

Octubre 2022
vol. 10

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



Introducción

El ozono protege cerca del 98% de la radiación solar que recibe la Tierra. Ahora bien, la capa de ozono sufre un deterioro natural, pero la acción del ser humano ha hecho que este desgaste avance muy rápidamente de lo que debería.

A lo largo de la capa de ozono, científicos encontraron ciertos puntos donde la densidad de esta era muy inferior a lo normal, permitiendo la entrada de mayor radiación. Esta radiación influía directamente sobre la Tierra, provocando lo que conocemos actualmente como Efecto Invernadero. Los “agujeros” en la capa de ozono se encontraron sobre todo en el polo norte, esto porque los países más desarrollados y contaminantes se encuentran en este hemisferio.

Asimismo, las investigaciones llegaron a la conclusión de que se dieron las condiciones propicias para la producción de clorofluorocarbonos. Este elemento se encuentra en los aerosoles y las refrigeradoras industriales o fungicidas. Su uso provoca una destrucción 50 veces más rápida de la capa de ozono que de forma natural.

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.

El mes de octubre ha presentado características térmicas relativamente cálidas, debido al paulatino cambio en las condiciones de circulación atmosférica en el hemisferio austral debido al establecimiento de la estación astronómica de primavera. Los sistemas atmosféricos, a nivel de alta tropósfera, que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país, poco a poco 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.

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.

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 en comparación al mes pasado. Paulatinamente los flujos de viento van presentando características entre zonales y quasi meridionales (flujos provenientes del noreste y este). Los sistemas anticiclónicos sobre América del Sur han empezado a formarse, pero no en la recurrencia de años anteriores permitiendo aún menores ingresos de masas de aire con moderadas 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 mayor 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 octubre, en superficie, en el OVA Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 241.0 UD y 254.1 UD (UD = Unidades Dobson), valores superior e inferior respectivamente a lo registrado en el mes de setiembre del presente.

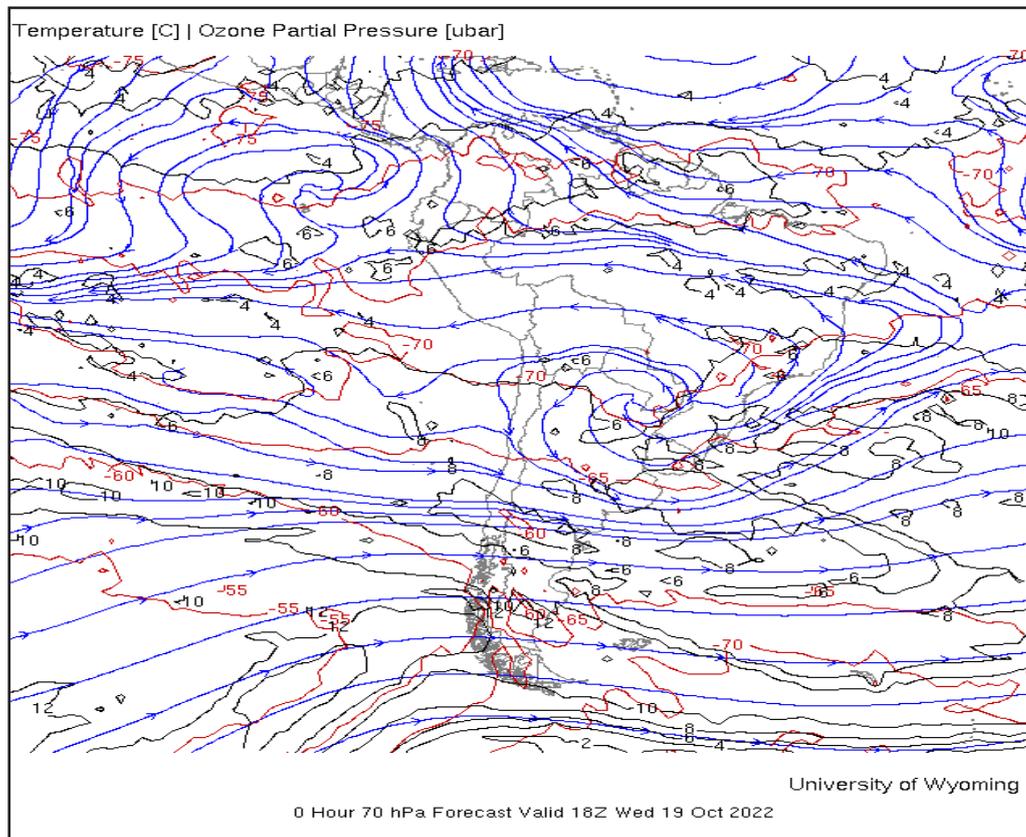
Cabe mencionar que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son relativamente altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto 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 incrementado con respecto al mes de setiembre, 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



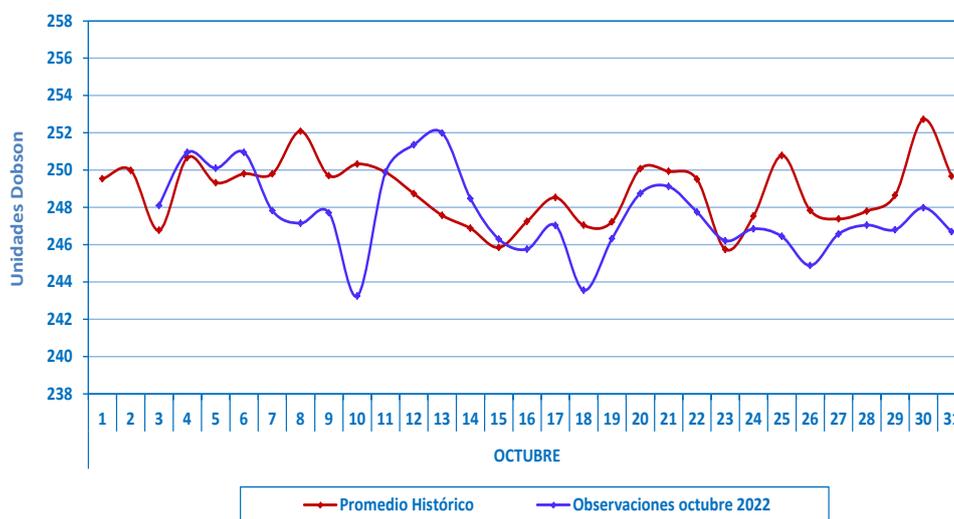
Por otro lado, el comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de octubre oscila entre 245.7 UD y 252.7 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de octubre del presente año, oscilaron entre 243.2 UD y 252.0 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados en el presente mes, estuvieron en un 66% por debajo de sus valores climáticos.

Al comparar ambas series se ha observado un comportamiento variable, con valores alejados a sus normales. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país, con respecto al mes de setiembre fue a una ligera disminución, debido al poco aporte de concentraciones de ozono y persistencia, por parte de masas de aire provenientes del noreste. Cabe mencionar que durante el mes de registraron flujos entre quasi-meridionales y en forma paulatina, zonales (flujos del noreste y este) que en cierta manera fueron influenciados por la escasa presencia de sistemas anticiclónicos.

De acuerdo a lo descrito, se podría pensar que, en niveles bajos de la estratósfera, el régimen térmico registró un comportamiento variable. En 100 hPa se registró un enfriamiento mientras que en 70 hPa un ligero calentamiento (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. Octubre 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. 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 247.6 UD inferior en 1.7 UD al promedio mensual multianual (249.3 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 (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 96% de días del mes de setiembre 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 83% 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 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 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 octubre, obtenido del Metop-C/GOME-2 tanto para el hemisferio norte como para el hemisferio sur, notándose mayores concentraciones en la región tropical y en latitudes medias del hemisferio norte y sur, debido a circulaciones regionales y la estacionalidad. Asimismo, la altura de las altas concentraciones es mayor entre los 40°N y 65°S, debido mayormente a la densidad del aire.

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, dado las condiciones propias de la estación de primavera, donde paulatinamente se va registrando una mayor 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 registrado una tendencia a la disminución en este mes, lo cual concuerda con la climatología de estas latitudes.

Para el caso de nuestro país, concentraciones altas se han registrado entre los 60 hPa y 10 hPa con valores entre 15 UD y 26UD.

En los primeros niveles de la atmósfera (tropósfera) si bien es cierto que las concentraciones de ozono son bajas (oscilan entre 1 UD y 10 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.

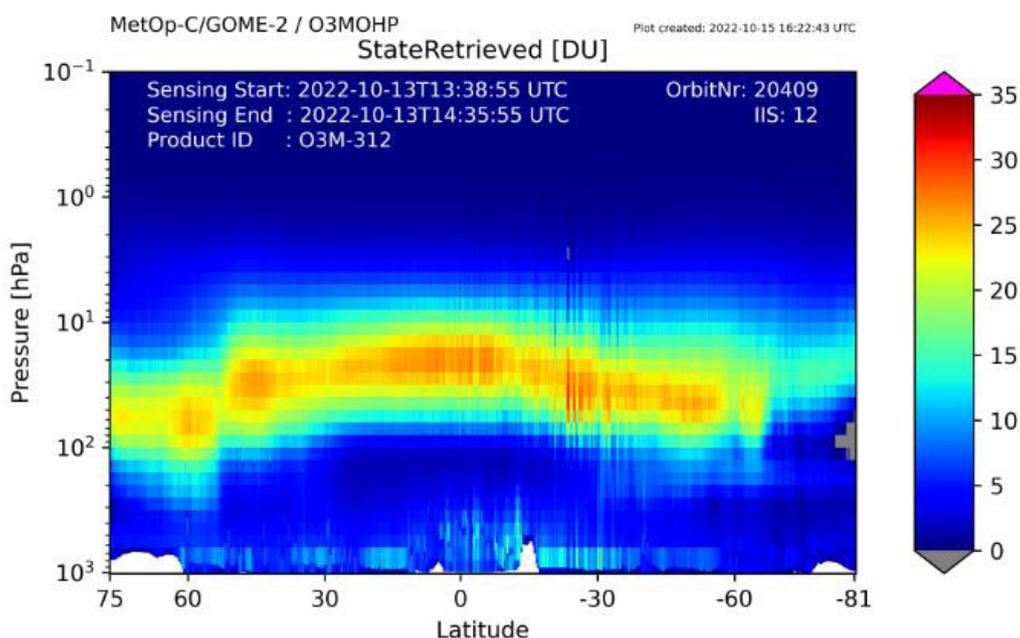
Los valores de ozono son bajos en la tropósfera, altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera. En el mes de octubre los valores residuales de ozono se incrementaron debido a una mayor actividad fotoquímica producto del continuo incremento en la intensidad de la radiación ultravioleta.

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 (30°S - 60°S) del hemisferio sur se pueden observar concentraciones de ozono algo menores a los de latitudes bajas, con la diferencia de que la altura de esas concentraciones menores, se encuentran a menor altura, características que son debidas principalmente a la baja densidad de la atmósfera como producto de las bajas temperaturas, aunados a la circulación de los vientos 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:

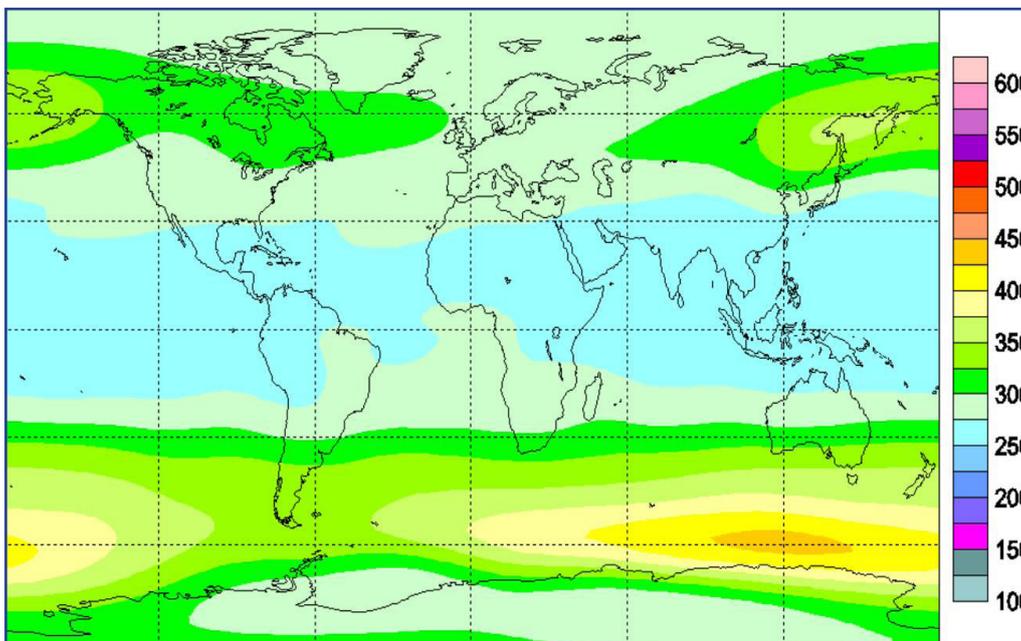
En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 - 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de octubre, mostrando regiones con concentraciones relativamente altas, pero menores al mes anterior). En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 30°N - 20°S aproximadamente las concentraciones de ozono registradas oscilan entre 250 UD y 300 UD.

En latitudes medias del hemisferio norte, por encima de los 30° las concentraciones son ligeramente mayores al mes anterior (275 UD - 375 UD) hasta aproximadamente los 60°. En latitudes altas, el ozono atmosférico muestra valores entre 275 UD y 350 UD.

En el caso del hemisferio sur, las mayores concentraciones de ozono se observan en latitudes medias, entre 300 UD - 450 UD, mientras que, en latitudes altas las concentraciones son menores con valores entre 250 UD - 350 UD (región antártica).

FIGURA N° 6

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



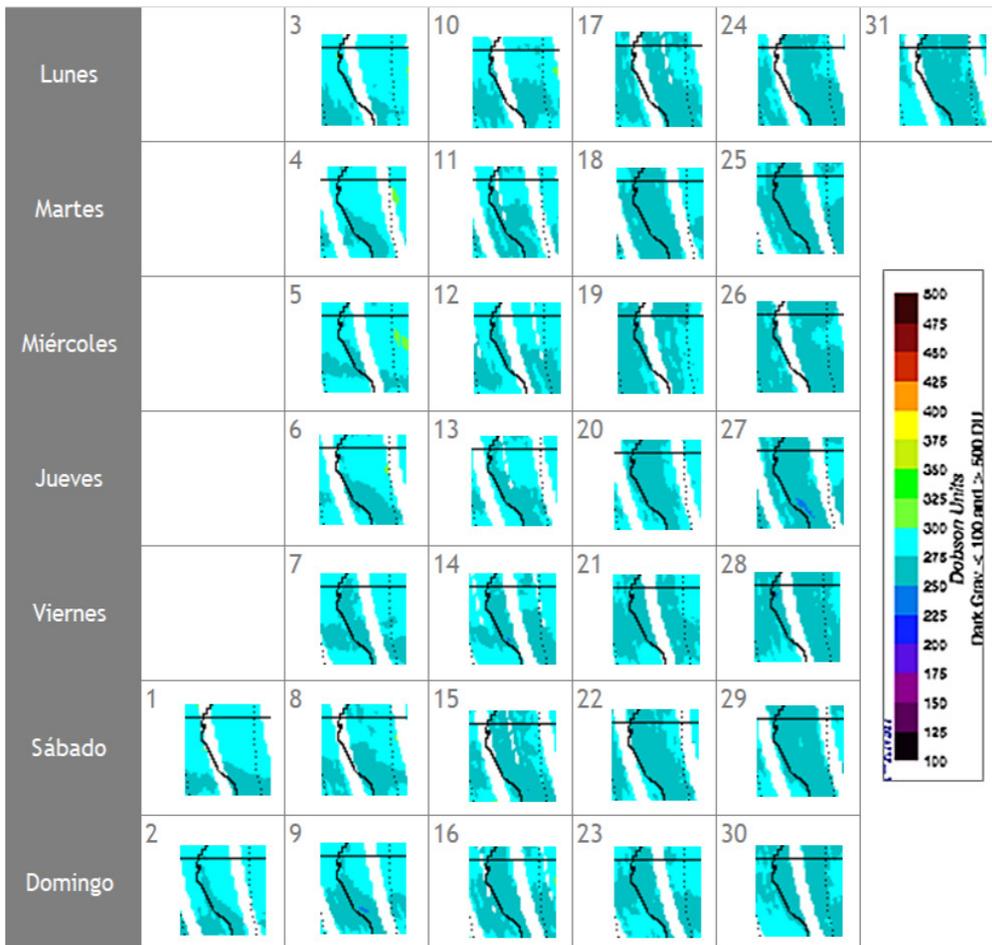
Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin>

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 7), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico fueron bajas comparadas al mes anterior. En gran parte del mes las concentraciones de ozono oscilaron entre 225 UD y 275 UD.

Durante los primeros seis días, las concentraciones bajas de ozono se focalizaron mayormente en la región sur del país, mientras que a partir del 07 hasta el 13 de octubre la cobertura de estas bajas concentraciones se amplió a gran parte del país, para finalmente a partir del 14 hasta el 31 de octubre dicha cobertura abarcara a todo el país. Esta tendencia guarda relación con los valores climáticos en superficie. Se debe precisar que concentraciones mucho menores a las descritas, se registraron durante los días 09, 14 y 27 con concentraciones de ozono entre 225 UD y 250 UD, todos en la región sur del país.

FIGURA N° 7

Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de octubre 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 8 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2021 hasta el mes de octubre 2022, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N.

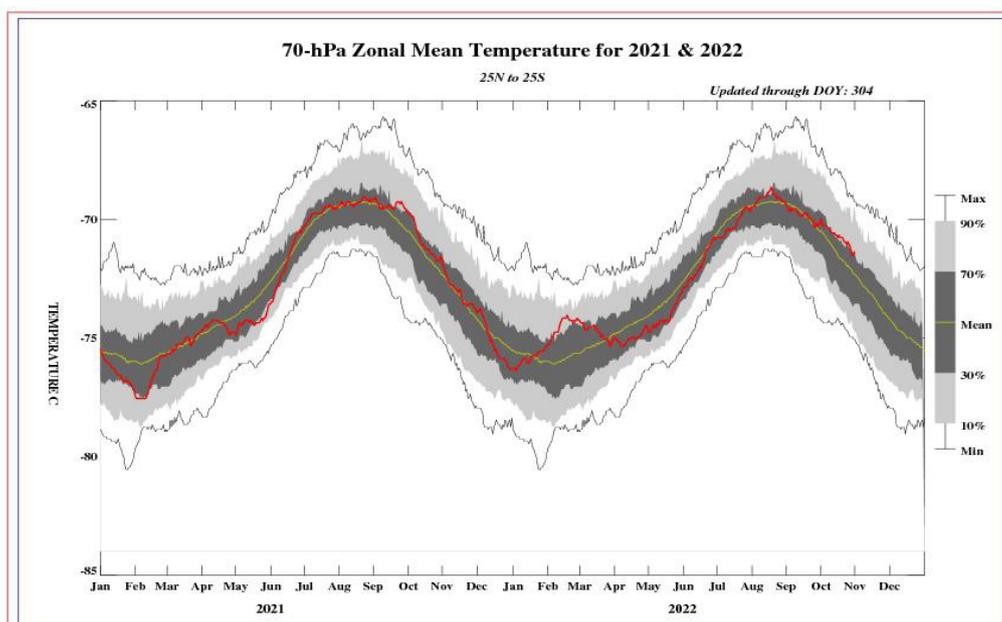
Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo), tuvo un comportamiento a la disminución (en valor numérico), mucho más que el mes pasado, lo cual denota una atmósfera “más fría” (físicamente). Durante el mes, el régimen térmico se alejó de sus valores climáticos, pero 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 -71.2°C , mayor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -70.7°C . Como se observa, existe una ligera 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 247.6 UD mayor al mes anterior.



FIGURA N° 8

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



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

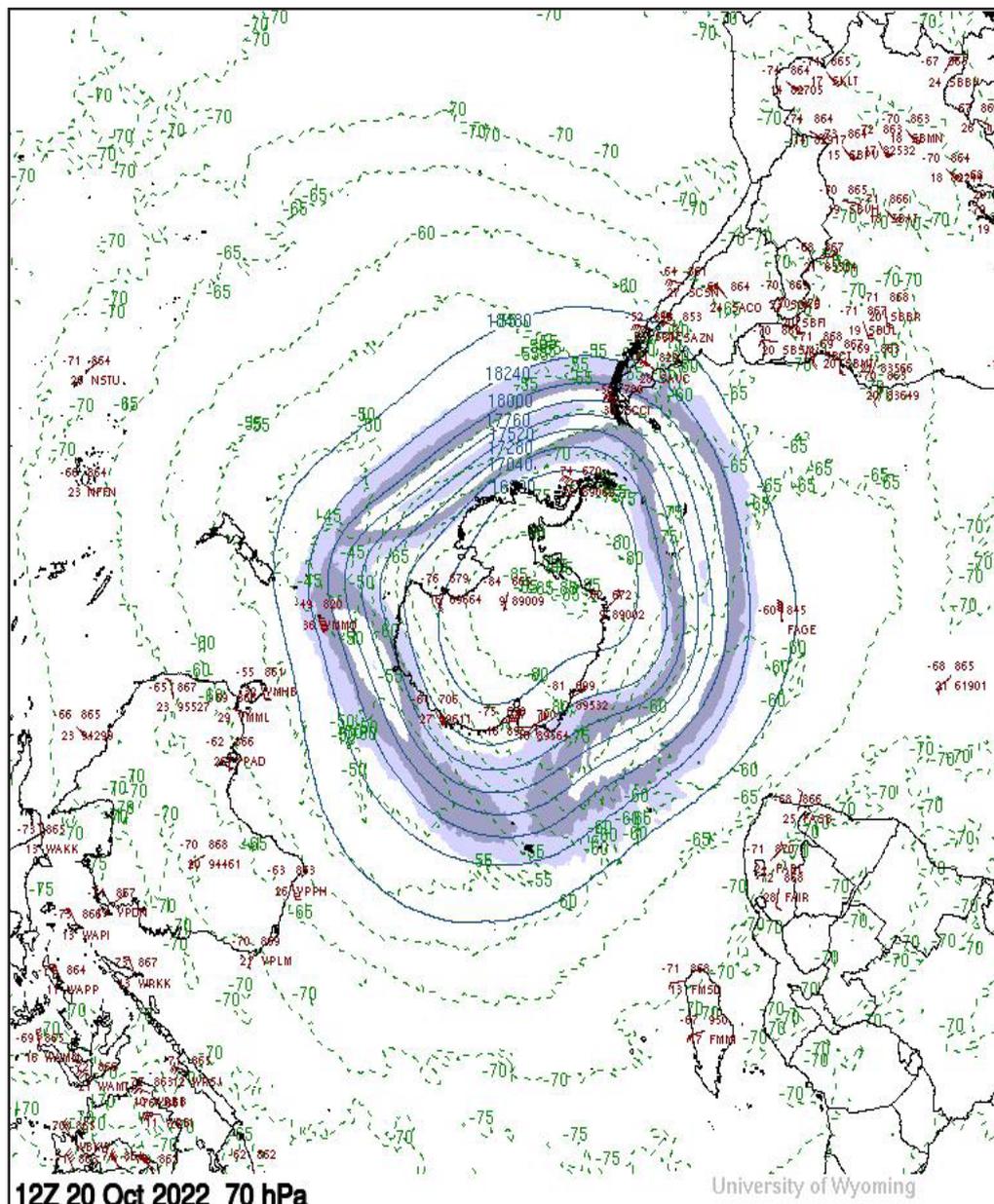
El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de octubre, es mostrado en la Figura 9 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -85°C a -80°C (en gran parte del mes), debido principalmente a factores atmosféricos (vórtice polar) y astronómico (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 continua del vórtice polar (color morado), dada aún, las bajas temperaturas en la alta atmósfera. Por otro lado, 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 -70°C y -71°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.

FIGURA N° 10

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (20 octubre 2022)



Fuente: Universidad de Wyoming

III.-CONCLUSIONES

1. El mes de octubre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono sobre nuestro país (los medidos en superficie) empiezan a disminuir. En el presente mes dicho comportamiento registró una ligera tendencia al descenso registrando un valor de 247.6 UD como valor promedio. Este descenso tuvo como causa los menores ingresos de masas de aire con contenido de ozono provenientes del hemisferio norte. Los flujos de aire fueron quasi-meridionales y zonales (vientos del noreste y 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 243.2 UD a 252.0 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 octubre, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 60 hPa y los 10 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 15 UD y 26 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 menor 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 10 UD) en este mes (similares a setiembre), 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.
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 bajas (250 UD y 275 UD) durante los primeros seis días del mes, especialmente en la región sur del país, mientras que a partir del 07 hasta el 13 de octubre la cobertura de estas bajas concentraciones se amplió a gran parte del país, para finalmente a partir del 14 hasta el 31 de octubre dicha cobertura abarcara a todo el país. 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 octubre, los valores se caracterizaron por un mayor alejamiento de su normal climática, con tendencia a un ligero “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 octubre 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 diciembre de 2022



**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