

Abril 2020  
Vol.04

BOLETÍN MENSUAL  
VIGILANCIA DEL  
OZONO  
ATMOSFÉRICO EN LA  
ESTACIÓN VAG  
MARCAPOMACocha



# Introducción

Durante el mes pasado (marzo), especialmente en las dos últimas semanas, se observó una gran disminución en la concentración de ozono en la región ártica (Polo Norte), sin embargo, a fines de abril empezó a incrementarse debido a la presencia de un fenómeno particularmente meteorológico denominado “Ola de calor”.

La disminución de la concentración de ozono registrada en marzo, fue causada por la formación de un vórtice polar bastante intenso en la región ártica, siendo este un fenómeno jamás antes visto. En la actualidad los valores de la concentración de ozono son similares a sus valores normales.

En años anteriores se han registrado valores bajos de ozono en dicha región, pero no en la envergadura registrada en lo que va del presente año, abarcando un área de un millón de kilómetros cuadrados.

Algunos reportes indican que dicho fenómeno se debería a un gran descenso de la temperatura en la estratósfera, el cual permite la disminución de las concentraciones de ozono. Debido a estos procesos que ocurren en la atmósfera también se ve afectada la región tropical por 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, asimismo, por intermedio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) se 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.

I. 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 (CO<sub>2</sub>) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).

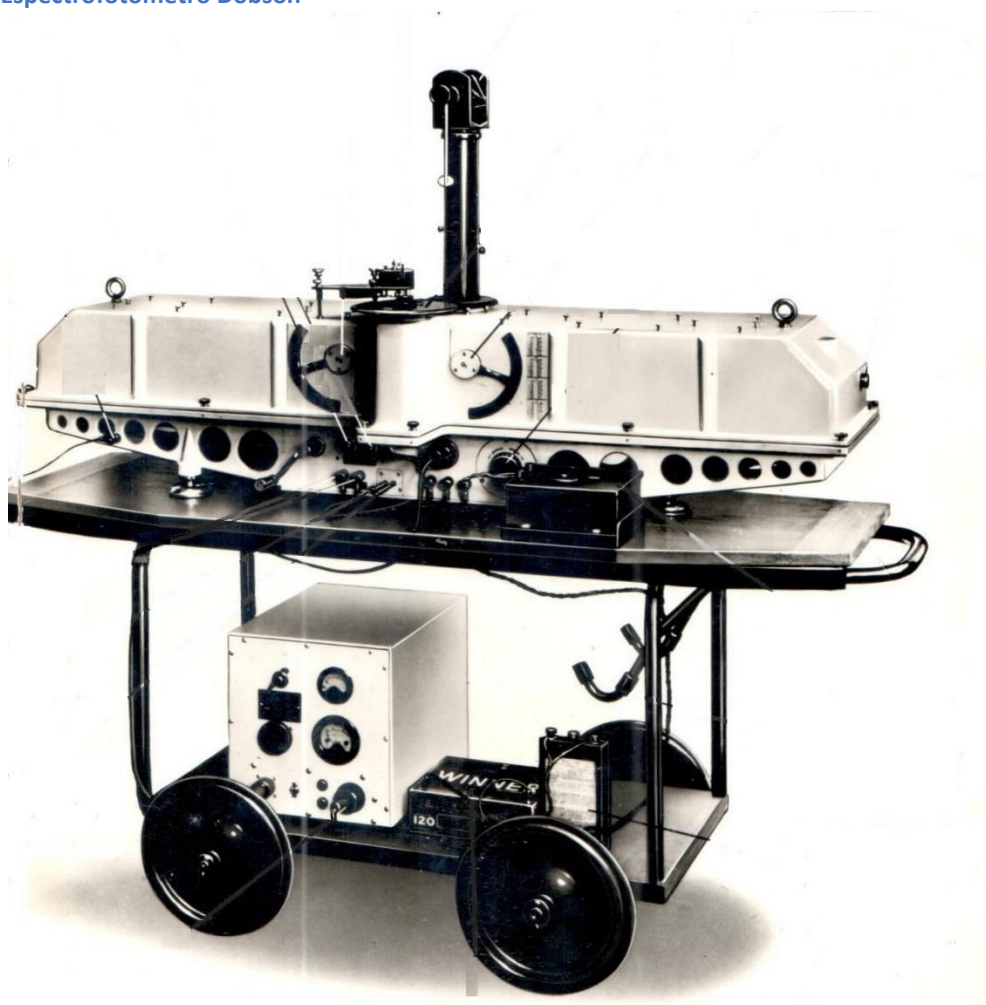
\*\*\*\*\*

# 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 retrodispersión (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 abril continúa siendo un periodo de transición entre el verano y el otoño. Los sistemas atmosféricos que gobiernan el tiempo sobre nuestro país continúan su desplazamiento hacia el hemisferio norte. En niveles altos de la tropósfera aún se manifiestan sistemas atmosféricos como la Alta de Bolivia, pero con menor intensidad, el cual es un sistema de alta presión en altura que permite el flujo de vientos en sentido contrario al movimiento de las manecillas de un reloj. Los vientos mayormente de flujo zonal llegan a tener incidencia en el hemisferio norte con dirección oeste a este. El vapor de agua aún se mantiene en la interface tropósfera- estratósfera incidiendo en las reacciones fotoquímicas necesarias para formación de ozono en la atmósfera.

En niveles de baja estratósfera (a nivel de 70 hPa) se ha venido observando (según el Modelo meteorológico GFS) una relativa predominancia de los flujos zonales (de este a oeste), también se han notado algunos flujos de aire meridionales provenientes del hemisferio norte y otras de latitudes medias del hemisferio sur, los cuales han tenido injerencia especialmente sobre nuestro país en varios días del mes trayendo como consecuencia una ligera disminución de las concentraciones de ozono. Algunos sistemas anticiclónicos desarrollados especialmente sobre el Pacífico, han sido migratorios los cuales indujeron al traslado de masas de aire con ozono hacia otras latitudes, los cuales permitieron una ligera reducción de las concentraciones de ozono sobre nuestro país (Figura 2).

Con el fin de reforzar lo descrito en el párrafo anterior se menciona que del monitoreo realizado en el mes de abril 2020 en la estación de Vigilancia Atmosférica Global Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario de la concentración de ozono atmosférico en general, estuvo oscilando entre 238.5 UD y 246.5 UD (UD = Unidades Dobson).

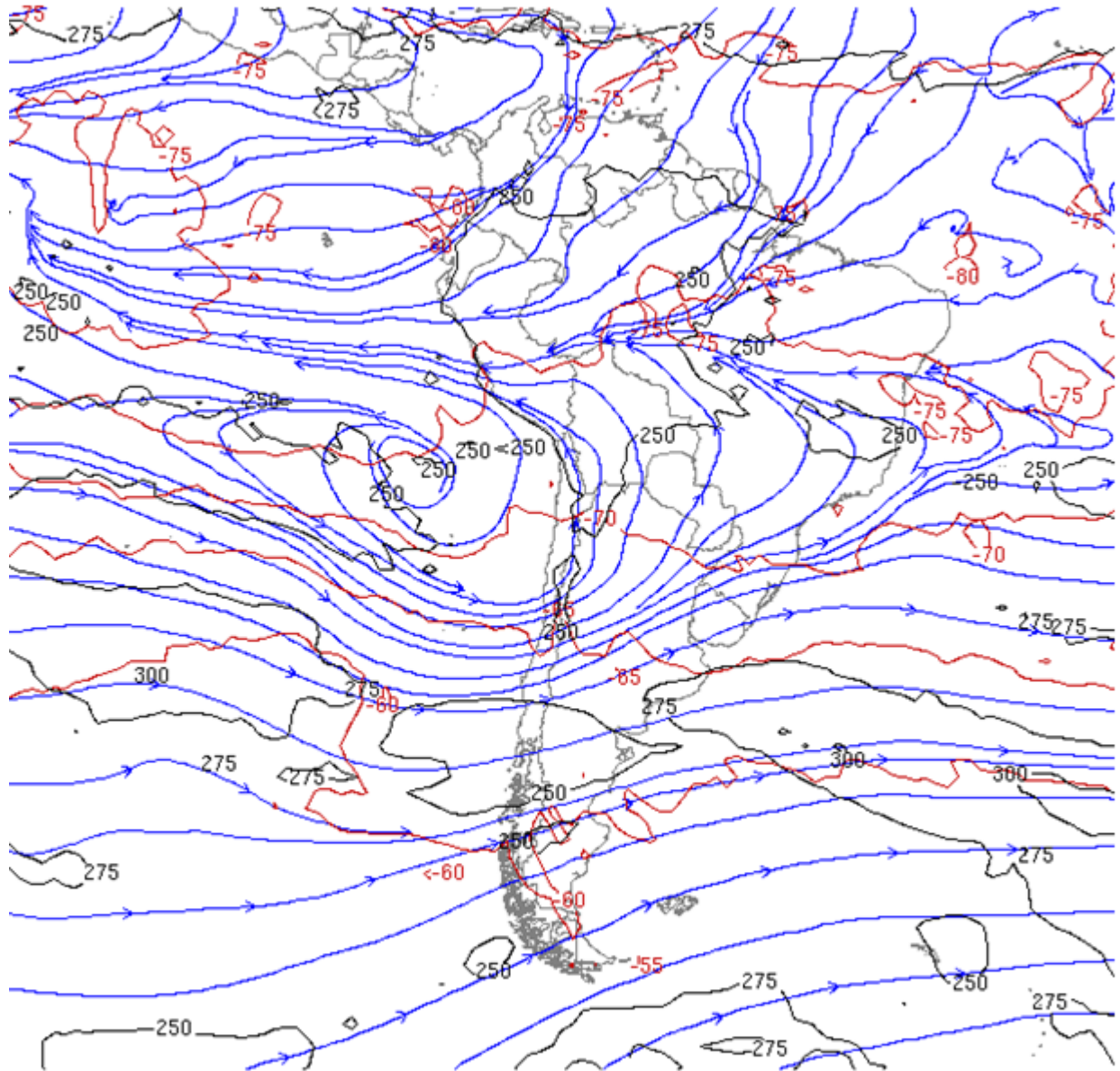
En las primeras horas del día las concentraciones de ozono son altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto en la mañana como en la tarde, pero siempre con la misma tendencia (disminuye y luego aumenta). Este proceso físico, se debe a 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, 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 las reacciones fotoquímicas llegan a ser menos acelerados debido a factores mayormente astronómicos.

\*\*\*\*\*

## FIGURA N°2

Flujo de masas de aire provenientes mayormente del oeste. 21 de abril 2020

Temperature [C] | Total ozone [DU]



University of Wyoming

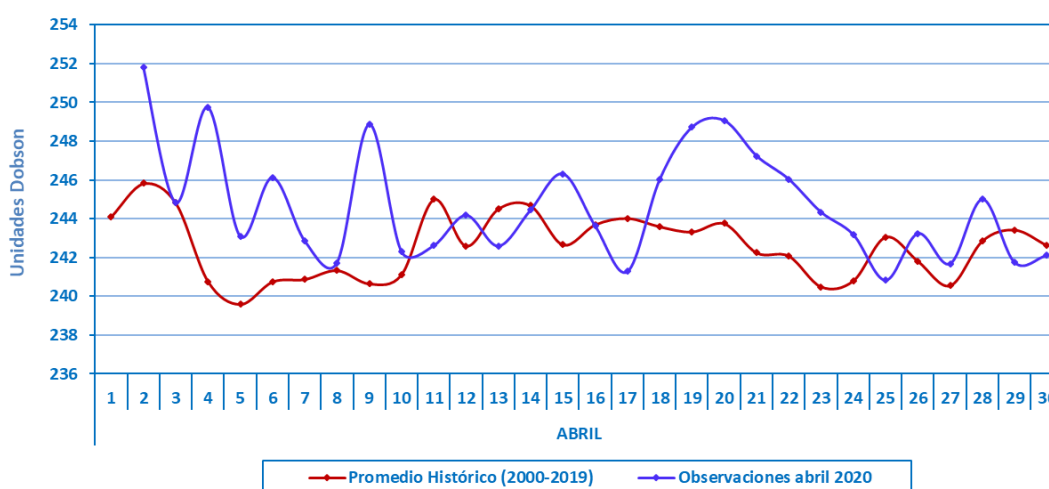
0 Hour 70 hPa Forecast Valid 12Z Tue 21 Apr 2020

\*\*\*\*\*

Por otro lado, el comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2019) del mes de abril oscila entre 239.6 UD y 245.8 UD aproximadamente, mientras que los medidos en el mes de abril 2020, oscilan entre 240.8 UD y 251.8 UD (Figura 3). En la figura se aprecia que existe cierta desviación entre el promedio diario multianual con respecto al registrado en el mes de abril 2020 durante la primera década y del 18 al 24 del mismo, donde los valores registrados han sido superiores al promedio multianual correspondiente al mismo mes, mientras que en el resto de días, los valores se han acercado a sus valores climáticos. En líneas generales el comportamiento durante el mes de ambas series fue disperso.

**FIGURA N°3**

**Comportamiento temporal de la concentración de ozono atmosférico en la Estación VAG Marcapomacocha. Abril 2020.**



En ese aspecto, la climatología del ozono en la estación VAG 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. 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 para abril fue de 244.7 UD, mayor 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) permitiendo un déficit de ozono atmosférico en latitudes bajas.

En este mes de abril se ha notado, la disminución en las concentraciones de ozono el cual guarda relación con el comportamiento climático anual, dando a entender, en cierta manera, que se han presentado flujos de viento en la estratósfera baja, provenientes mayormente del este y también debido a una

\*\*\*\*\*

configuración anticiclónica por el lado del Pacífico tropical que permitieron una disminución de ozono (menor aporte de ozono hacia nuestro país).

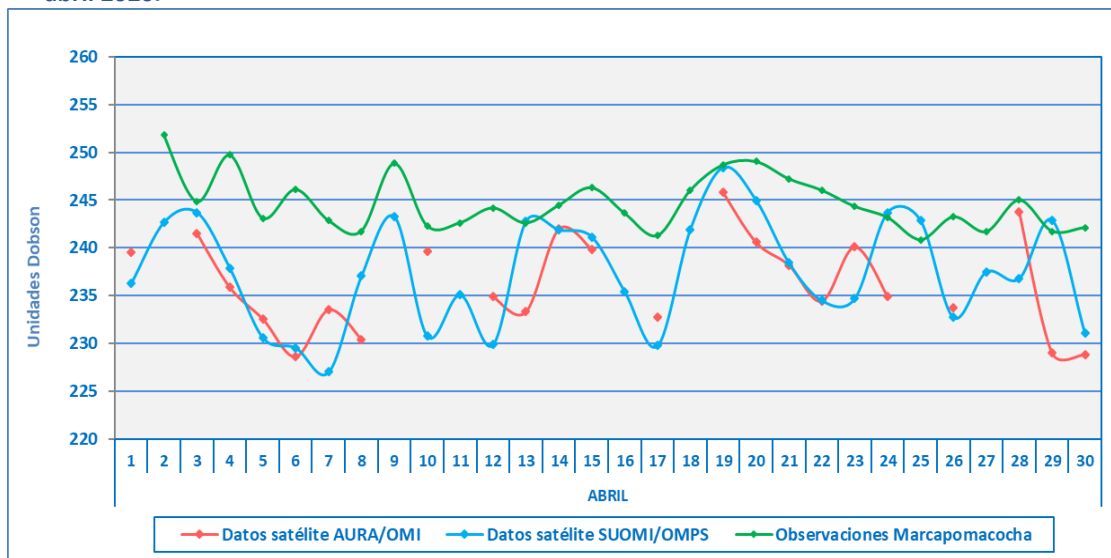
Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) y SUOMI (Plataforma OMPS) con lo observado en superficie, se puede observar nuevamente un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 100% de días del mes de abril los valores de ozono diario medidos estuvieron por debajo de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, mientras que con respecto al SUOMI /OMPS, en 98% de días del mes, los valores de ozono registrados también 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 9 a 17 UD, mientras que, comparando sólo los dos satélites, ambos muestran un cierto equilibrio en el mes, donde las diferencias han estado entre 3 UD y 13 UD.

Cabe precisar nuevamente, que la información proveniente de los satélites viene mostrando desde hace un tiempo, una tendencia a mantener valores de ozono con alta variabilidad en el tiempo (menos estable), con respecto a los medidos en superficie, así como también concentraciones de ozono por debajo de los medidos con el Espectrofotómetro Dobson.

**FIGURA N°4**

**Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélites versus información de superficie abril 2020.**



\*\*\*\*\*

## Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra un día típico del perfil vertical de ozono atmosférico de la estación VAG Marcapomacocha, obtenido del satélite SUOMI, donde se muestra que las mayores concentraciones de ozono se dan en la estratósfera con un poco más del 89% del ozono total.

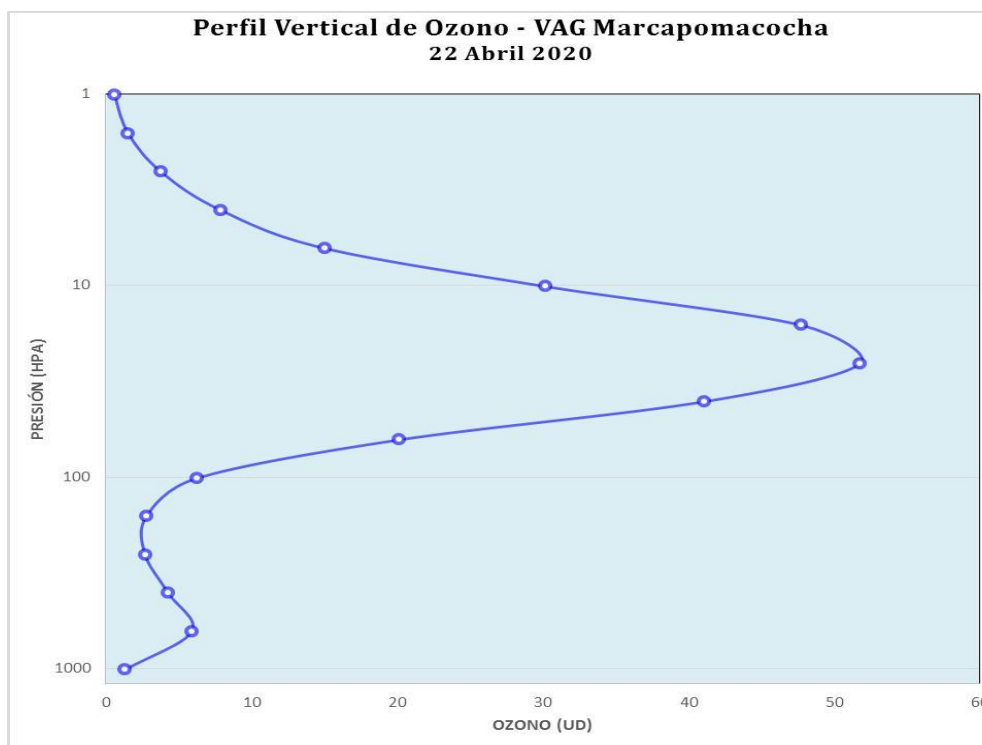
En el mes de abril, a nivel de tropósfera las concentraciones de ozono son demasiado bajas alrededor de casi el 10% del ozono total. En los primeros niveles (hasta los 640 hPa) se observaron concentraciones de ozono residuales que permitieron que se incrementen. Por encima de ese nivel, las concentraciones disminuyeron hasta los 250 hPa y 160 hPa, para luego presentar un incremento vertiginoso hasta registrar un máximo a los 25 hPa aproximadamente.

En la misma figura se puede notar que la altura en donde se encuentra la máxima concentración de ozono se da aproximadamente a los 30 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

**FIGURA N°5**

**Perfil vertical de Ozono – Estación VAG Marcapomacocha**



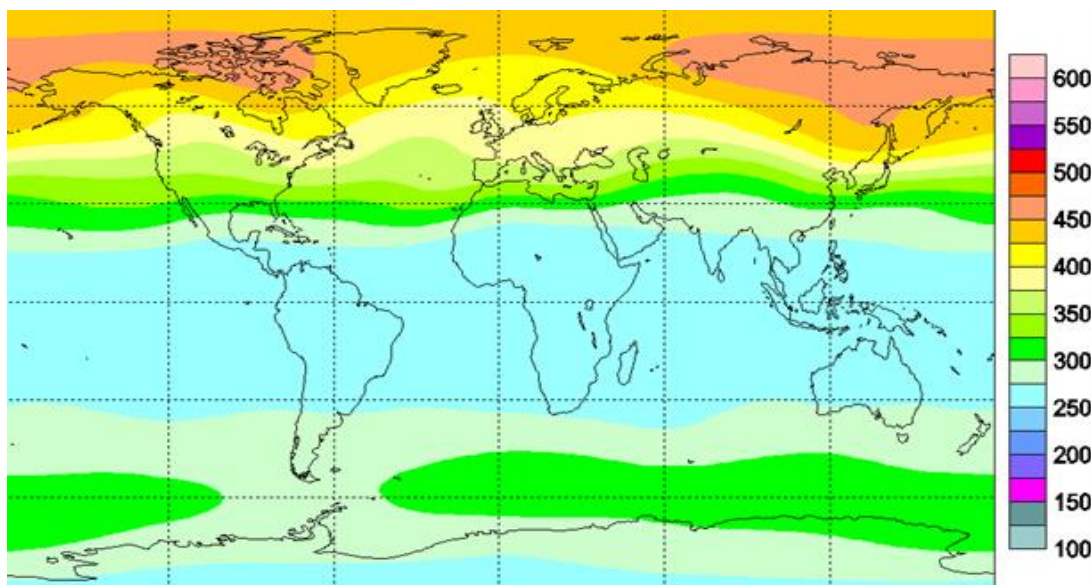
\*\*\*\*\*

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 abril, mostrando un ligero aumento en sus concentraciones en el corredor de la región tropical, entre las latitudes 25°N – 30°S aproximadamente, con valores que oscilan entre 250 UD a 275 UD. En el hemisferio norte entre las latitudes 30° y 60° se muestra concentraciones de ozono que oscilaron entre 300 UD y 400 UD, mientras que a mayores latitudes las concentraciones se incrementaron hasta 475 UD. En el caso del hemisferio sur las mayores concentraciones de ozono se registraron en latitudes medias con valores de hasta 325 UD.

#### FIGURA N°6

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



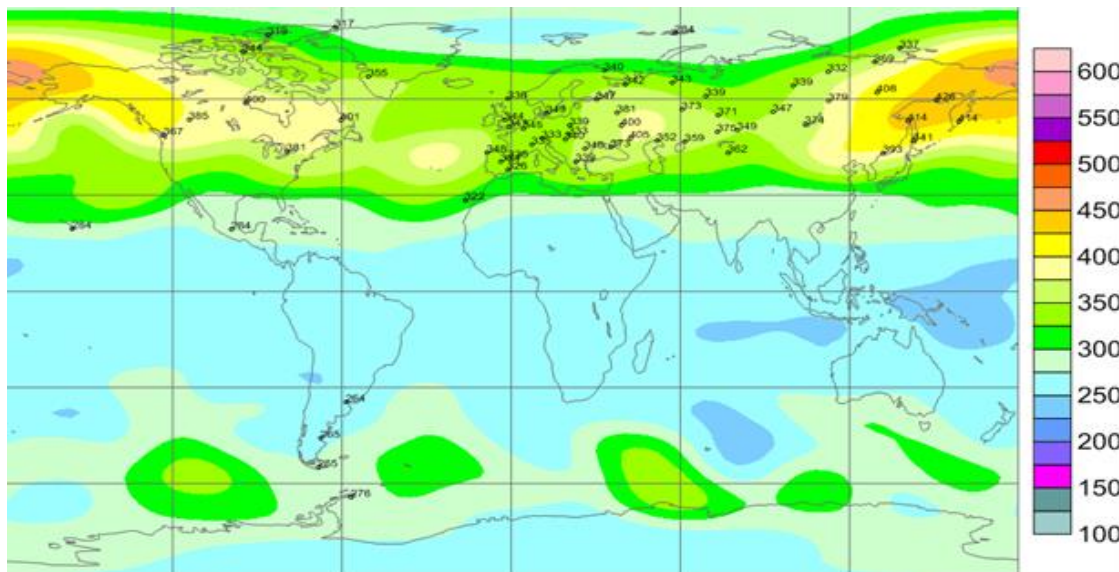
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

- En la Figura 7 se observa la distribución mensual de ozono a nivel global, correspondiente al mes de abril de 2020 y en ella se observan bajas concentraciones de ozono por el lado norte de Australia los cuales oscilaron entre 225 UD y 250 UD. En el caso de América del Sur, la región central de Chile presentó bajas concentraciones ozono atmosférico.
- En latitudes medias del hemisferio sur se observan concentraciones de ozono muchos mayores a los de latitudes bajas, debido a la continua subsidencia de masas de aire ricos en ozono provenientes del cinturón tropical (Circulación Brewer-Dobson). Las concentraciones de ozono están en el orden de los 300 UD a 350 UD, mientras que hacía latitudes altas (cerca al continente Antártico) las concentraciones disminuyeron hasta 250 UD.

\*\*\*\*\*

**FIGURA N°7**

**Mapa de ozono total atmosférico para el mes de abril 2020**

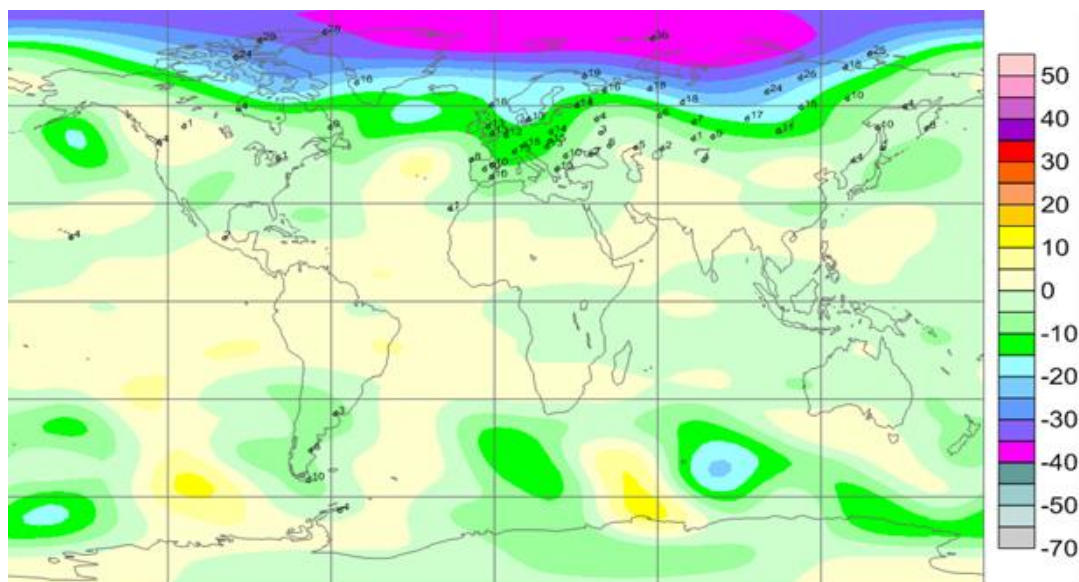


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

- En cuanto a la desviación media del mes, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron cercanos a sus valores normales con una desviación de +5%, en todo el país, mientras que en latitudes medias las desviaciones fueron negativas en el orden de -20%. Figura. 8.

**FIGURA N°8**

**Desviación media (%) del ozono total atmosférico para el mes de abril 2020**



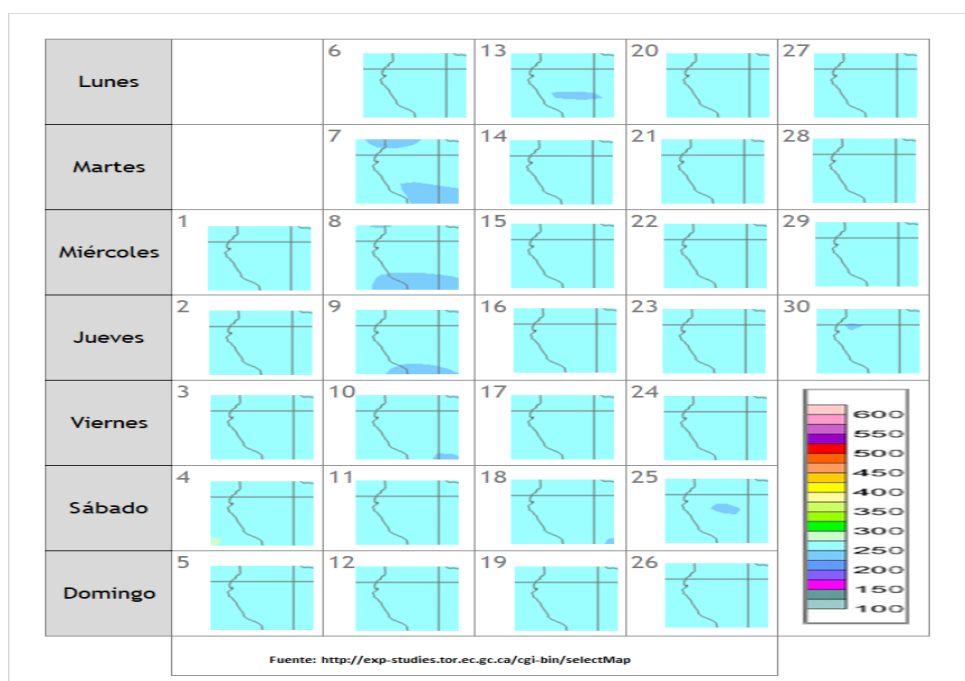
Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

\*\*\*\*\*

- En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria provenientes del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá (Figura 9), podemos mencionar que, para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico registrados llegaron a ser altos en todo el país. Los días 7, 8 y 9 de abril se registraron concentraciones bajas de ozono en la región sur del país con valores que oscilaron entre 225 UD a 250 UD. Asimismo los días 13 y 25 esas mismas concentraciones se registraron en la región central y oriental del país, respectivamente.

**FIGURA N°9**

**Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de abril 2020.**



## 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 2019 hasta el mes de abril 2020, 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 mayor acercamiento a su valor normal (línea de color amarillo), donde la amplitud entre ellas disminuyó, especialmente en la primera década de abril. Empezando la segunda década hasta fines de mes, la

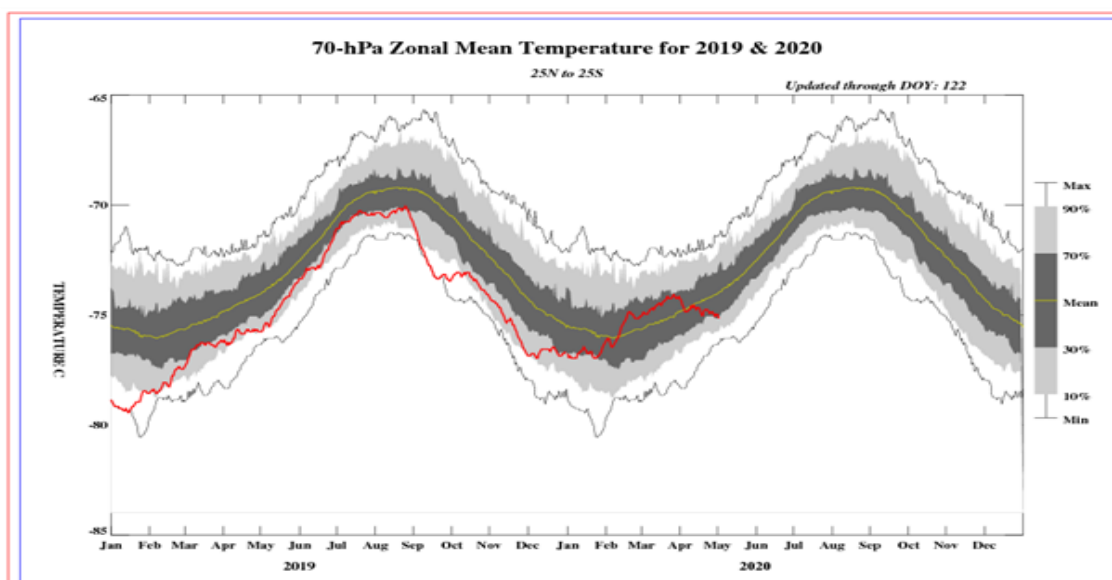
\*\*\*\*\*

temperatura se alejó de su valor normal (mayor enfriamiento de la masa de aire). Este alejamiento, se puede notar en la figura 10, indicándonos lo registrado.

La variabilidad de la concentración de ozono en ese nivel asociado a las bajas temperaturas es una consecuencia del mayor alejamiento de la tierra con respecto al sol. Se debe tener presente que la disminución de la temperatura en la atmósfera alta, está ligada con la disminución de las concentraciones de ozono los cuales tienen causales físicos y químicos. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel y para este mes es de  $-75.8^{\circ}\text{C}$ , mayor en valor numérico al mes pasado, pero físicamente más frío. La temperatura calculada en este mes de abril, fue de  $-75.1^{\circ}\text{C}$ . Como se observa, durante la segunda y tercera década del mes, los valores de temperatura se alejaron de sus valores normales, lo que permite mencionar que las mediciones de ozono en superficie han tenido una ligera disminución con respecto al mes pasado, lo cual guarda relación con sus valores climáticos.

#### FIGURA N°10

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de abril 2020



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 del mes de abril, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $-60^{\circ}\text{C}$ , debido a que los niveles de radiación solar continúan disminuyendo en forma paulatina dado el establecimiento de la estación astronómica de otoño, lo que permite que las masas de aire en ese nivel se vayan enfriando en forma paulatina. 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 han registrado valores cada vez menores (pero en forma ligera).

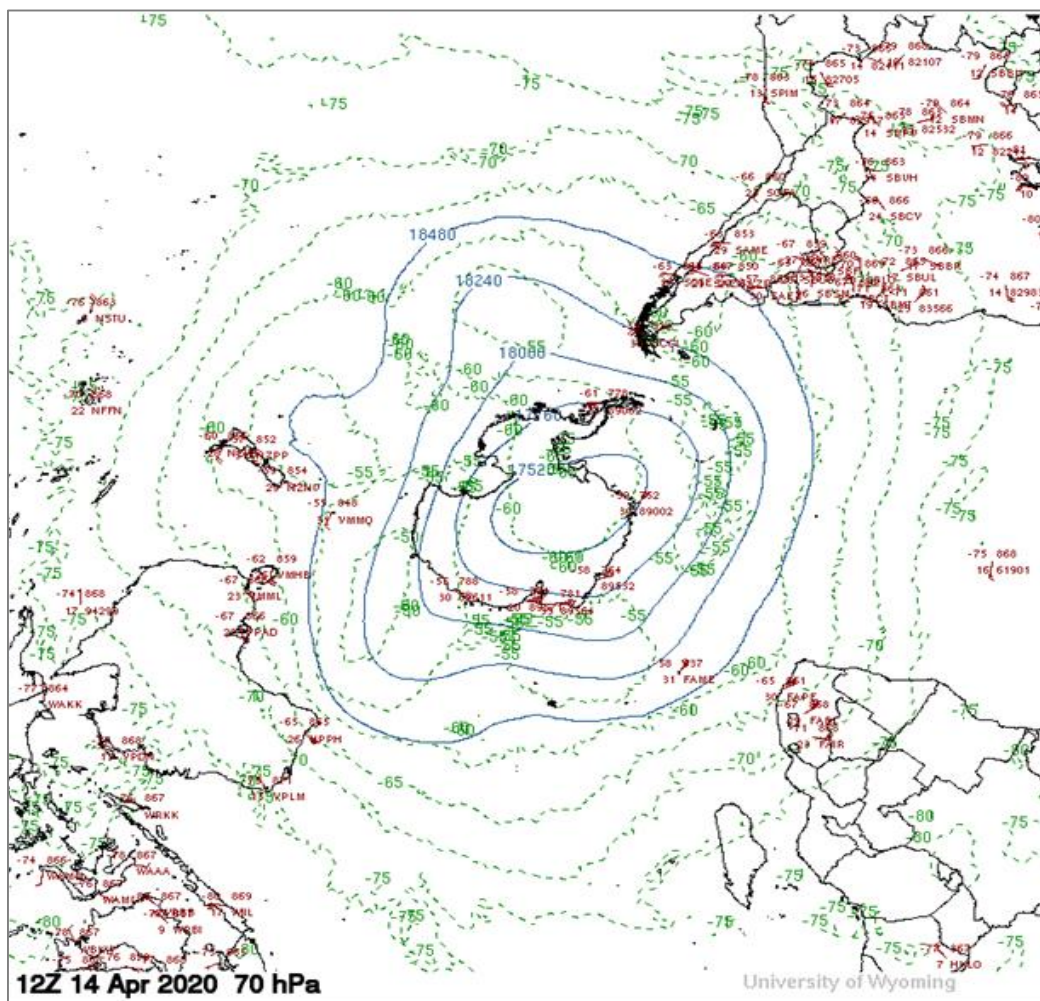
Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado mayormente valores de  $-75.0^{\circ}\text{C}$  a  $-76^{\circ}\text{C}$ , numéricamente mayor al mes anterior, pero en lo concerniente a procesos físicos, más frío, comparado al

\*\*\*\*\*

mes pasado, dando respuesta a la disminución en las concentraciones de ozono encontradas en superficie.

# FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (14 abril 2020)



Fuente: Universidad de Wyoming

\*\*\*\*\*

### III. CONCLUSIONES

1. El mes de abril se caracteriza porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) empiezan a disminuir en forma paulatina con respecto al mes de marzo. En este año 2020 según información proveniente del satélite AURA el valor promedio del mes fue de 236.3 UD, mientras que el registrado por el satélite SUOMI fue de 237.5 UD. En conclusión, comparando estos valores con el registrado por el Espectrofotómetro Dobson, se notó que están por debajo entre 7 UD a 8 UD aproximadamente. Se hace hincapié que los valores promedios provenientes de estas tres fuentes de información han sido ligeramente menores a los registrados en el mes pasado y esto debido a que según el modelo meteorológico GFS, se ha tenido flujos de aire provenientes del este (flujo zonal negativo) así como a la presencia continua de un sistema anticiclónico por el lado del Pacífico sur.
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de las concentraciones de ozono durante el mes de abril medido con el espectrofotómetro Dobson en la Estación VAG Marcapomacocha, oscilaron entre 240.8 UD a 251.8 UD, notándose cierta disminución de los valores con el tiempo. Los valores de las concentraciones de ozono en este mes, son relativamente menores al mes pasado debido principalmente a factores de circulación atmosférica los cuales transportaron menores cantidades de ozono hacia nuestro país. Otro factor atribuido a esa disminución es el astronómico.

Con respecto a la distribución vertical del ozono, en el mes de abril en la estación VAG Marcapomacocha, según información obtenida por el satélite SUOMI se puede concluir que la máxima concentración de la misma se encuentra aproximadamente a los 30 km de altura entre la baja y media estratósfera. La altura de la máxima concentración de ozono está relacionada con la variabilidad de la circulación atmosférica en la estratósfera media.

3. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, en niveles bajos de la tropósfera se nota un incremento del ozono aproximadamente a los 3.8 km de altura, debido a efectos residuales del día anterior, así como también a efectos de circulación en la tropósfera baja.
4. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de abril (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), para el caso de nuestro país, muestran concentraciones que oscilan entre 250 UD a 275 UD durante casi todo el mes (salvo algunos días como el 07, 08 y 09 de abril, donde las concentraciones fueron mucho menores, pero en lugares bastante localizados, como la zona sur).
5. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante la primera década del mes de abril, los valores (relativamente cálidos) se acercaron a su normal climática, mientras que en la segunda y tercera década los valores se alejaron de la misma (masa de aire más fría que el mes anterior), trayendo como consecuencia el registro de una menor concentración de ozono atmosférico en ese nivel. 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  $-75.8^{\circ}\text{C}$ , pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de  $-75.1^{\circ}\text{C}$ .

6. Debido al inicio de la estación de otoño, los niveles de radiación solar empezaron a disminuir trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos, en la estratósfera sean menores, incidiendo también en la disminución de la concentración de ozono.
7. 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](mailto:grosas@senamhi.gob.pe)

**Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:**  
Ing. Jhojan Rojas Quincho  
[jprojas@senamhi.gob.pe](mailto: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 junio de 2020**



**Consultas y sugerencias:**  
[occora@senamhi.gob.pe](mailto:occora@senamhi.gob.pe)

**Servicio Nacional de Meteorología  
e Hidrología del Perú - SENAMHI**  
Jr. Cahuide 785, Jesús María  
Lima 11 - Perú