

ENERO 2021
Vol.01

BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL
OZONO
ATMOSFÉRICO EN LA
ESTACIÓN VAG
MARCAPOMACOCHA





Introducción

La disminución de la concentración de ozono en la región antártica durante el año 2020 marcó una atención a nivel mundial por la profundidad y la duración del sistema atmosférico denominado vórtice polar con vientos muy fríos y temperaturas muy bajas.

El crecimiento de esta disminución de ozono o “agujero” fue tan profundo que incluso llegó alcanzar un máximo cercano a los 25 millones de kilómetros cuadrados de extensión, los cuales fueron registrados el 20 de septiembre del año pasado. Esto lo convirtió en el “más grande desde que comenzó el monitoreo de la capa de ozono hace aproximadamente 40 años, así como uno de los más duraderos”.

Esta disminución en la concentración de ozono en el año 2020 contrasta enormemente con el inusualmente pequeño registrado durante el 2019. Esto demuestra la variabilidad de un año a otro del “agujero” el cual permite mejorar el entendimiento de los factores causantes de su formación.

Debido a estas situaciones y procesos que ocurren en la atmósfera el cual tiene incidencia también en la región tropical a través de la teleconexión (sistemas acoplados), nuestro país como miembro del Protocolo de Montreal, viene reduciendo poco a poco el consumo de los productos químicos que destruyen la capa de ozono y además por intermedio del SENAMHI viene monitoreando el estado de la capa de ozono en la región central del país con la finalidad de alertar a la comunidad científica nacional e internacional sobre su variabilidad temporal y posible deterioro.

ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con la estación de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) Marcapomacocha, ubicada en la sierra central del país (provincia de Yauli y departamento de Junín), asimismo, se encuentra a una altitud de 4,479 metros sobre el nivel del mar, a una latitud de 11°24'18"S y longitud de 76°19'31"O. Es una de las pocas estaciones a nivel mundial cercanas a la línea ecuatorial y en un medio natural megadiverso. A nivel sudamericano conjuntamente con las estaciones VAG de Natal (Brasil) y la recientemente Chacaltaya (Bolivia) son las que reportan información continua de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera en esta parte del continente.

Las actividades de la estación VAG Marcapomacocha se enmarcan en las mediciones de la concentración de ozono total atmosférico en forma diaria realizadas con el Espectrofotómetro Dobson el cual contribuye con el Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global – VAG de la Organización Meteorológica Mundial – OMM. Otras variables como la radiación ultravioleta, radiación solar global y parámetros meteorológicos también se vienen midiendo en dicha estación.

Con las mediciones realizadas desde 1964 en el Perú, se ha podido conocer el estado y evolución del espesor de la capa de ozono sobre el territorio peruano y en general sobre la porción de la atmósfera tropical sobre el continente sudamericano.

En el futuro la estación VAG Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de dióxido de carbono (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

Cabe mencionar que el mes de enero presenta características térmicas mayores debido a condiciones de estacionalidad donde se han establecido condiciones de verano en el hemisferio austral. Los sistemas atmosféricos que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país se encuentran posicionados en el hemisferio sur. Climáticamente, en niveles altos de la troposfera, la Alta de Bolivia llega a tener mayor actividad debido a las condiciones de circulación atmosférica por efecto del establecimiento de la temporada de lluvias. Asimismo, la señal que permite entender mejor la variación temporal (interanual) del ozono atmosférico es la Oscilación Quasi Biental (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 se mantiene en niveles bajos de la estratósfera, los cuales llegan a tener una incidencia en las reacciones fotoquímicas que se realizan, induciendo en los valores de las concentraciones de ozono atmosférico.

Para acentuar lo mencionado, se tiene que en niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha venido observando (según el Modelo GFS) la presencia de flujos mayormente del sureste. Los vientos zonales que anteriormente se presentaban constantemente, ahora han disminuido en persistencia para dar paso a vientos provenientes del flujo anticiclónico, el cual se presentó en varias ocasiones durante el mes especialmente en la región central de América del Sur. Este comportamiento en los flujos trajo como consecuencia la disminución de aportes de concentraciones de ozono atmosférico sobre nuestro país y también sobre la región tropical. (Figura. 2)

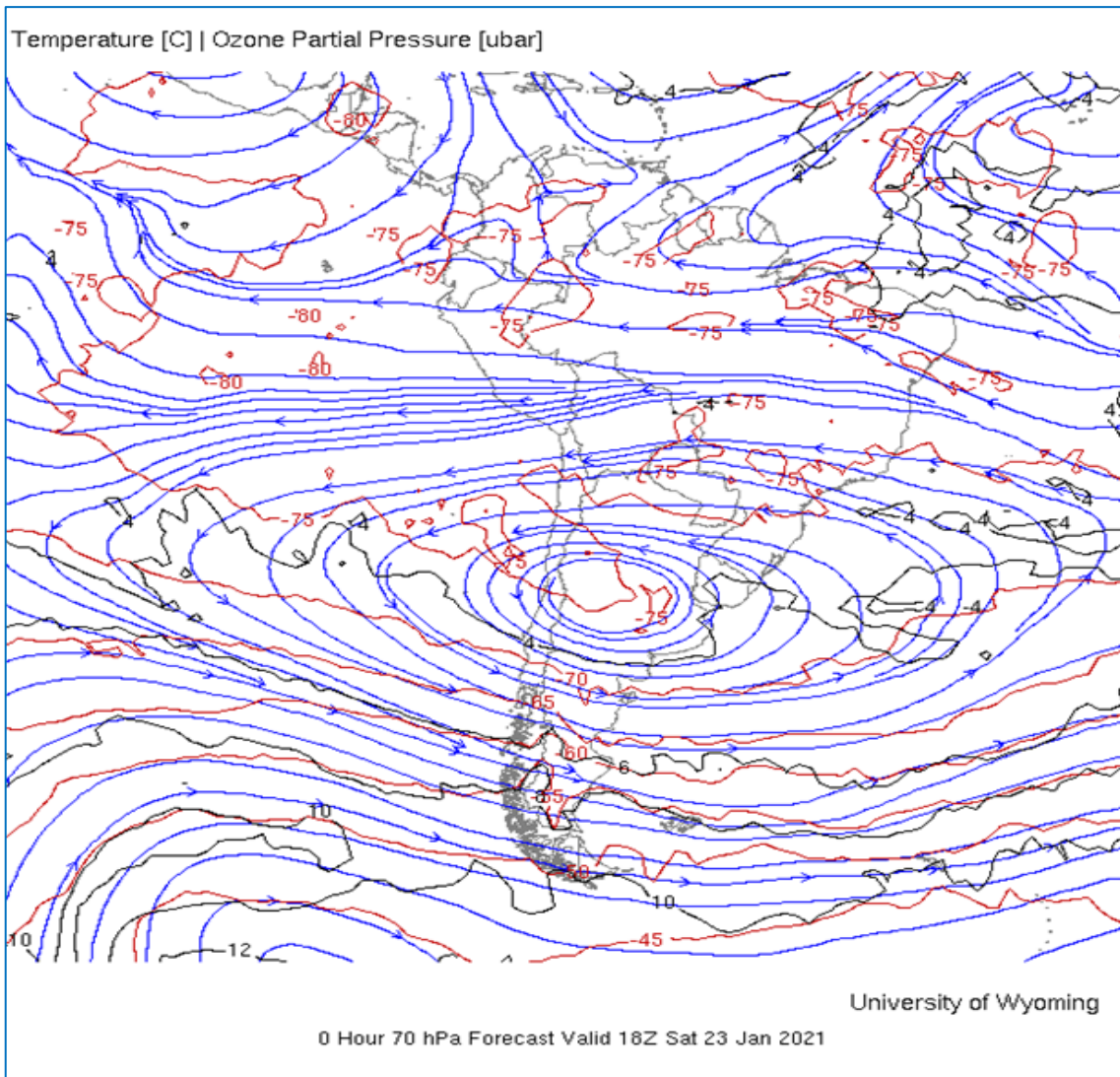
Con el fin de reforzar lo descrito en el párrafo anterior se menciona que, del monitoreo realizado en el mes de enero, en superficie, en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 238.3 UD y 249.2 UD (UD = Unidades Dobson).

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

Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja y por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía donde los valores son demasiado altos, permite una reducción del ozono y en horas de la tarde a medida que el sol va llegando al ocaso (disminución de la intensidad de la radiación solar) las concentraciones de ozono vuelven a incrementarse. Este comportamiento horario también va a depender de otros factores como los ambientales (efectos residuales de ozono a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono). Un punto importante a remarcar es el proceso de formación y destrucción del ozono por efectos fotoquímicos, a medida que la intensidad de la radiación solar se incrementa dicha actividad es mayor. En el periodo analizado, dado de que en este mes se registran valores altos de radiación ultravioleta, las reacciones fotoquímicas llegan a tener mayor actividad debido a factores mayormente astronómicos.

FIGURA N°2

Flujo de masas de aire provenientes con componente zonal. 23 de enero 2021.

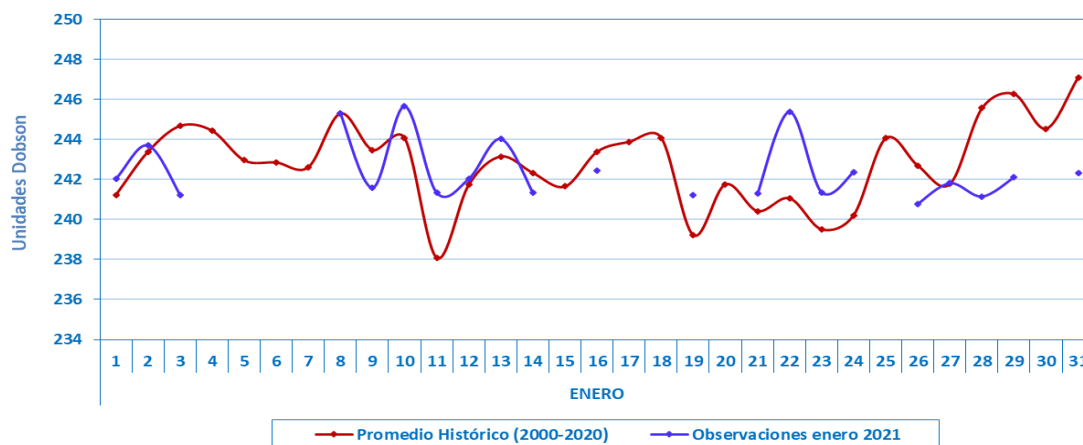


El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2019) del mes de diciembre oscila entre 238.1 UD y 247.1 UD aproximadamente (Figura 3), mientras que los medidos en el mes de enero del presente año, oscilaron entre 240.8 UD y 245.7 UD. En la figura se aprecia que los valores registrados estuvieron mayormente por encima de sus valores climático, pero sus diferencias no han sido tan grandes como en otros meses. La tendencia de las concentraciones de ozono sobre nuestro país es a la disminución, los cuales son propios de la estacionalidad, así como el descenso de flujos de viento que aportan ozono.

En líneas generales, se podría pensar que en niveles bajos y medios de la estratósfera ha continuado la disminución de temperaturas.

FIGURA 03

Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Enero 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 244.7 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 242.4 UD superior en 0.5 UD al promedio mensual multianual.

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

En este mes de enero se ha notado, comparándolo con la climatología del ozono, una disminución en las concentraciones de la misma, dando a entender que se han registrado flujos de viento en la estratósfera baja, mayormente del sureste, los cuales permitieron un menor traslado de ozono hacia nuestras latitudes. Climáticamente las concentraciones de ozono en este mes es la segunda más baja durante el año y es debido a procesos de circulación en niveles bajos y medios de la estratósfera.

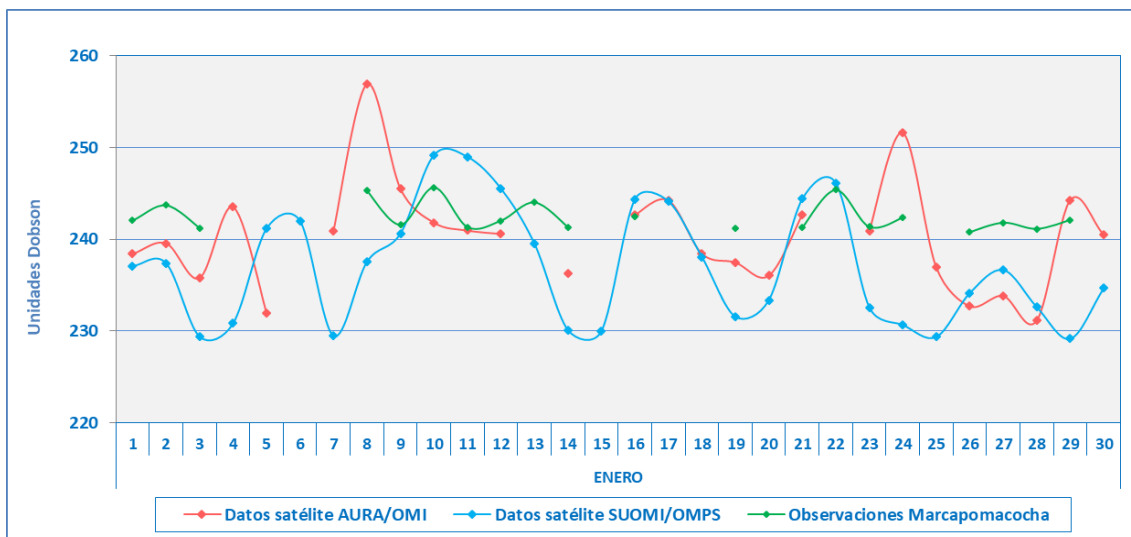
Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede notar nuevamente un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 33% de días del mes de enero los valores de ozono diario medidos estuvieron por debajo de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, mientras que en lo que respecta al SUOMI (OMPS), en 29% de días del mes, los valores de ozono registrados estuvieron por debajo de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, Figura 4.

De este análisis podemos decir que existen días donde las diferencias entre los valores registrados por los satélites y el medido en superficie, son bastante altas en el orden de 1 a 20.9 UD, mientras que, comparando sólo los dos satélites, ambos muestran una mayor variabilidad en el mes, donde las diferencias han estado entre 1 UD y 13 UD.

Cabe precisar que, en promedio, en este mes, un 31% de la información proveniente de los satélites ha venido mostrando valores menores a lo registrado con el Espectrofotómetro Dobson. La tendencia de las concentraciones de ozono registrado en superficie es bastante estable en el tiempo mientras que los medidos con los satélites, son variables.

FIGURA N°4

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélites versus información de superficie enero 2021.



Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra el perfil vertical de ozono atmosférico promedio del mes de enero de la estación VAG Marcapomacocha obtenido del satélite SUOMI donde se muestra que las mayores concentraciones de ozono se dan en la estratósfera (por encima de los 100 hPa) con un poco más del 89% del ozono total en la atmósfera.

A nivel de tropósfera las concentraciones de ozono son demasiado bajas alrededor de casi el 11% del ozono total. En los primeros niveles, al igual que el mes pasado, desde superficie hasta los 639.3 hPa, se observó un incremento en las concentraciones de ozono mayormente por los efectos residuales de los días anteriores. Por encima de ese nivel hasta los 160.6 hPa, las concentraciones disminuyeron para luego de ahí aumentar hasta los 25.5 hPa (en promedio valores de 48.3 UD), para luego, en capas mayores (altas), presentar una disminución vertiginosa.

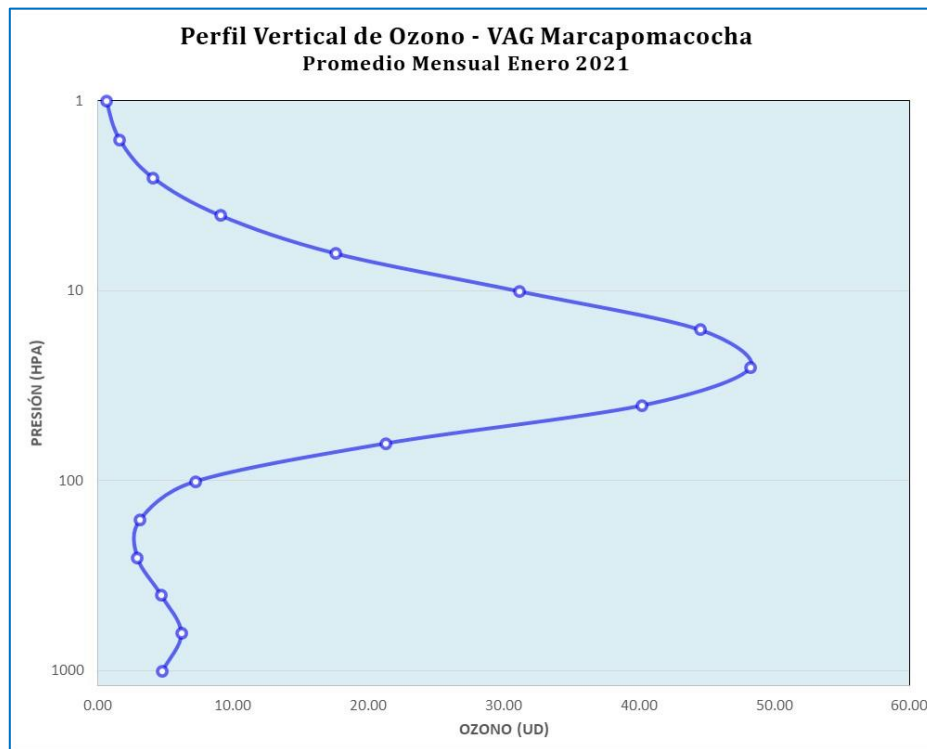
En la misma figura se puede notar que la altura en donde se encuentra la máxima concentración de ozono se da cercano a los 33 km de altura, entre la baja y media estratósfera.

Debe considerarse que la forma que adquiere la distribución vertical es típica en la atmósfera, sabiendo que las concentraciones pueden variar de acuerdo a la latitud, estación astronómica y las condiciones meteorológicas.

La información de ozono promedio en el mes de enero, obtenida por el satélite SUOMI fue de 247.7 UD, mientras que el registrado por el Espectrofotómetro Dobson fue de 242.4 UD. Hay una diferencia entre ambas de 5.3 UD lo cual es propio de la forma de medición.

FIGURA N°5

Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha

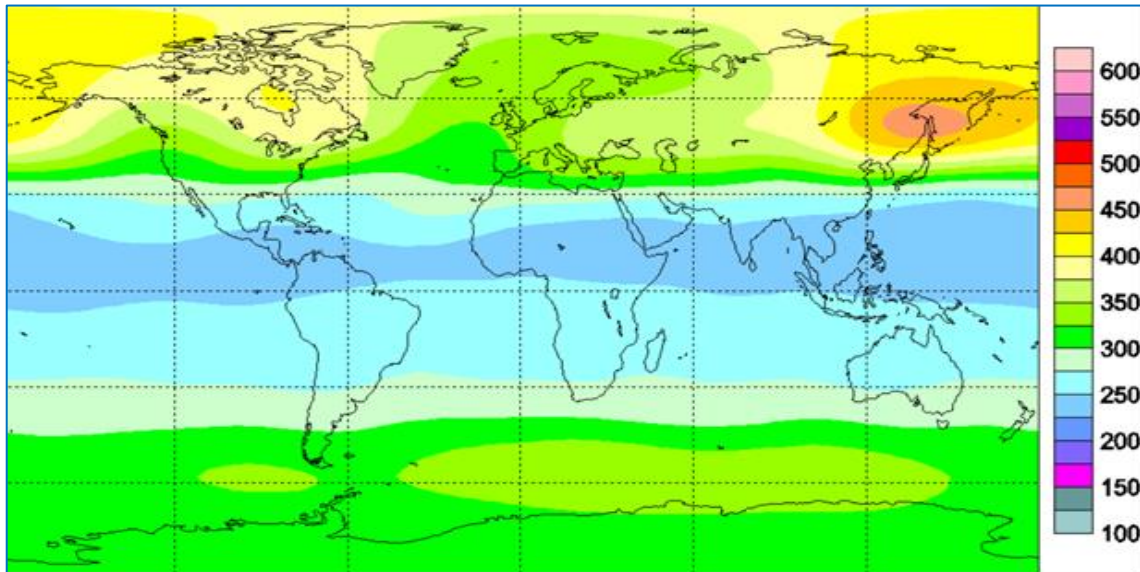


En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

- En la Figura 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de enero, mostrando regiones con concentraciones bajas. En el corredor de la región tropical, entre las latitudes 25°N – 0° aproximadamente, los valores oscilan entre 225 UD a 250 UD (similares al mes pasado), pero lo que diferencia al presente mes es la ampliación de regiones con bajas concentraciones de ozono. Entre las latitudes 0° - 30°S las concentraciones de ozono son altas (250 UD – 275 UD), siendo similares al mes pasado. Asimismo, en ambos hemisferios por encima de los 30° las concentraciones se incrementan (300 UD – 475 UD) hasta aproximadamente los 60° (latitudes medias). En latitudes más altas, específicamente en la región Antártica, el ozono atmosférico empieza a incrementarse en forma paulatina debido a la desaparición del vórtice polar (300 UD – 350 UD). En el caso de América del Sur, se observa en la región central y norte de la misma, concentraciones de ozono que oscilan entre 275 UD a 225 UD respectivamente, mientras que, en la región sur, las concentraciones son mayores y oscilan entre 275 UD y 325 UD.

FIGURA N°6

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

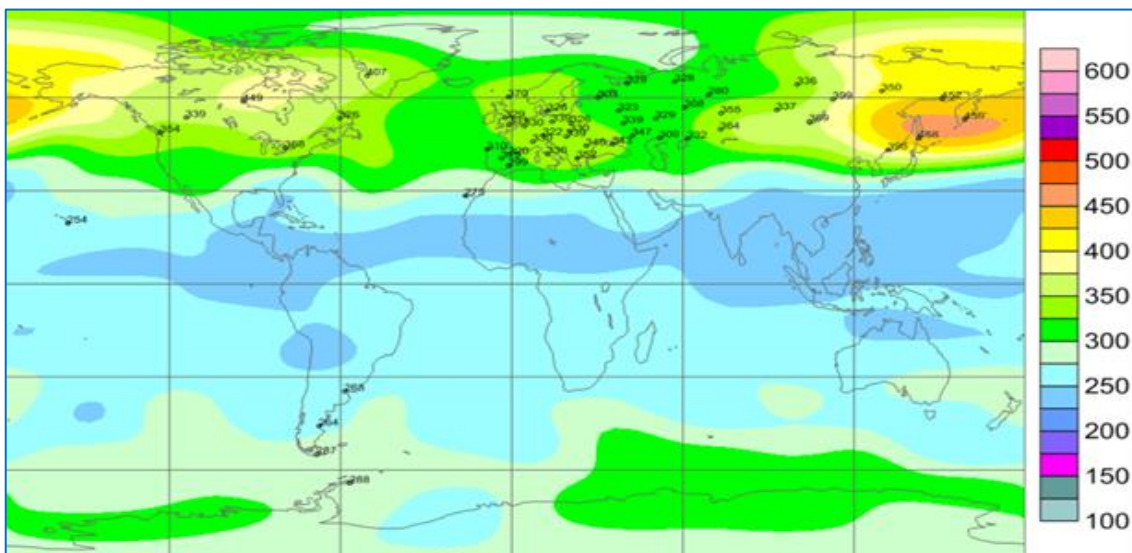


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

- En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de enero del presente año y en ella se observan características con cierto parecido al mapa climático. En el hemisferio norte, entre 0° - 30° N aproximadamente, se observa un corredor con bajas concentraciones de ozono cuyos valores oscilan entre 225 UD y 250 UD. En lo que concierne a América del Sur, se observa que las concentraciones de ozono han presentado mayormente valores entre 225 UD a 275 UD, valores algo parecido al mes pasado. En la región muy al sur del continente, se incrementaron, con valores entre 275 UD – 300 UD. En el continente Antártico se observan concentraciones de ozono altos mayores al mes anterior, entre 250 UD y 325 UD, debido a la desaparición del vórtice polar, el cual durante los últimos meses del año 2020 fue fortalecido abarcando mayor área después de muchos años debido a procesos físico-químicos en la atmósfera.
- En latitudes medias del hemisferio sur se observan concentraciones de ozono mayor al mes de diciembre, pero mucho menores a los de latitudes medias del hemisferio norte. Las concentraciones de ozono están en el orden de los 250 UD a 325 UD.

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de enero 2021

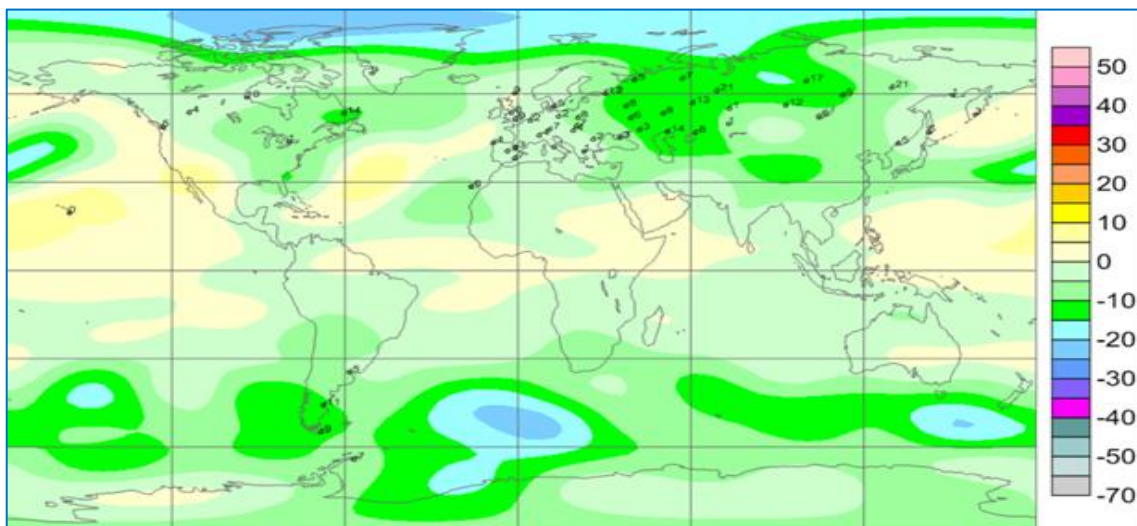


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

En cuanto a la desviación media del mes de enero, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus valores normales con una desviación de -1 a -10%, especialmente en la región sur del país donde se presentaron desviaciones negativas más altas, mientras que en la región central y norte se observaron anomalías negativas de -5%. En latitudes medias y altas del hemisferio sur, las desviaciones han sido muy marcadas con valores de -45%, mientras que, en el hemisferio norte, las desviaciones negativas han sido del orden de -10% a -25%. Figura 8.

FIGURA N°8

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

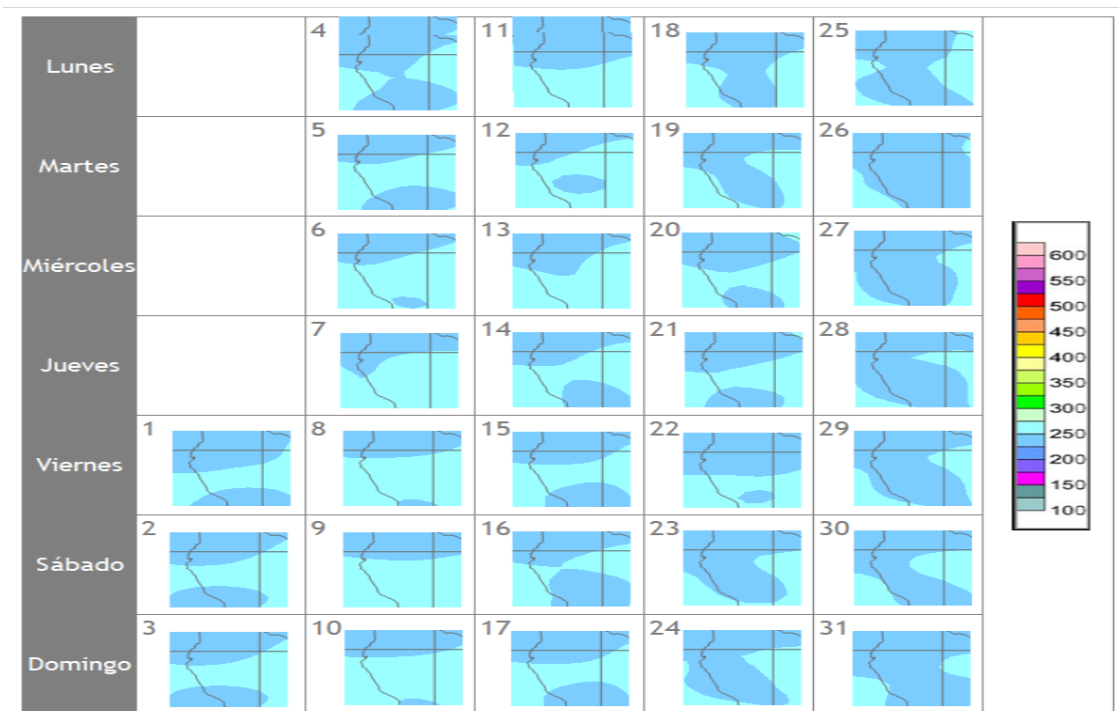


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#g1>

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 (Figura 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico fueron bajas durante todo el mes, especialmente en las regiones norte y sur con valores entre 225 UD y 250 UD durante los días 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15, 16, 17, 20 y 21 de enero. Asimismo, durante esos días en la región central del país se registraron valores de ozono entre 250 UD y 275 UD. Por otro lado, durante los días 18, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 de enero las bajas concentraciones abarcaron todo el país. Entre los días 7 al 14 de enero se registraron valores de 225 UD a 250 UD, pero solo en el norte del país

FIGURA N°9

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

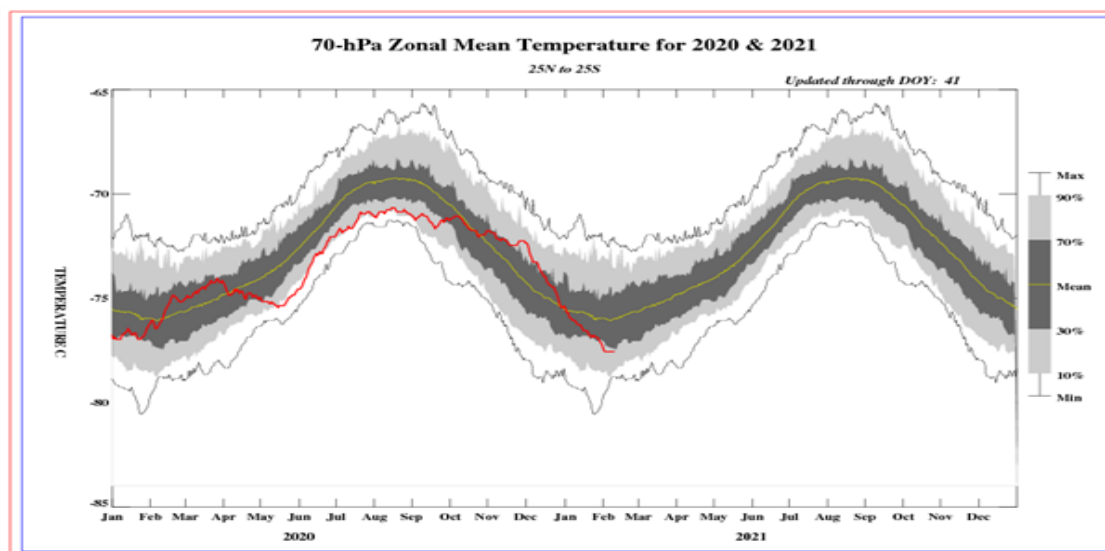
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2020 hasta el mes de enero 2021, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color rojo) tuvo un alejamiento a su valor normal (línea de color amarillo), probablemente a procesos de destrucción de ozono en esas capas.

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a las bajas temperaturas es una consecuencia del movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol, así como a procesos de transferencia radiativa y reacciones fotoquímicas. 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 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 -76.0°C, mayor en valor numérico al mes pasado. La temperatura calculada en este mes, fue de -77.0°C. Como se observa, este enfriamiento de la masa de aire guarda relación con la disminución de 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 en el mes de mayo-junio.

FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de enero 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 enero, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -45°C a -40°C (mayores al mes pasado), permitiendo que el sistema atmosférico denominado Vórtice Polar, el cual no permite el intercambio de masas de aire entre el interior y exterior del mismo, con la consecuente disminución de la temperatura del aire al interior de la misma así como la disminución de las concentraciones de ozono, desaparezca.

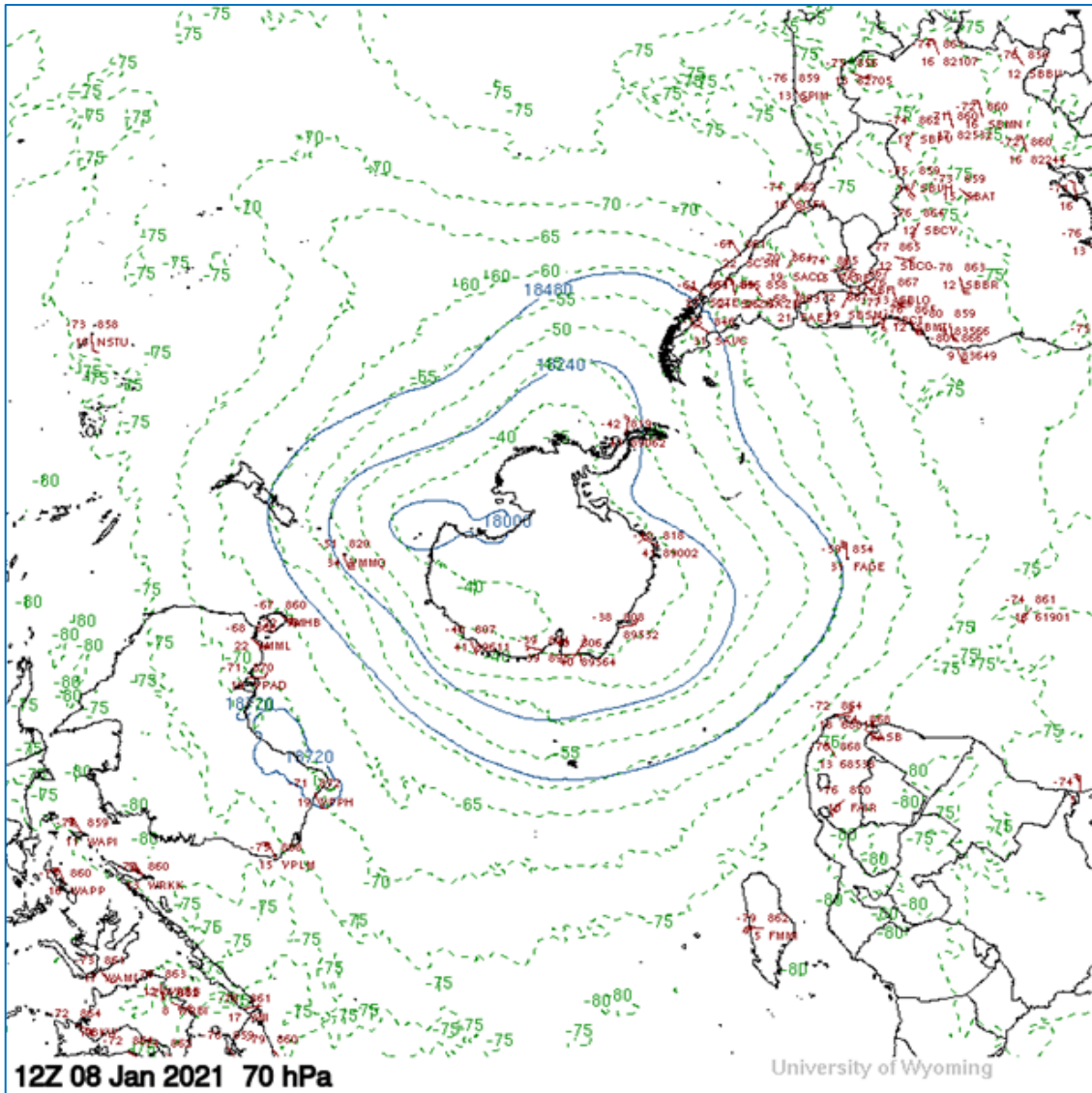
Cabe remarcar que la posición de la tierra con respecto al sol juega un papel importante en los procesos físico-químicos de la atmósfera. Por otro lado, en la región

tropical o latitudes bajas, las temperaturas en este mes, en la atmósfera alta (baja y media estratósfera) han registrado valores menores al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado mayormente valores de -76.0°C , numéricamente mayor al mes anterior, pero en lo concerniente a procesos físicos, presencia de masas de aire más frías, dando respuesta a una disminución en las concentraciones de ozono encontradas en superficie durante el mes.

FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (08 enero 2021)



III. CONCLUSIONES

1. El mes de enero se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) disminuyen con respecto al mes de diciembre. En el presente año 2021 según información proveniente del satélite AURA el valor promedio del mes fue de 240.2 UD, mientras que el registrado por el satélite SUOMI fue de 236.9 UD. En conclusión, comparando estos valores con el registrado por el Espectrofotómetro Dobson, se notó que están por debajo entre 2.2 UD a 5.5 UD aproximadamente. Los medidos en superficie también fueron menores al mes pasado debido a que según el modelo GFS, se han tenido flujos de aire provenientes del sureste con bajas concentraciones de ozono.
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 240.8 UD a 245.7 UD, notándose una 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 los cuales, han transportado menos cantidad de ozono hacia nuestro país. Otro factor atribuido a la disminución es el térmico, donde las temperaturas al nivel de baja y media estratósfera han disminuido.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en la estación VAG Marcapomacocha, según información obtenida por el satélite SUOMI, durante el mes de enero, se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente a los 33 km de altura entre la baja y media estratósfera. La altura de la máxima concentración de ozono sigue relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en la media estratósfera, así como a las variaciones termales (en los meses de mayor calentamiento hay mayor actividad de relación de mezcla en las capas de la atmósfera).
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se observa generalmente, un incremento del ozono desde la superficie hasta los 639.3 hPa, debido a los efectos residuales de los días anteriores, así como también a efectos de circulación en la tropósfera baja y al aumento paulatino de la actividad fotoquímica, debido al incremento en la intensidad de la radiación solar, especialmente en el hemisferio austral, por efecto del establecimiento de la estación de verano.
5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de enero (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), para el caso de nuestro país, han mostrado disminuciones marcadas, en gran parte del país con valores de 225 UD y 250 UD durante casi todo el mes, mientras que en los últimos días se acentuó esta disminución, pero en todo el país. Esta variabilidad se debe a procesos de circulación regional en niveles altos de la atmósfera.
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante el mes de enero, los valores se caracterizaron por un alejamiento a su normal climática, entendiéndose que la atmósfera en ese nivel va enfriándose a medida que pasen los meses, el cual trae como consecuencia la disminución de concentración de ozono atmosférico. La variabilidad de la temperatura es uno

de factores que ayuda a entender el aumento o disminución del ozono en la atmósfera. En valor promedio mensual de la temperatura (1979-2017) fue de -76.0°C, pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de -77.0°C.

7. Debido al establecimiento de la estación de verano en el hemisferio austral durante este mes de enero, los niveles de radiación solar aumentaron en forma paulatina, trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos, en la estratósfera sean mayores, el cual también ayuda para la mayor formación y destrucción de la concentración de ozono, especialmente en la región tropical.
8. Se requiere disponer de información real de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de realizar el contraste respectivo con lo obtenido por los satélites y determinar la desviación respectiva. En los periodos donde no se tenga información real se podría utilizar el brindado por los satélites aplicando ciertos algoritmos de cálculo.

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica:

Ing. Gabriela Rosas Benancio

grosas@senamhi.gob.pe

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:

Ing. Jhojan Rojas Quincho

jprojas@senamhi.gob.pe

Análisis y Redacción:

Ing. Orlando Ccora Tuya

Bach. Juan Tacza Ordoñez

Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

Tco. Julia Astudillo Capcha

Próxima actualización: 15 de marzo de 2021



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

Jr. Cahuide 785, Jesús María
Lima 11 - Perú

Consultas y sugerencias:

occora@senamhi.gob.pe