

SETIEMBRE 2021
Vol.09

BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL
OZONO
ATMOSFÉRICO EN LA
ESTACIÓN VAG
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 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 hiperspectrales del instrumento (recopilación y procesamiento de la información a lo largo de todo el espectro electromagnético) mejoran la precisión y exactitud de la cuantificación de las cantidades de ozono atmosférico total.

II. RESULTADOS

Cabe mencionar que el mes de setiembre presentó características térmicas similares al mes anterior, a pesar de que desde fines de mes se iniciara la estación astronómica de primavera 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 desplazarse 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 gran parte del Perú, producto de la circulación de masas atmosféricas que permiten el desarrollo paulatino de fenómenos sinópticos a escala regional, notándose principalmente en las regiones central y sur. 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 oeste, claro está que también se registraron flujos del noroeste, pero con menor frecuencia. Asimismo, se ha notado mayor persistencia de un sistema bastante cerrado entre Perú, Bolivia y Brasil que 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).

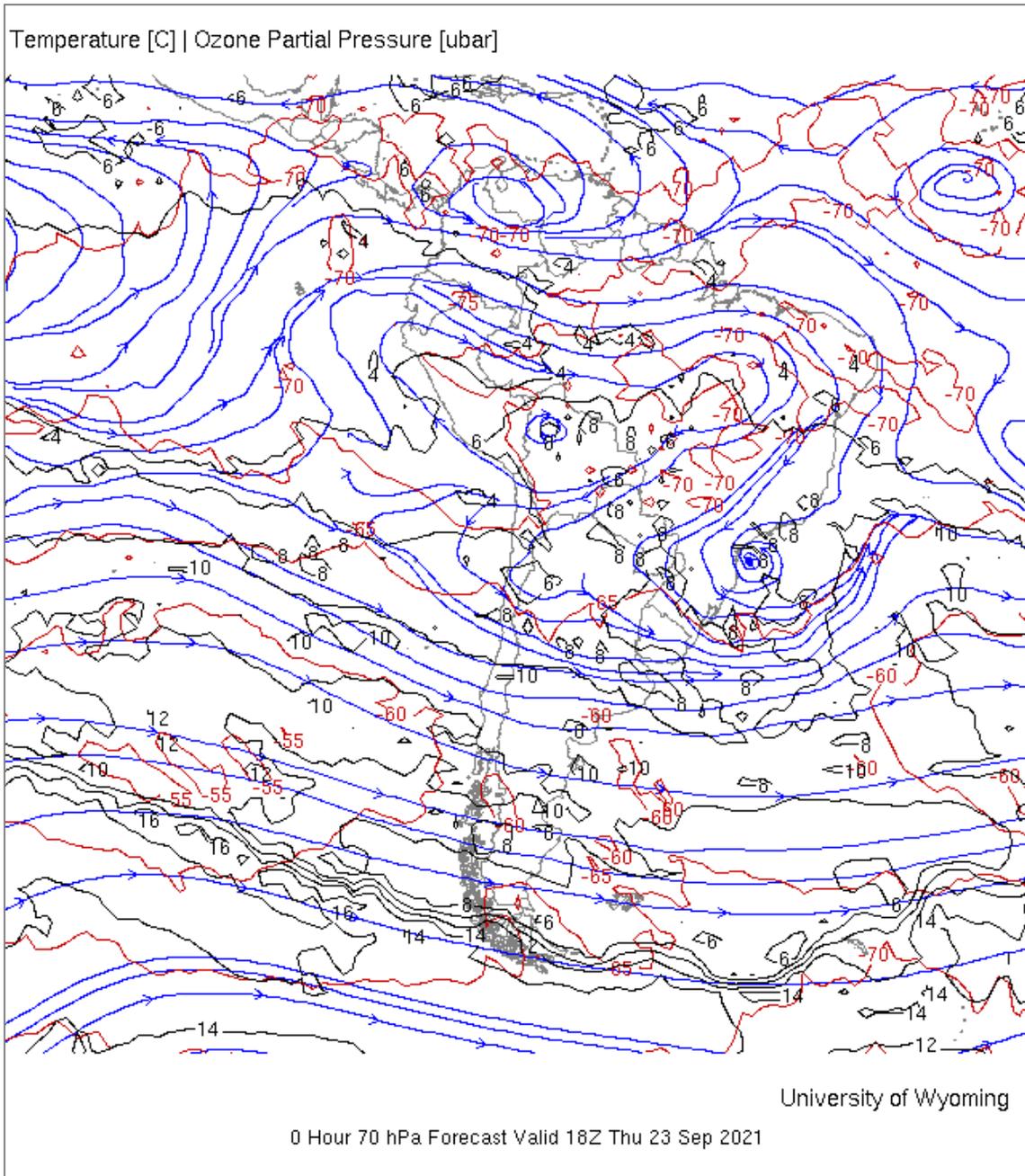
Con el fin de reforzar lo descrito, se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de setiembre, en superficie, en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 239.3 UD y 251.6 UD (UD = Unidades Dobson), menores que el mes pasado.

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, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, donde los valores son moderados a 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 empieza a incrementarse en forma paulatina, con respecto al mes anterior, las reacciones fotoquímicas llegan a tener actividad moderada debido a factores mayormente astronómicos.

FIGURA N°2

Flujo de masas de aire obedeciendo a un patrón anticiclónico. 23 de setiembre 2021.



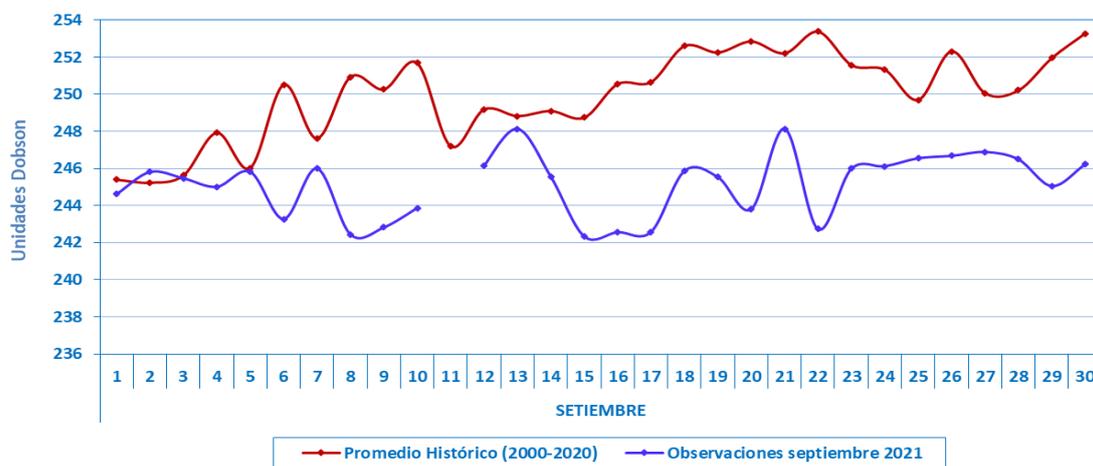
El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2020) del mes de setiembre oscila entre 245.2 UD y 253.4 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de setiembre del presente año, oscilaron entre 242.3 UD y 248.1 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron en un 93% por debajo de sus valores climáticos, mientras que un 7% estuvieron por encima.

Al comparar ambas series se observa 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 agosto fue a la disminución. El registro de masas de aire en niveles bajos de la estratósfera, formando un núcleo persistente de forma ciclónica sobre nuestro país sería uno de los causantes de ese proceso.

En líneas generales, se podría pensar que, en niveles bajos y medios de la estratósfera, el régimen térmico registró una pequeña tendencia a la disminución.

FIGURA °3

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Setiembre 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 245.1 UD inferior en 5.9 UD al promedio mensual multianual (251.0 UD).

Si bien es cierto que en los meses de verano en la región tropical se forma y destruye más ozono por efecto de la mayor intensidad de la radiación ultravioleta, también es cierto que la circulación de los vientos (a nivel vertical) desde la tropósfera hacia la estratósfera permite el traslado de cantidades de ozono los cuales a lo largo de los meses lo van redistribuyendo hacia latitudes mayores (Circulación Brewer-Dobson), que permite el déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas.

Por otro lado, en el mes de setiembre se ha notado, comparándolo con la climatología del ozono, una disminución en las concentraciones de la misma, dando a entender que en la región tropical del hemisferio sur se registró poco aporte de ozono debido a la formación de un sistema ciclónico sobre nuestro país así como en Bolivia y Brasil. Climáticamente las concentraciones de ozono, disminuyen en los meses enero y mayo-junio, para luego, por cuestiones de la circulación de los vientos en niveles medios y altos de la estratósfera, así como por los propios procesos fotoquímicos, empiezan a aumentar, pero en este caso ocurrió todo lo contrario, disminuyeron.

Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 4 se muestra el perfil vertical de ozono atmosférico de un día típico del mes de setiembre, 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 15 hPa con valores entre 15 UD y 25 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.

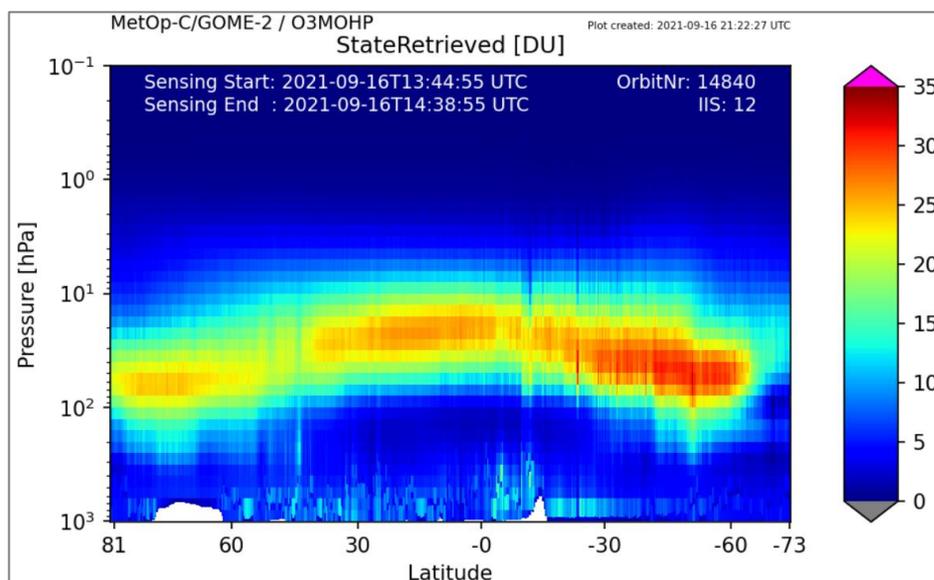
Los valores de ozono son bajos en la tropósfera, altos en la estratósfera baja y media, y bajos en la mesósfera.

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 4.

En latitudes medias del hemisferio sur se puede observar altas concentraciones de ozono atmosférico cuyos valores oscilan entre 20 y 35 UD entre los 100 hPa y 20 hPa.

FIGURA N°4

Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha



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

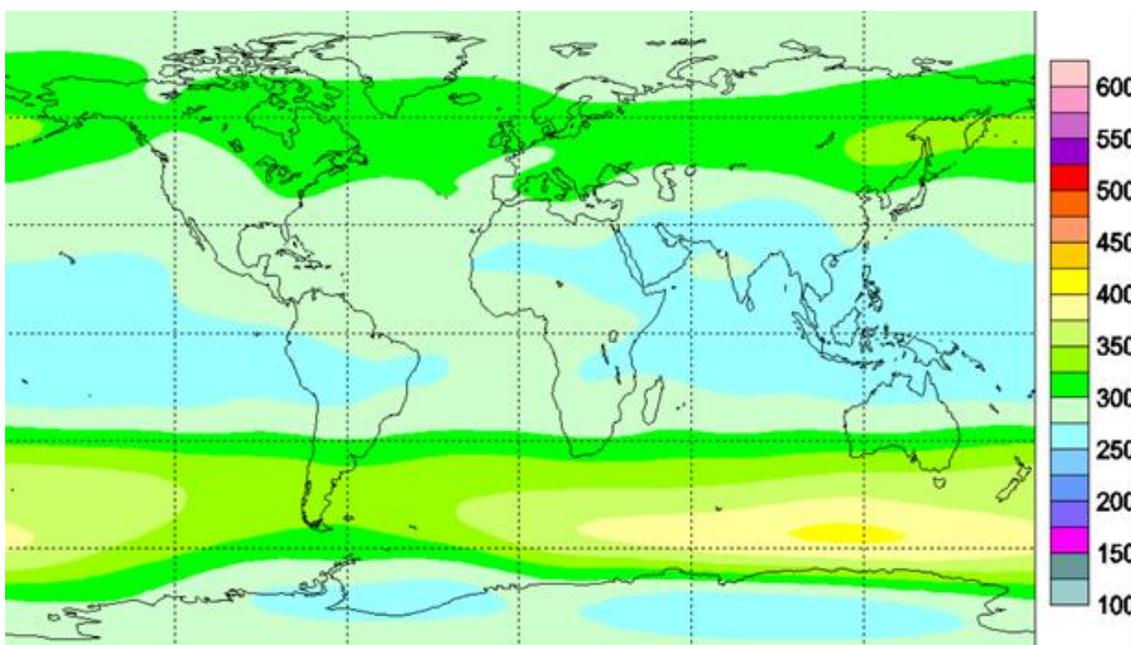
En la Figura 5 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de setiembre, mostrando regiones con concentraciones altas (valores mayores al mes anterior). En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 30°N – 30°S aproximadamente las concentraciones 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 menores al mes anterior (275 UD – 350 UD) hasta aproximadamente los 60°. En latitudes altas, el ozono atmosférico muestra valores entre 275 UD y 300 UD.

En el caso del hemisferio sur, las mayores concentraciones de ozono se observan en latitudes medias, entre 300 UD – 425 UD, mientras que, en latitudes altas las concentraciones son menores con valores entre 250 UD – 300 UD (región antártica).

FIGURA N°5

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



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

En la Figura 6, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de setiembre del presente año y en ella se observan características diferentes al mapa climático. En el hemisferio norte, en gran parte de las latitudes el comportamiento es algo similar al mostrado en el mapa climático, pero con mayores áreas con concentraciones bajas, especialmente en el Ártico.

En lo que concierne al hemisferio sur, se registraron regiones en donde las concentraciones fueron algo menores a sus valores normales, como por ejemplo en latitudes bajas donde los valores de ozono oscilaron entre 250 UD y 300 UD.

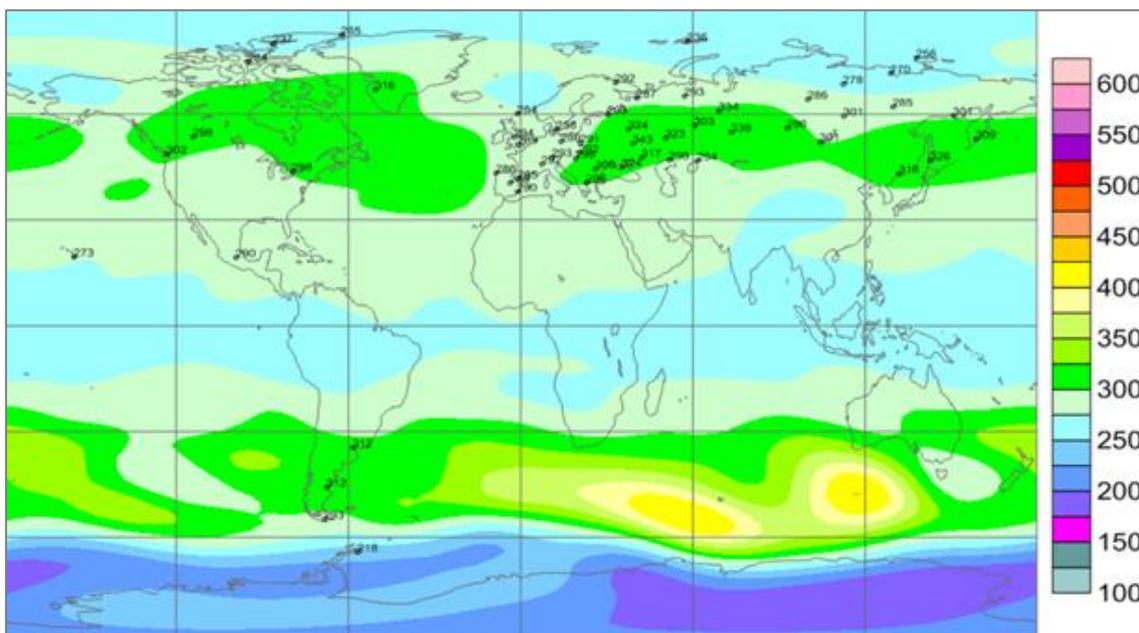
En lo que concierne a la región antártica las concentraciones fueron mucho

menores con valores entre 275 UD y 175 UD como producto de la persistencia de las bajas temperaturas.

En el caso de nuestro país se observan concentraciones de ozono entre 250 UD y 275 UD (similar al mes de agosto).

FIGURA N°6

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de setiembre 2021



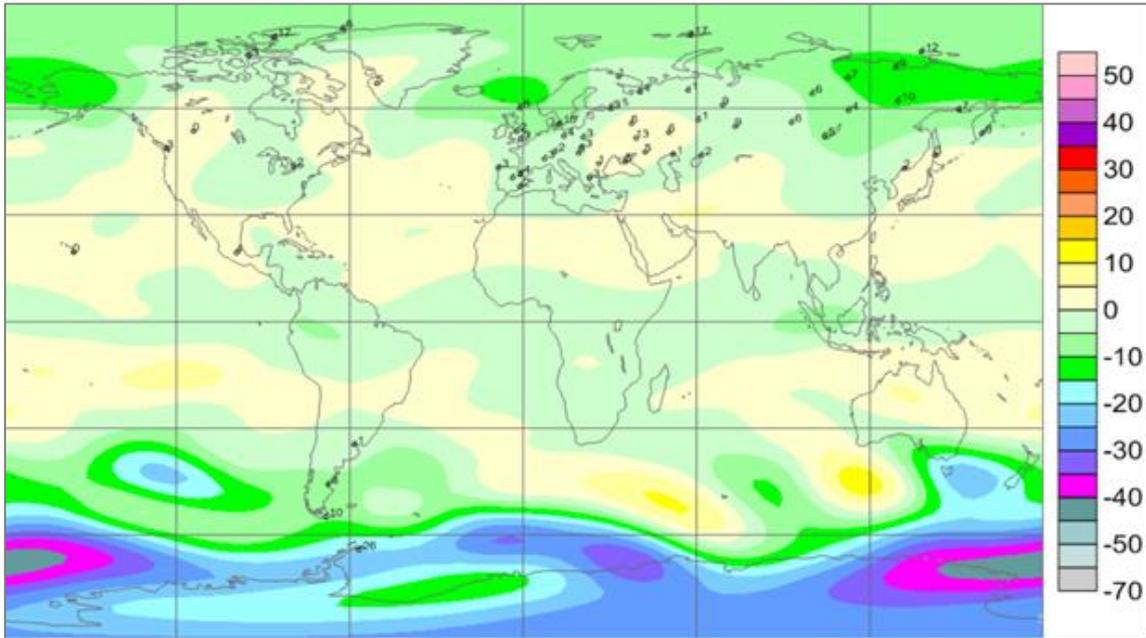
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

En cuanto a la desviación media del mes de setiembre, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus valores normales con una desviación de hasta -5% (menor al mes pasado), en la región central y norte del país, mientras que en la región sur se registraron desviaciones de +5%.

En latitudes medias del hemisferio sur, se presentaron 2 núcleos muy marcados, con concentraciones de ozono por debajo y por encima de lo normal, en forma alternada, cuyas desviaciones oscilaron entre -25% a +15%, mientras que en latitudes altas los valores de desviación oscilaron entre -15% a -45%. En el Pacífico sur se muestran los dos núcleos, anteriormente mencionados, con concentraciones de ozono por debajo de sus valores climáticos. Figura 7.

FIGURA N°7

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

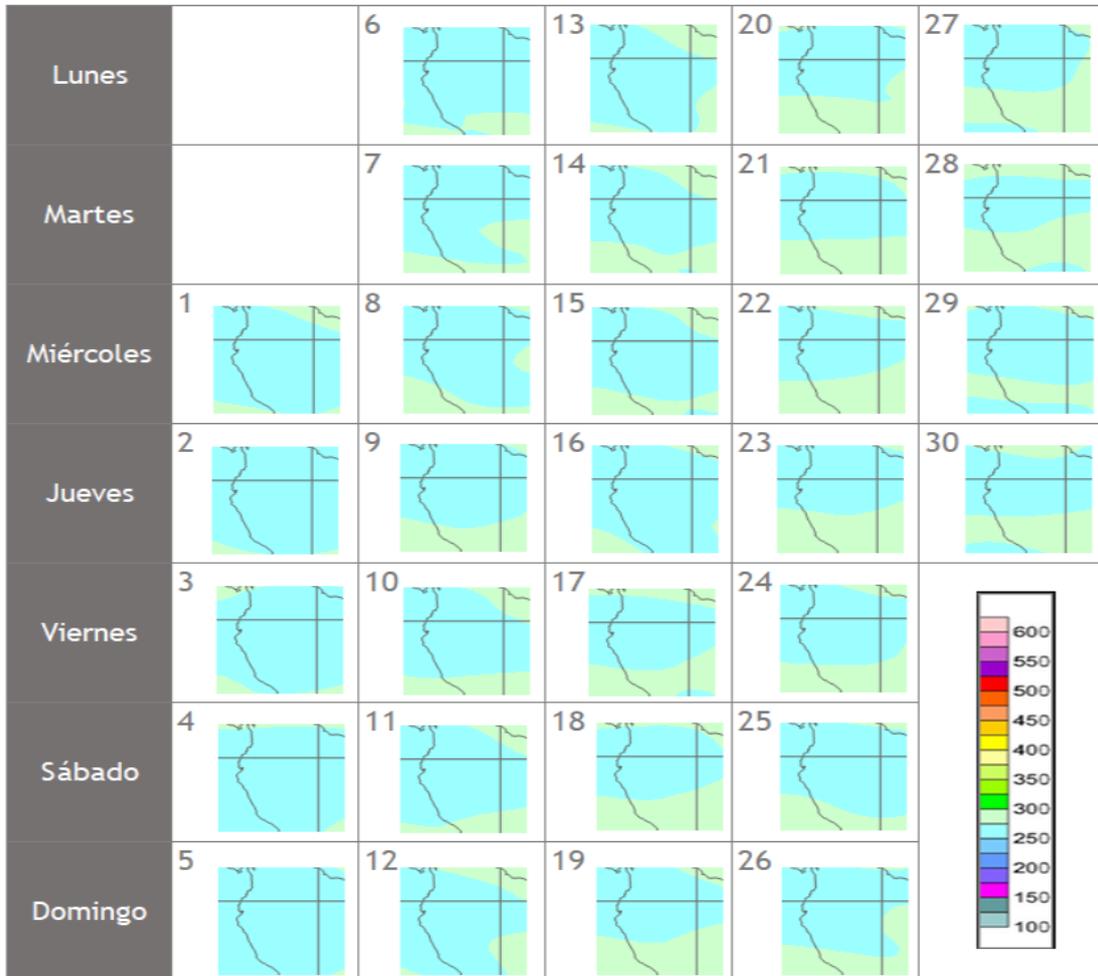


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá (Fig. 8), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico fueron relativamente altas comparadas al mes anterior. En gran parte del mes las concentraciones de ozono oscilaron entre 250 UD y 300 UD. Durante los días 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13 y 16 las concentraciones de ozono oscilaron entre 250 UD y 275 UD en todo el país, mientras que durante los días 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 y 15 se observó un incremento que osciló entre 275 UD y 300 UD especialmente en la región sur del país. En lo que concierne a los días 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30 se registraron los mismos valores, pero el área de cobertura fue desde la región sur hasta la región central del país.

FIGURA N°9

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

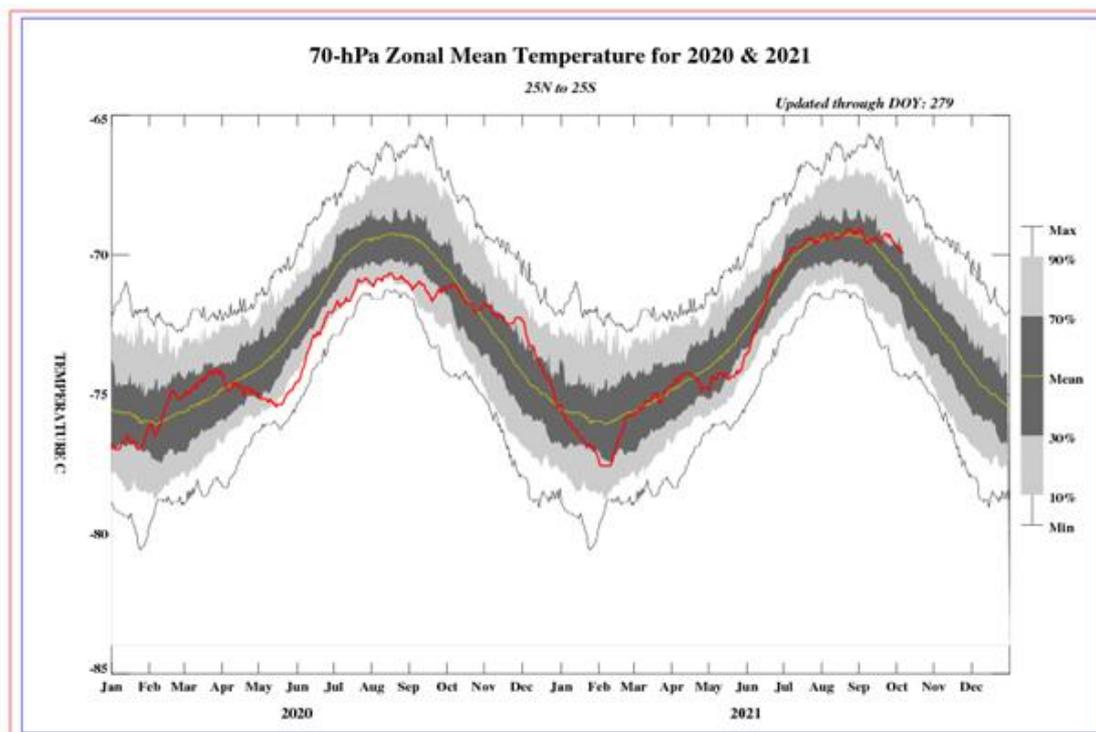
El que la temperatura aumente o disminuya en la estratósfera va a depender de las concentraciones de sustancias que agotan el ozono, así como de la estacionalidad y la circulación atmosférica.

En la Figura 9 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2020 hasta el mes de setiembre 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), mantuvo casi el mismo comportamiento que el mes pasado, con un ligero alejamiento de su valor normal (línea de color amarillo), especialmente a partir de la segunda quincena del mes, esto debido a procesos de menor formación de ozono por un ligero aumento 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 un aumento de la temperatura en la atmósfera alta, está ligada con el incremento de las concentraciones de ozono y viceversa, los cuales tienen causas físicas y químicas. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de -70.0°C , menor en valor físico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -69.4°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, como ya anteriormente se ha mencionado, el promedio mensual fue de 245.1 UD menor en 1.3 UD al mes anterior debido al comportamiento térmico así como a la presencia de un sistema ciclónico sobre nuestro país.

FIGURA N°9

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



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

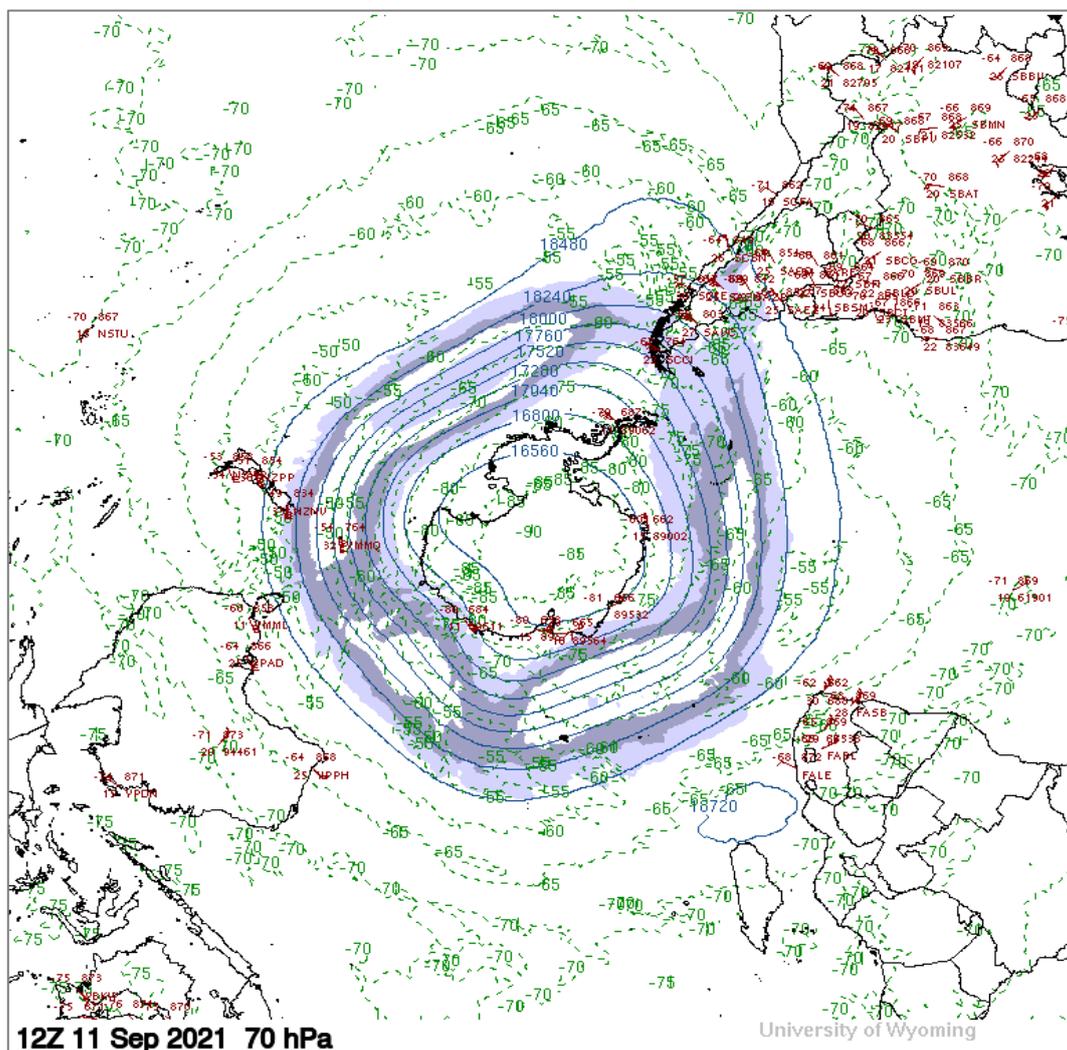
El comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de setiembre, es mostrado en la Figura 10 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -85°C a -90°C (valores similares al mes pasado), el cual 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 con el transcurrir de los días.

Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol (inclinación con respecto al plano ecuatorial) juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. Por otro lado, en la región tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) han registrado valores bastante similares al mes pasado debido a la disminución de la concentración de ozono.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han continuado oscilando entre -70.0°C y -69°C , debido a que casi no hubo aporte de ozono de latitudes bajas del hemisferio norte por efecto de la presencia de un sistema ciclónico.

FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (11 setiembre 2021)



Fuente: Universidad de Wyoming

III. CONCLUSIONES

1. El mes de setiembre se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) continúan en aumento en forma ligera con respecto al mes de agosto. En el presente mes más bien disminuyeron en 1.3 UD con respecto al mes pasado registrando un valor de 245.1 UD como valor promedio, debido al menor aporte de ozono en nuestras latitudes producto de la presencia de un sistema ciclónico sobre nuestro país.
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 242.3 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 ligera disminución en el régimen térmico, donde las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera han bajado.
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 setiembre, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente entre los 50 hPa y los 15 hPa (baja y media estratósfera) con valores de 15 UD y 25 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 (climáticamente en los meses de agosto y setiembre se registran las mayores concentraciones de ozono y por ende la temperatura llega a aumentar), pero en este mes más bien disminuyeron.
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 altas (250 UD y 300 UD) en todo el país y durante gran parte del mes. 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 setiembre, los valores se caracterizaron por un ligero alejamiento a su

normal climática, entendiéndose que la atmósfera en ese nivel ha presentado condiciones más frías que el mes pasado, el cual trajo 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 -70.0°C, pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de -69.4°C.

7. Debido a condiciones de cambio de estación astronómica hacía la primavera en el hemisferio austral, durante este mes, los niveles de radiación solar se han incrementado en forma paulatina, trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos en la estratósfera sean más dinámicos, lo cual contribuye a la variabilidad 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
jprojas@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:
Ing. Orlando Ccora Tuya
Bach. Juan Tacza Ordoñez
Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda
Tco. Julia Astudillo Capcha

Próxima actualización: 15 de noviembre de 2021

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