson) y la estacionalidad. Asimismo, la altura de las altas concentraciones se registra entre los 80 hPa y 10 hPa.

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

Realizando un análisis para el hemisferio sur, podemos decir que, dada las condiciones propias de la estación de primavera, donde continua el incremento en la intensidad de la radiación solar sobre la superficie terrestre, los cuales también repercuten en un incremento en la actividad fotoquímica, las concentraciones de ozono atmosférico han continuado registrando una tendencia a la disminución en este mes, propios de la climatología de estas latitudes.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se han registrado entre los 70 hPa y 10 hPa con valores entre 14 UD y 23UD.

En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las

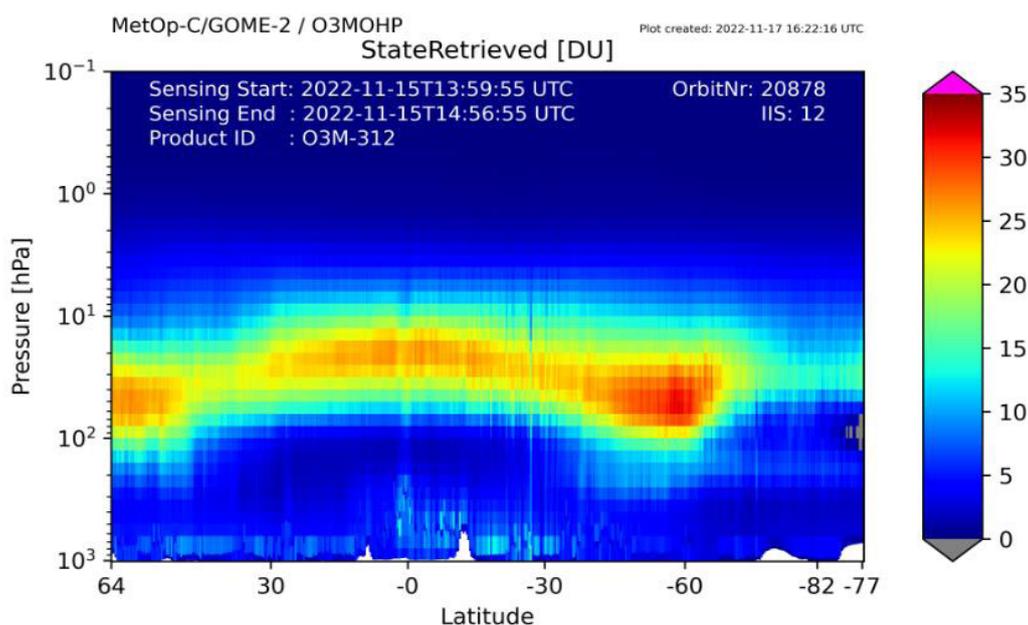
concentraciones de ozono son bajas (oscilan entre 1 UD y 9 UD), esto se debe a los efectos residuales de la formación del ozono del día anterior, así como también a otros procesos. En todo momento siempre quedan cantidades de ozono en las primeras horas del día.

Los valores de ozono son bajos en la tropósfera, altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera. En el mes de noviembre los valores residuales de ozono se incrementaron en forma ligera debido a una mayor actividad fotoquímica producto de incremento en la intensidad de la radiación ultravioleta.

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 (40°S - 65°S) del hemisferio sur se pueden observar concentraciones de ozono mayores a los de latitudes bajas (debido a la circulación atmosférica), con la diferencia de que la altura de esas concentraciones mayores, se encuentran a menor altura, características que son debidas principalmente a la baja densidad del aire en esa parte de la atmósfera como producto de las bajas temperaturas, los cuales permiten esta característica.

FIGURA N° 5
Perfil Vertical de Ozono



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

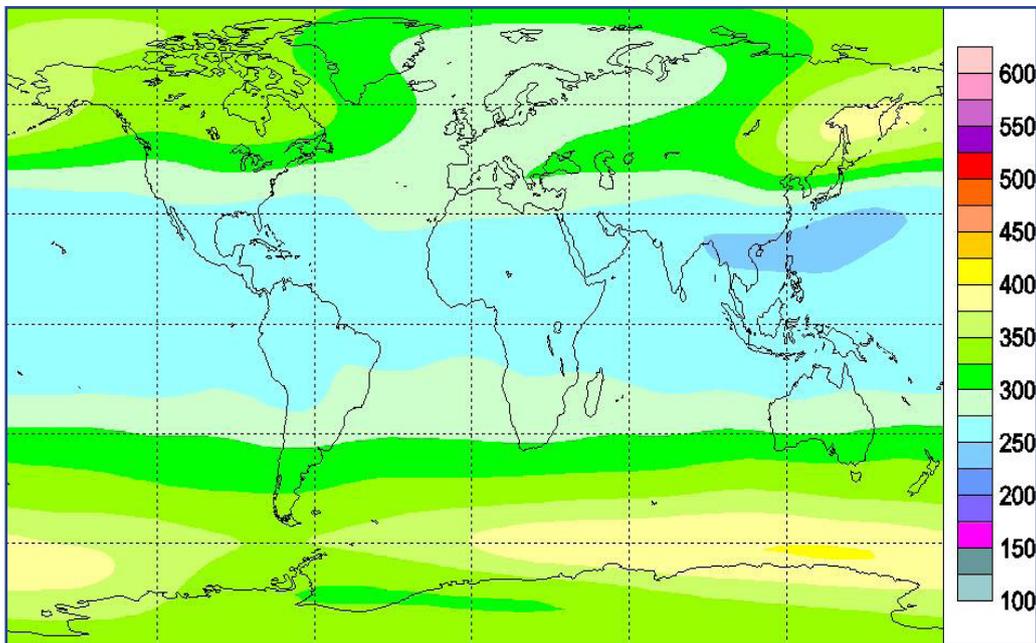
En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 - 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de noviembre, mostrando regiones con concentraciones relativamente bajas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 30°N - 23°S aproximadamente las concentraciones de ozono registradas 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: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin>

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 dos núcleos con concentraciones bajas, entre 2250 UD y 275 UD.

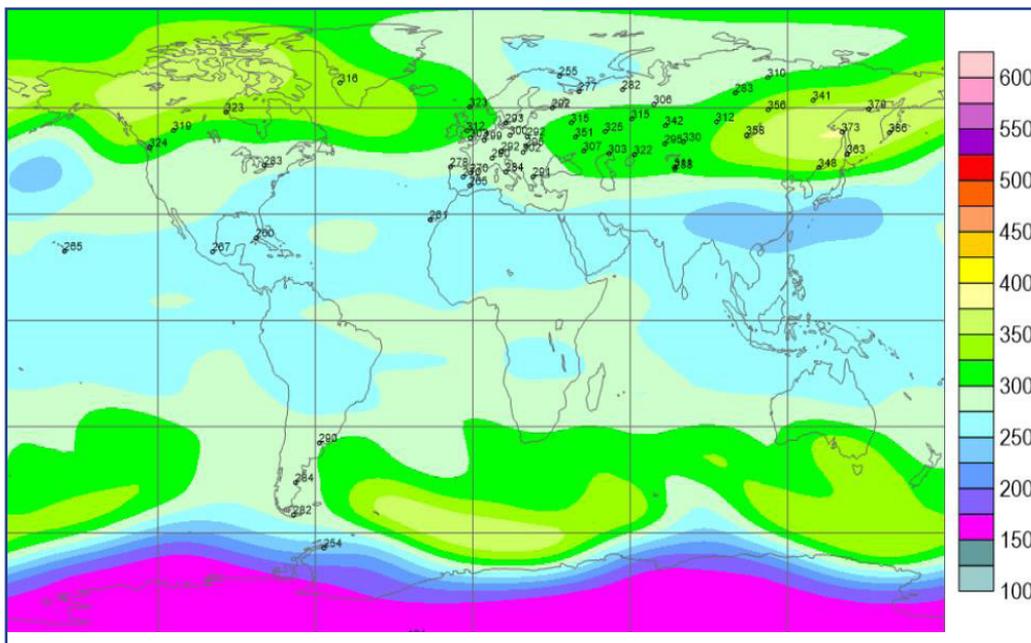
En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones de ozono fueron menores a sus valores normales, como por ejemplo en el Pacífico sur, así como en la región sur de Sudamérica (latitudes medias) donde los valores oscilaron entre 275 UD y 300UD, debiendo tener concentraciones por encima de 300 UD.

En lo que concierne a la región antártica las concentraciones fueron mucho menores con valores entre 150 UD y 200 UD como producto de la presencia aún del vórtice polar, pero con tendencia a su desaparición. Por otro lado, las temperaturas registraron un incremento paulatino a lo largo del mes.

En el caso de nuestro país se observan un ligero descenso en las concentraciones de ozono entre 250 UD y 275 UD (ligeramente menores al mes de octubre).

FIGURA N° 7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de noviembre 2022



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

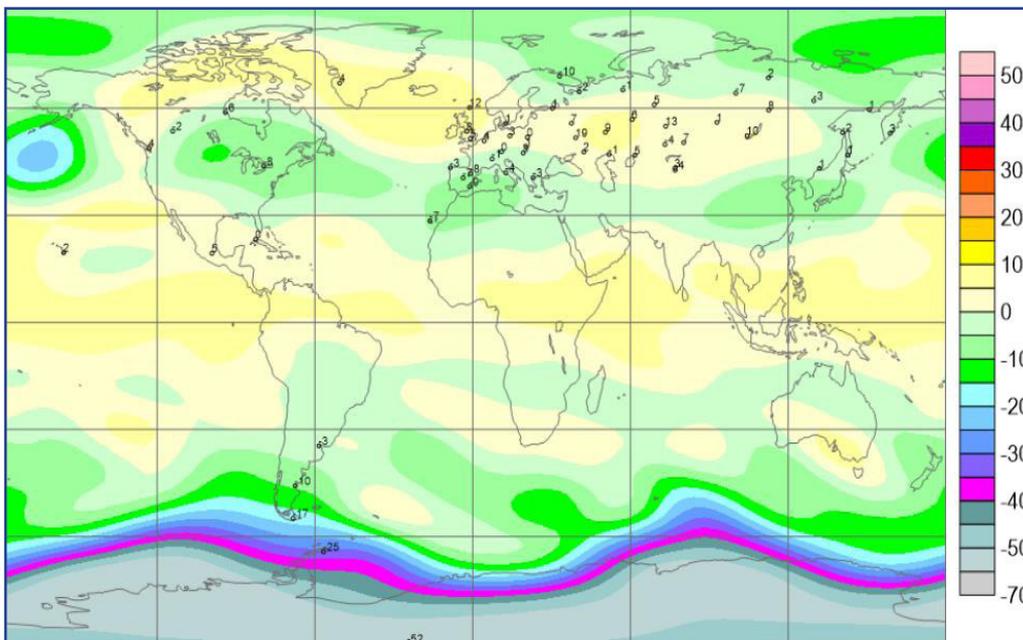
De acuerdo al mapa elaborado por el Centro Mundial de datos de Ozono en Canadá, se puede mencionar que, en cuanto a la desviación media del mes de noviembre, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron cercanos a sus valores normales con una desviación de $\pm 5\%$.

En latitudes medias del hemisferio sur, su comportamiento registró desviaciones negativas del orden de -5% a -30% .

En latitudes altas los valores de desviación oscilaron entre -35% 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 2022

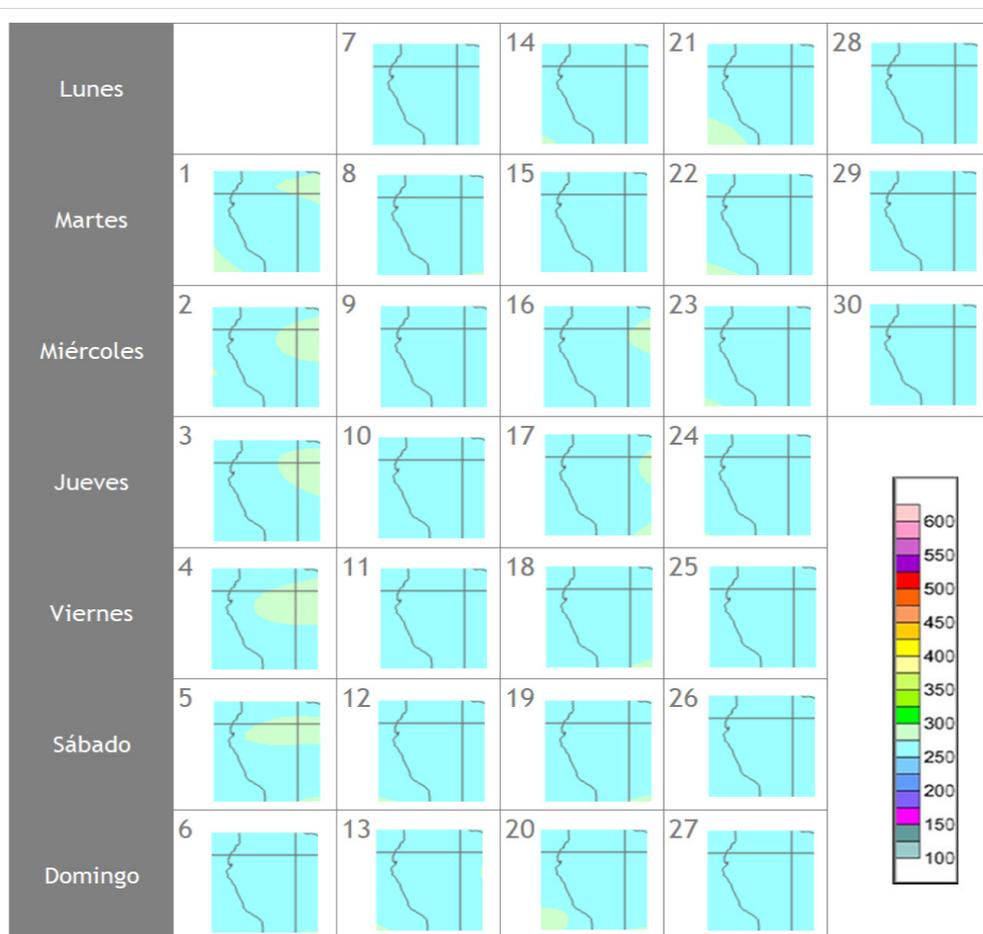


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes de la plataforma OMI del satélite AURA de la National Aeronautics and Space Administration - NASA (Figura 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico fueron ligeramente menores comparadas al mes anterior. En todo el mes las concentraciones de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD.

Durante los primeros cinco días, se registraron concentraciones altas de ozono los cuales fueron focalizados en la región este u oriental del país, con valores entre 275 UD y 300 UD.

FIGURA N° 9
Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de noviembre 2022



TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATOSFERA

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

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

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

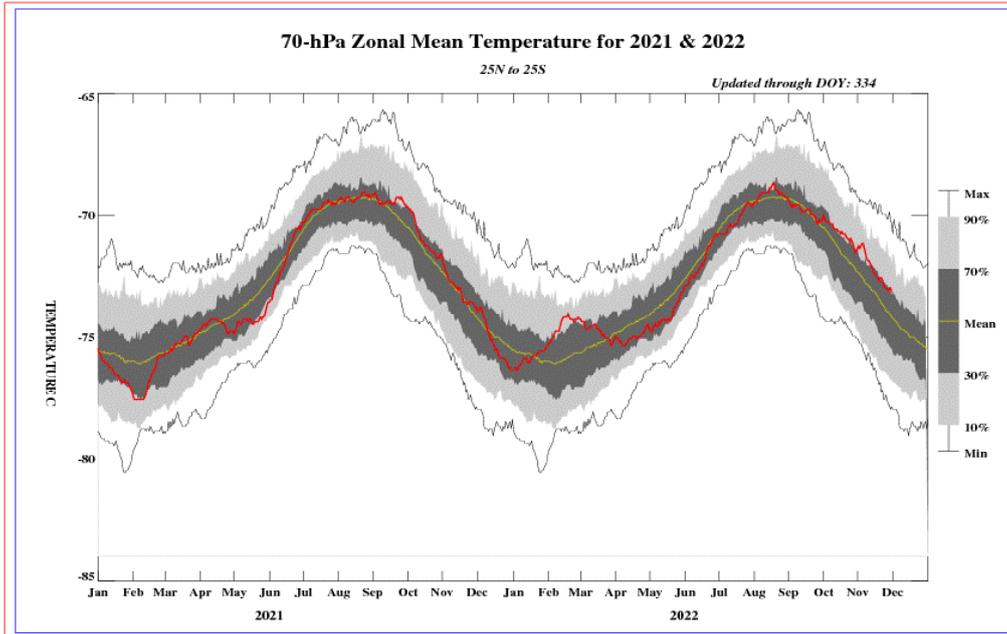
Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a la disminución (en valor numérico), cada vez menor al mes pasado, lo cual denota una atmósfera “más fría” (físicamente). Durante el mes, el régimen térmico se alejó de sus valores climáticos, pero siempre manteniendo la tendencia hacia el enfriamiento (menor temperatura que el mes pasado).

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a los cambios en la temperatura es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. A esto se suma el proceso de la circulación Brewer-Dobson, así como a circulaciones de viento regionales a nivel de alta atmósfera. Se debe tener presente que, por lo general, un aumento (físico) de la temperatura en la atmósfera alta, está ligada con un aumento de las concentraciones de ozono y viceversa, los cuales tienen causas, valga la redundancia, físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -73.0°C , mayor en valor numérico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -72.0°C . Como se observa, existe una disminución de temperatura de la masa de aire el cual continúa siendo muy frío. 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 (tal como se ha descrito en párrafos anteriores). En el presente mes, como ya anteriormente se ha mencionado, el promedio mensual registrado en superficie fue de 246.3 UD menor al mes anterior.



FIGURA N° 10

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



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

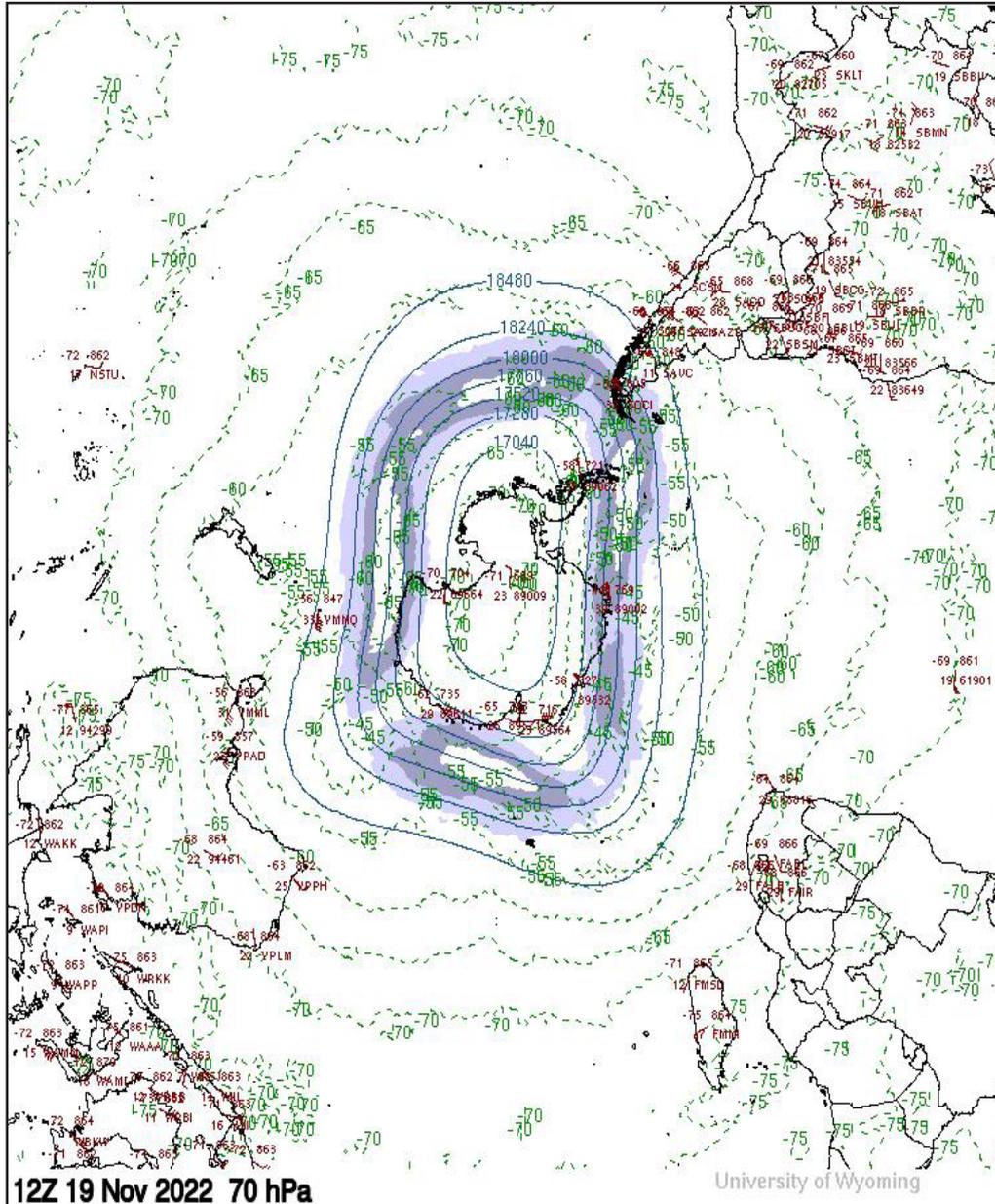
El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de noviembre, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -75°C a -70°C (en gran parte del mes), debido principalmente a factores atmosféricos (persistencia del vórtice polar, pero en menor intensidad) y astronómico (mayor establecimiento de la estación de primavera).

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. Asimismo, es importante señalar la presencia aún del vórtice polar (color morado), dada las bajas temperaturas en la alta atmósfera. En la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y alta estratósfera) continúan registrando valores bajos.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado un valor aproximado entre -71°C y -72°C , (algo más frío al mes anterior), siendo uno de los factores para una ligera disminución (a nivel diario) en las concentraciones de ozono en nuestro país y en parte de la región tropical. A estas condiciones se le aúna la presencia de vientos zonales con menor aporte de ozono.

FIGURA N° 11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (19 noviembre 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

III.-CONCLUSIONES

1. El mes de noviembre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) continúan disminuyendo. En el presente mes dicho comportamiento registró una ligera tendencia al descenso registrando un valor de 246.3 UD como valor promedio. Este descenso tuvo como causa los escasos ingresos de masas de aire con contenido de ozono provenientes del hemisferio norte. Los flujos de aire fueron mayormente zonales (vientos del este).
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono durante el mes, medidos con el espectrofotómetro Dobson en el OVA Marcapomacocha, oscilaron entre 243.9 UD a 249.1 UD, notándose valores ligeramente inferiores al mes pasado. Lo que ayuda a la disminución en la concentración de ozono es la disminución de la temperatura en la baja y alta estratósfera.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en el OVA 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 70 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 14 UD y 23 UD (ligeramente inferiores al mes pasado). 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. Debido a la mayor densidad del aire, la altura en la región tropical es mayor.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente que las concentraciones de ozono son bajas (entre 1 UD a 9 UD) en este mes (ligeramente menor a octubre), 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, que las concentraciones de ozono se vayan incrementando en forma paulatina.



-
5. Los mapas de ozono total atmosférico (provenientes de la plataforma OMI del satélite AURA de la National Aeronautics and Space Administration - NASA), muestran concentraciones altas (275 UD y 300 UD) durante los primeros cinco días del mes, especialmente en la región este u oriental del país, mientras en los demás días las concentraciones de ozono fueron menores con valores entre 250 UD y 275 UD. Esta variación, responde al comportamiento climático de la misma, debido a variaciones en la circulación atmosférica y 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 noviembre, los valores se caracterizaron por un alejamiento de su normal climática, con tendencia a un “enfriamiento” de la atmósfera (en ese nivel), permitiendo que se registrara una disminución en las concentraciones de ozono (lo cual guarda relación con el comportamiento climático). El aporte de ozono hacia nuestras latitudes fue menor.
 7. Debido a que noviembre es un mes donde los niveles de radiación solar paulatinamente se van incrementando, trae como consecuencia, que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean cada vez más dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad espacial y temporal en las concentraciones del ozono atmosférico.
 8. 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

jpojas@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:

Ing. Orlando Ccora Tuya

Bach. Juan Tacza Ordoñez

Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

Tco. Julia Astudillo Capcha

Suscríbete para recibir la edición digital al enlace: <https://forms.gle/cqZit9WHG7gLktbT6>

Próxima actualización: 15 de enero de 2023



**Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología del Perú - SENAMHI**

Jr. Cahuide 785, Jesús María
Lima 11 - Perú

Central telefónica: [51 1] 614-1414 anexo 444

**Subdirección de Evaluación del Ambiente
Atmosférico:**

Consultas y sugerencias:
occora@senamhi.gob.pe