

JUNIO 2020
Vol.06

BOLETÍN MENSUAL
VIGILANCIA DEL
OZONO
ATMOSFÉRICO EN LA
ESTACIÓN VAG
MARCAPOMACocha



Introducción

La última información proveniente de los satélites va confirmando que el “agujero de ozono” se va cerrando. La mejora es lenta debido a que los compuestos denominados CFC’s tienen una vida útil de 50 a 100 años aproximadamente, por lo que aún pasarán décadas hasta que desaparezcan por completo.

De acuerdo a reportes científicos se menciona que en los años 2060 se debe tener resuelto el problema de esta capa atmosférica, como también es posible que nunca desaparezca del todo.

No es descartable que aparezcan complicaciones imprevistas. Sin ir muy lejos, durante los últimos meses los científicos observaron preocupados como se abría un “agujero” en la capa de ozono sobre el Polo Norte, que se sumaba al ya existente en la región antártica. No era la primera vez que se observaba esta situación, pero en esta ocasión las dimensiones fueron preocupantes.

Afortunadamente este agujero se cerró en pocas semanas, a finales del pasado mes de abril.

La recuperación de la capa de ozono depende del cambio climático, dado que éste puede contribuir al enfriamiento de la estratósfera a largo plazo, lo que podría agravar la pérdida de ozono y retrasar el proceso. Además, persiste la posibilidad de que se generen emisiones no autorizadas de sustancias que agotan el ozono atmosférico, tal como sucedió en el año 2018 donde se detectaron emisiones inesperadas y clandestinas de un tipo de CFC, pudiendo ser localizado en algún lugar de Asia adoptándose las medidas correctivas.

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.

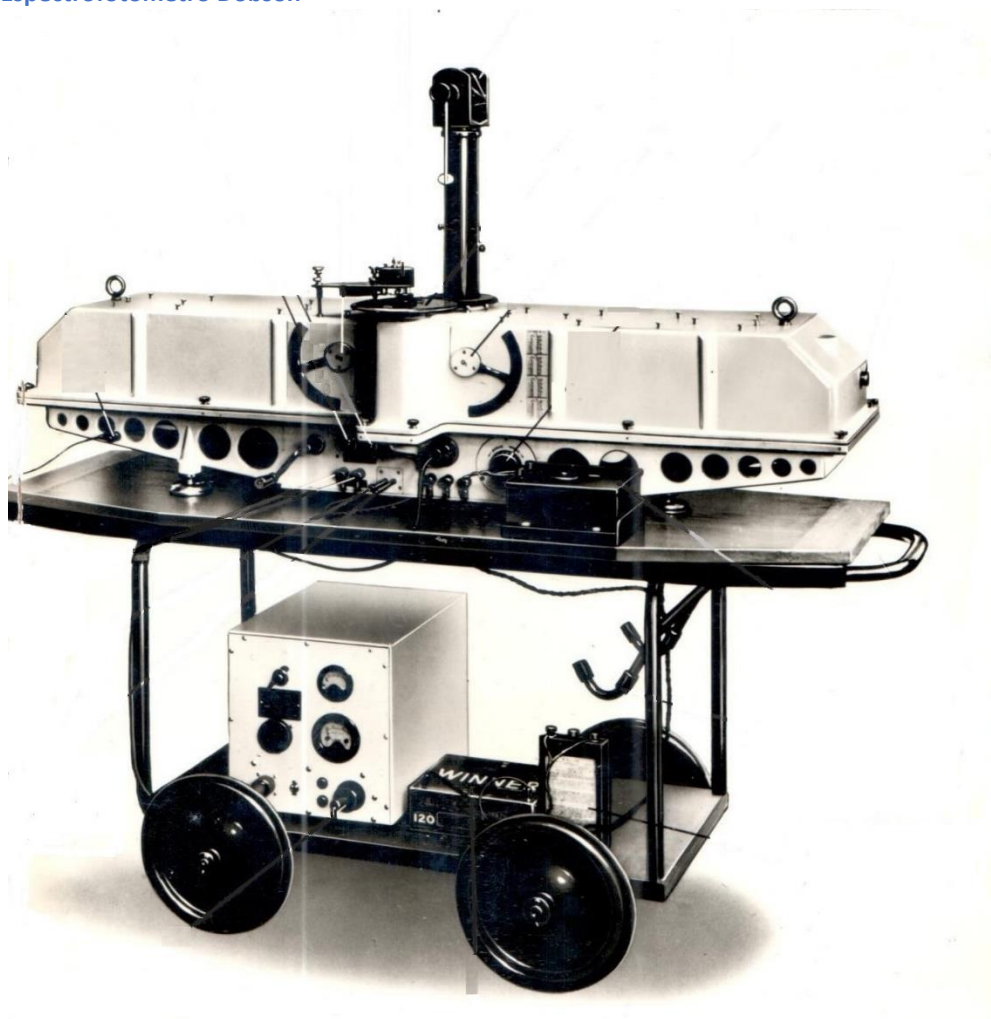
En el futuro la estación VAG Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de dióxido de carbono (CO₂) (gas de efecto invernadero) y carbono negro (hollín).

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 junio va presentando características térmicas cada vez menores debido a condiciones de estacionalidad donde se da inicio a la temporada de invierno en el hemisferio austral. Los sistemas atmosféricos que mayormente gobiernan el tiempo sobre nuestro país se encuentran ya desplazados en el hemisferio norte. En niveles altos de la troposfera el sistema atmosférico denominado la Alta de Bolivia ya no tiene la injerencia de los meses de verano debido a que su accionar va a estar más referido al hemisferio norte. La interacción tropósfera-estratosfera permite en esta temporada la formación de sistemas de baja presión en altura conocido como depresión aislada en niveles altos lo cual puede transportar masas de aire rico en ozono hacia niveles bajos. La concentración de vapor de agua se reduce en dicha interacción, el cual también incide en las reacciones fotoquímicas que se realizan induciendo adicionalmente, 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) una mayor predominancia de los flujos de viento zonales (de este a oeste), asimismo se han registrado algunos flujos de aire meridionales provenientes del hemisferio norte y en algunos casos provenientes del hemisferio sur, los cuales han tenido injerencia especialmente sobre nuestro país en varios días del mes trayendo como consecuencia una disminución de las concentraciones de ozono. Se ha mantenido la formación de algunos sistemas anticiclónicos desarrollados especialmente sobre nuestro continente que no han permitido un mayor ingreso de masas de aire con ozono. Todos estos procesos atmosféricos acentuados con la disminución de las temperaturas en todo el perfil de la atmósfera han permitido dicha reducción (Figura. 2).

Con el fin de reforzar lo descrito en el párrafo anterior indicar que del monitoreo realizado en el mes de junio 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 235.5 UD y 242.0 UD (UD = Unidades Dobson).

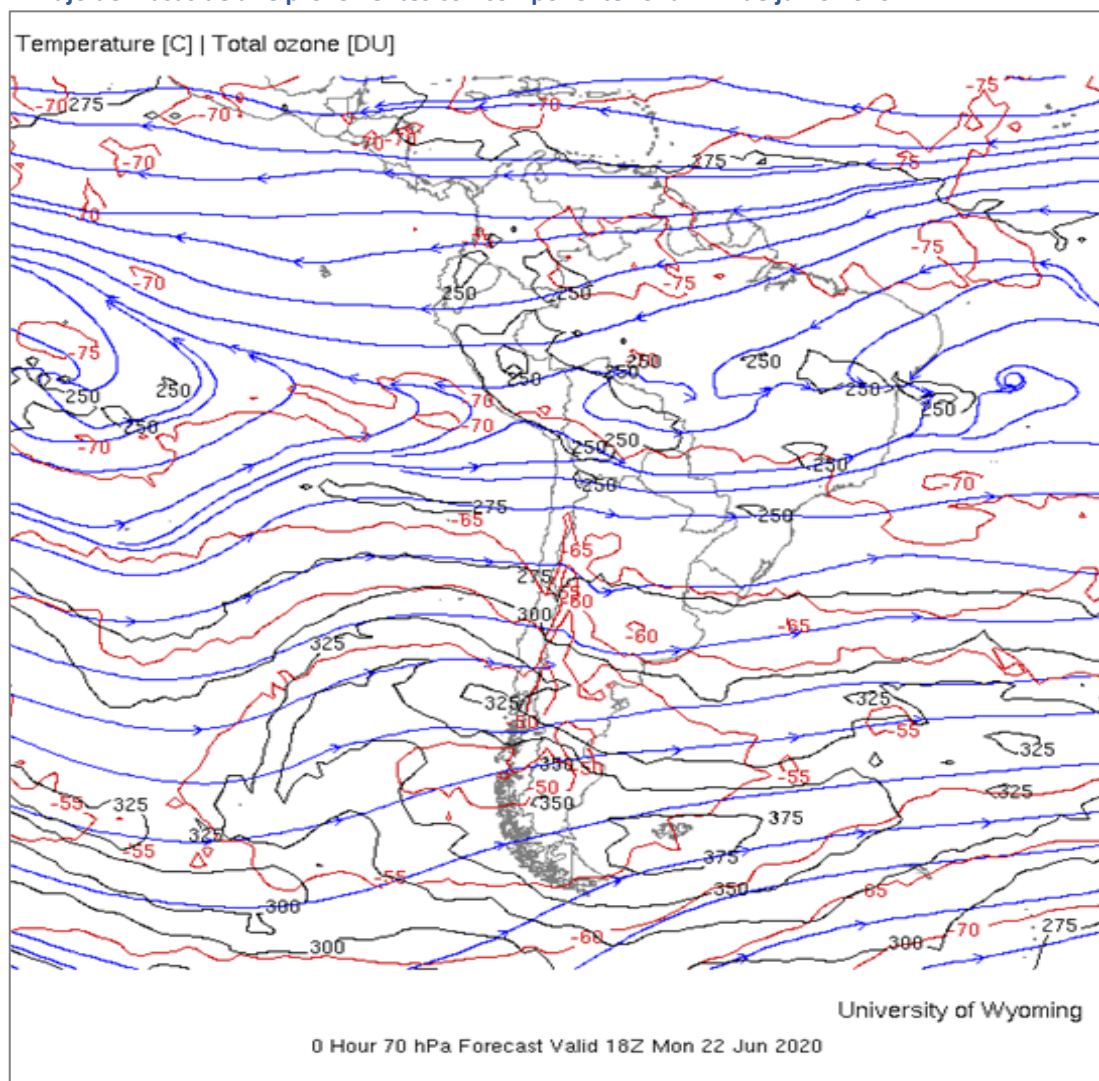
Cabe mencionar que en las primeras horas del día las concentraciones de ozono son altas y a medida que transcurren las horas hasta llegar al mediodía los valores empiezan a disminuir para luego en horas de la tarde volver a incrementarse. A veces el comportamiento es algo variable tanto en la mañana 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 las reacciones fotoquímicas llegan a ser

menos acelerados debido a factores mayormente astronómicos a pesar de tener días mayormente nublados en la costa a despejados en la región andina.

FIGURA N°2

Flujo de masas de aire provenientes con componente zonal. 22 de junio 2020.

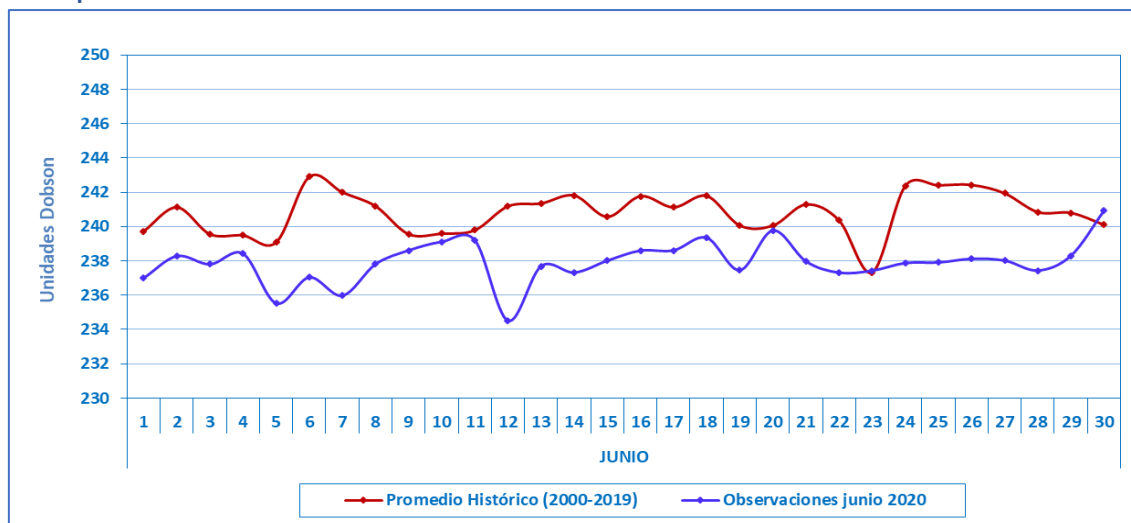


El comportamiento de la concentración de ozono atmosférico promedio diario mensual multianual (2000-2019) del mes de junio oscila entre 239.1 UD y 242.9 UD aproximadamente (), mientras que los medidos en el mes de junio del presente año, oscilaron entre 234.5 UD y 240.9 UD. En la figura 3 se aprecia que existe un mayor paralelismo entre el promedio diario multianual con respecto al registrado en el presente mes. Durante todo el mes las concentraciones de ozono registradas, fueron menores a los promedios diarios multianuales. Solo se registró 1 día con un valor ligeramente superior a su valor histórico y otro con un valor similar.

En líneas generales el comportamiento durante el mes entre ambas series, fue relativamente pareja

FIGURA °3

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



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 237.9 UD menor en 3.1 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.

Durante el mes de junio 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, provenientes mayormente del este y también debido a la persistencia de una configuración anticiclónica por el lado central de América del Sur, los cuales permitieron una disminución de ozono (menor aporte de concentraciones 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 registrado en superficie, se puede observar nuevamente un desfase entre ellos. Con respecto a la información proveniente del AURA/OMI, durante el 64% de días

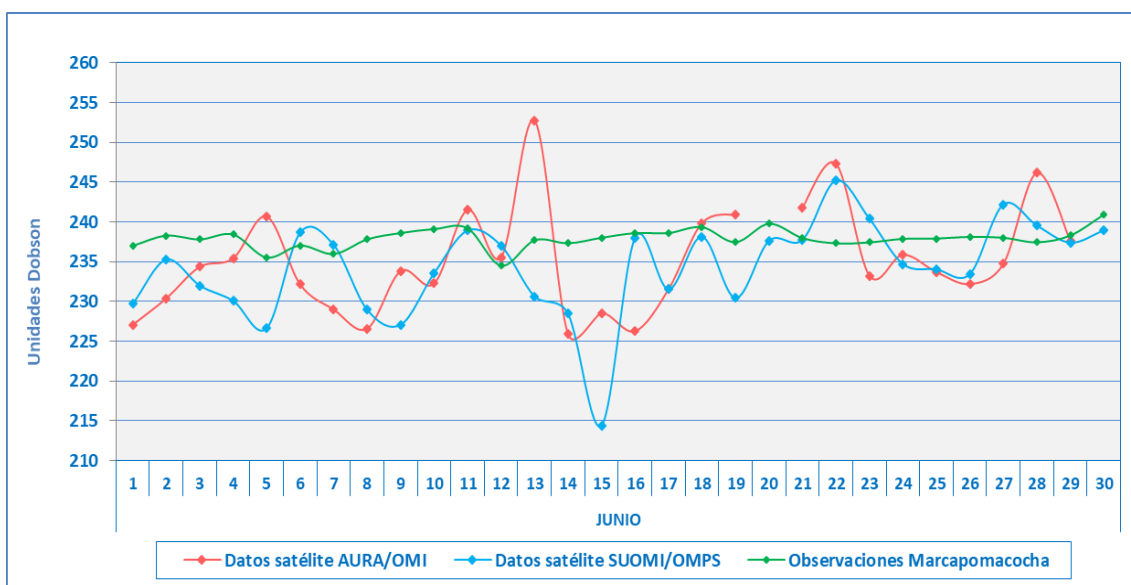
del mes de junio los valores de ozono diario medidos estuvieron por debajo de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, mientras que con respecto al SUOMI (OMPS), en 67% de días del mes, los valores de ozono registrados también estuvieron por debajo de lo registrado por el Espectrofotómetro Dobson, 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 1 a 15 UD, mientras que, comparando sólo los dos satélites, ambos muestran una variabilidad en el mes, donde las diferencias han estado entre 1 UD y 22 UD.

Cabe precisar que, en este mes, un 30% de la información proveniente de los satélites ha venido mostrando valores mayores a lo registrado con el Espectrofotómetro Dobson, cuando desde hace un tiempo atrás registraban valores muy por debajo. La tendencia de las concentraciones de ozono de 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 junio 2020.



Perfil Vertical de Ozono Atmosférico

En la figura 5 se muestra, para un día típico del mes de junio, el 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 90% del ozono total en la atmósfera (mayo).

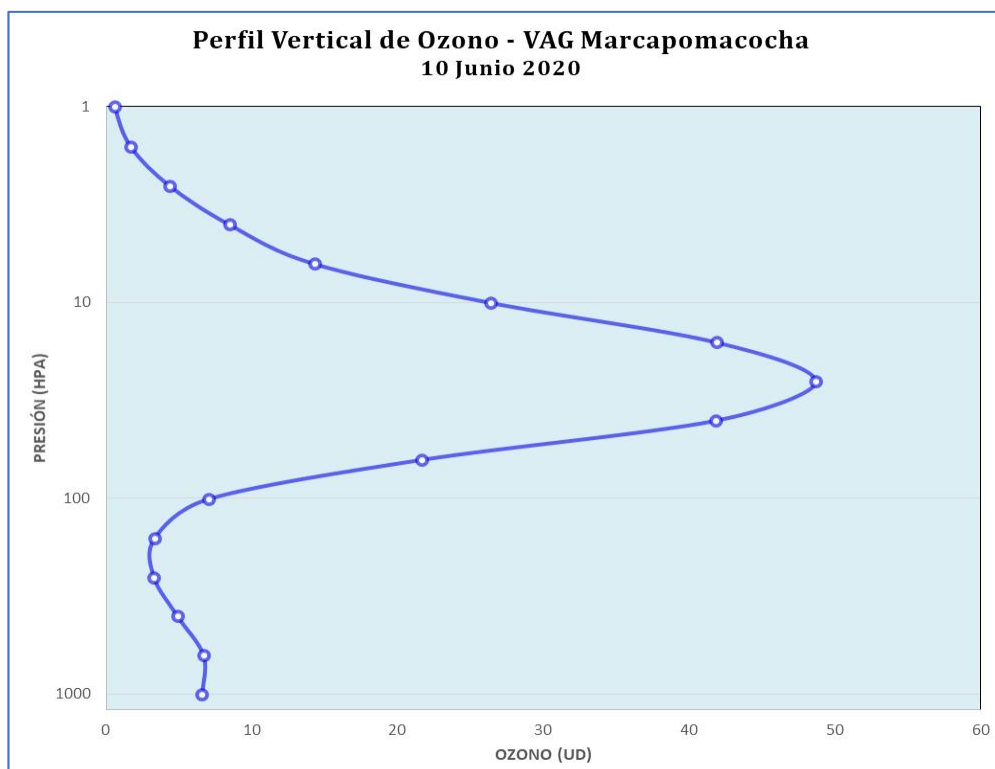
A nivel de tropósfera las concentraciones de ozono son demasiado bajas alrededor de casi el 10% del ozono total. En los primeros niveles (hasta los 160 hPa) se observaron generalmente, bajas concentraciones de ozono (mayormente por efecto de reacciones fotoquímicas) los cuales van disminuyendo con la altura. Por encima de ese nivel, las concentraciones aumentaron hasta los 25 hPa (en promedio valores de 47 UD a 49 UD), para luego, en capas 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 31 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



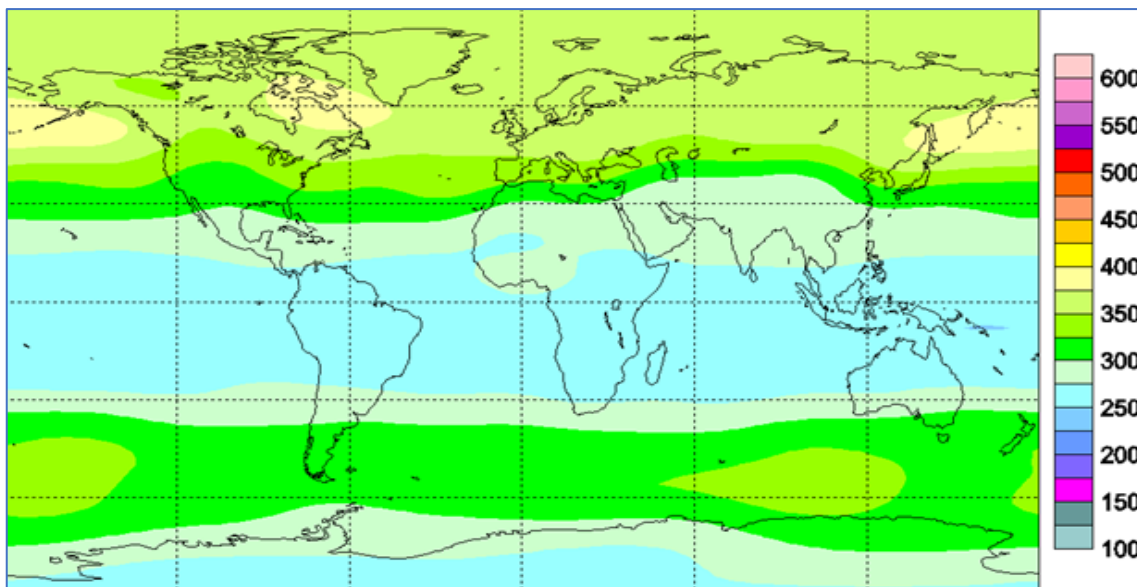
En cuanto a los reportes globales provenientes del satélite se puede mencionar lo siguiente:

- En la Figura. 6 se observa el mapa climático (1978 – 1988) de ozono total atmosférico global para el mes de junio, mostrando concentraciones altas en el corredor de la región tropical, entre las latitudes 15°N – 30°S aproximadamente, con valores que oscilan entre 250 UD a 275 UD. En el hemisferio norte entre las latitudes 30° y 60° (latitudes medias) se muestra concentraciones de ozono que oscilan entre 300 UD y 350 UD, mientras

que a mayores latitudes las concentraciones se incrementan hasta 400 UD. En el caso del hemisferio sur las mayores concentraciones de ozono se registran en latitudes medias con valores de hasta 275 UD.

FIGURA N°6

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

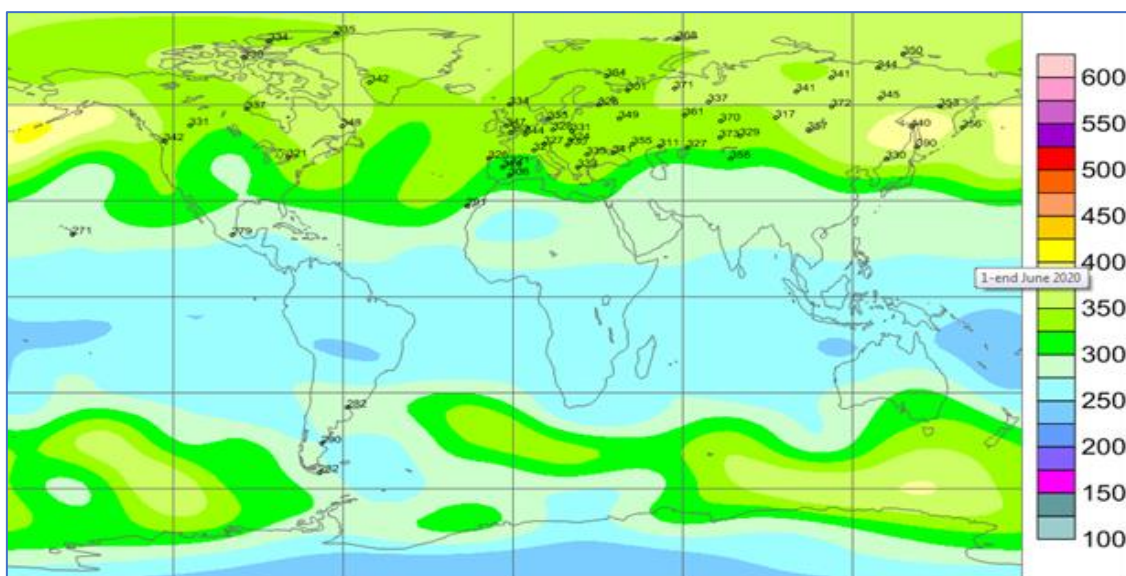


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

- En la Figura 7, se observa la distribución de ozono a nivel global, correspondiente al mes de junio del presente año y en ella se observan bajas concentraciones de ozono en el sur de nuestro país conjuntamente con parte de Bolivia y Brasil. Asimismo, en el lado noroeste de Australia y en parte del océano pacífico, los cuales oscilaron entre 225 UD y 250 UD.
- En latitudes medias del hemisferio sur se observan concentraciones de ozono 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 400 UD, mientras que hacia latitudes altas (cerca al continente Antártico) las concentraciones disminuyeron hasta 225 UD. Se puede ir observando que a partir de ahora hacia adelante las concentraciones ozono irán disminuyendo en la región antártica debido al mayor enfriamiento de la atmósfera en dichas latitudes.

FIGURA N°7

Mapa de ozono total atmosférico para el mes de junio 2020

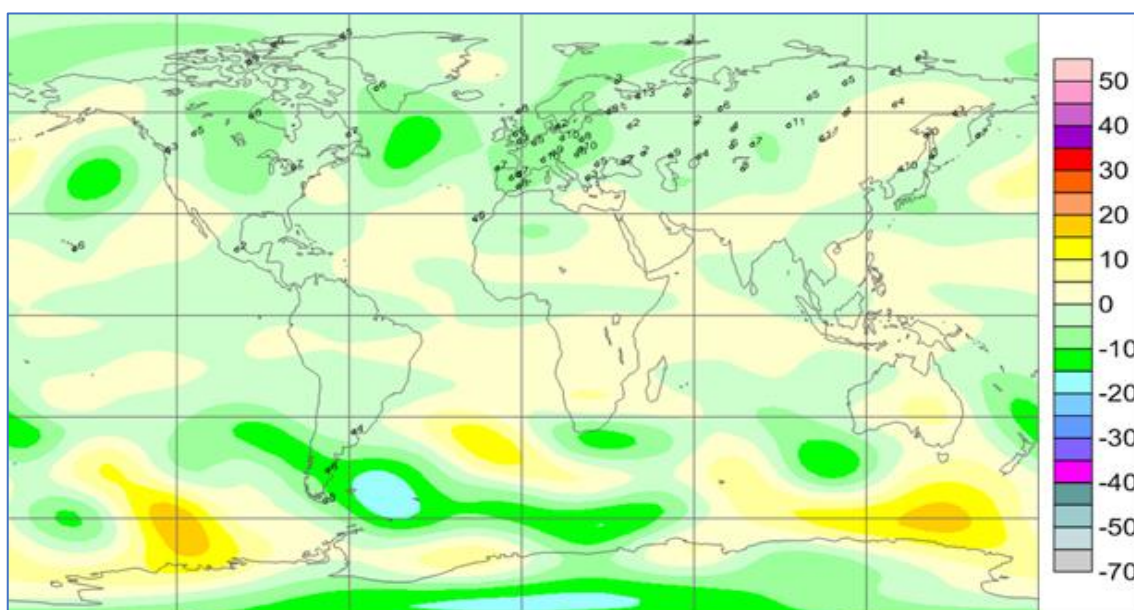


Fuente: <https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/clf2/e/normalozone.html#gl>

- En cuanto a la desviación media del mes de junio, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron cercanos a sus valores normales con una desviación de +5%, en la región norte del país y de -5% en la región sur. En latitudes medias y altas del hemisferio sur las desviaciones fueron bastante negativas con valores entre -5% a -20%. En latitudes medias y altas del hemisferio norte las anomalías también fueron negativas en el orden de -5% a -15%. Figura 8.

FIGURA N°8

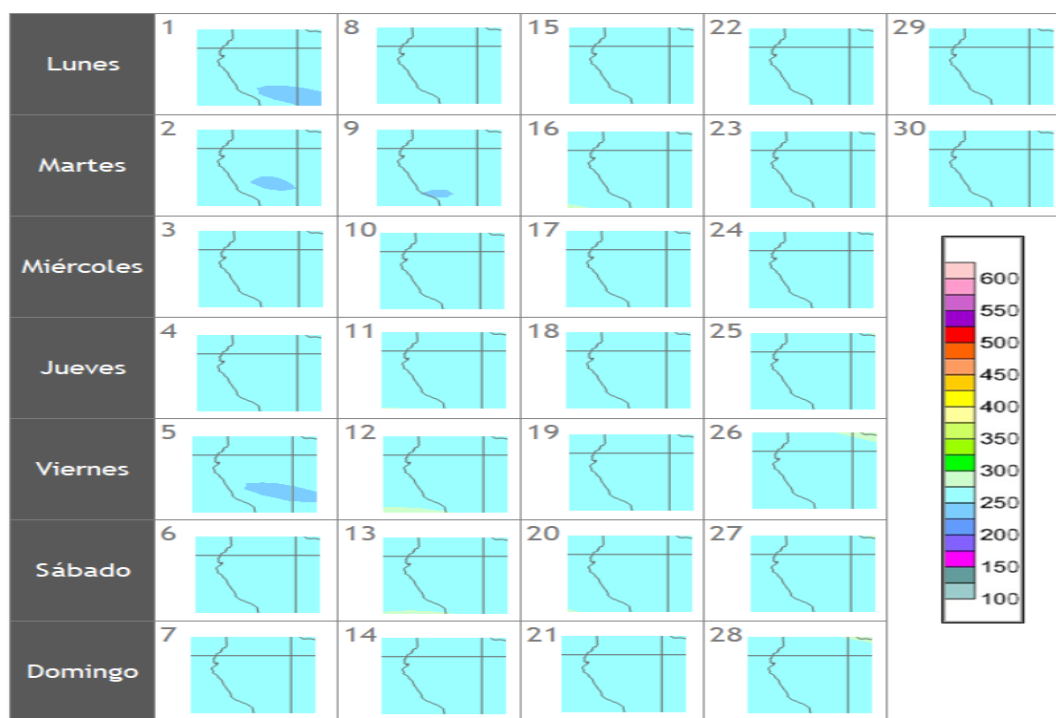
Desviación media (%) del ozono total atmosférico para el mes de junio 2020



- 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 gran parte del país. Durante los primeros días del mes las concentraciones de ozono fueron bajas en el orden de 225 UD y 250 UD, especialmente en la región sur del país

FIGURA N°9

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



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.

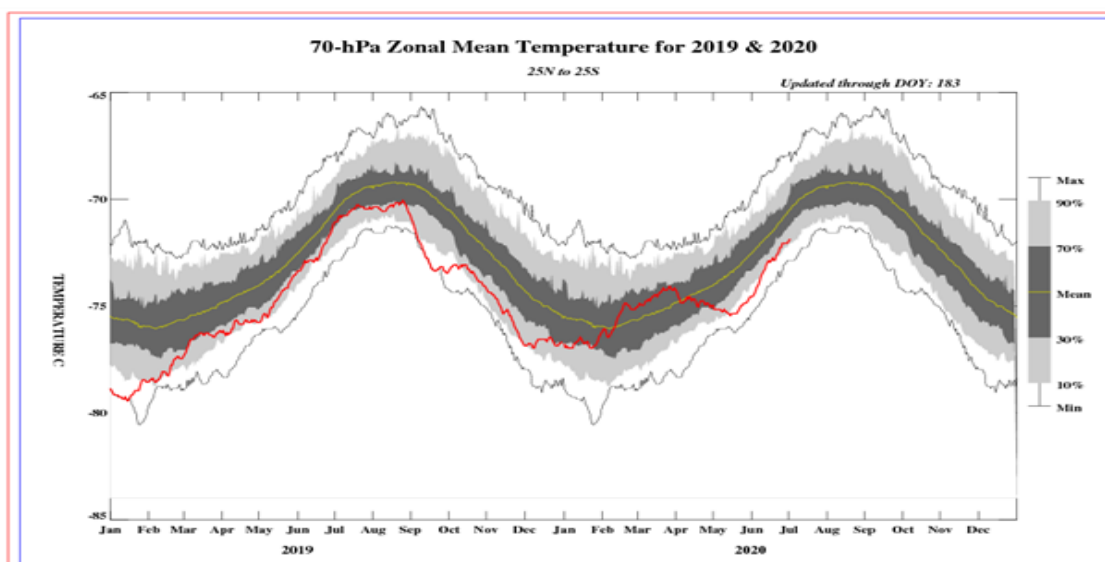
En la Figura 10 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2019 hasta el mes de junio 2020, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S – 25°N.

Durante los días de registro, la temperatura en ese nivel (línea de color roja) tuvo un mayor acercamiento a su valor normal (línea de color amarillo), donde la amplitud entre ellas disminuyó notablemente, durante todo el mes de junio.

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 -72.5°C , menor en valor numérico al mes pasado, pero físicamente más cálido. La temperatura calculada en este mes, fue de -73.5°C . Como se observa, esta disminución de la temperatura guarda relación con una ligera disminución en las concentraciones de ozono medidos en superficie. Debe recordarse que durante los meses de mayo y junio en nuestro país se registran concentraciones de ozono bajos.

FIGURA N°10

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



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

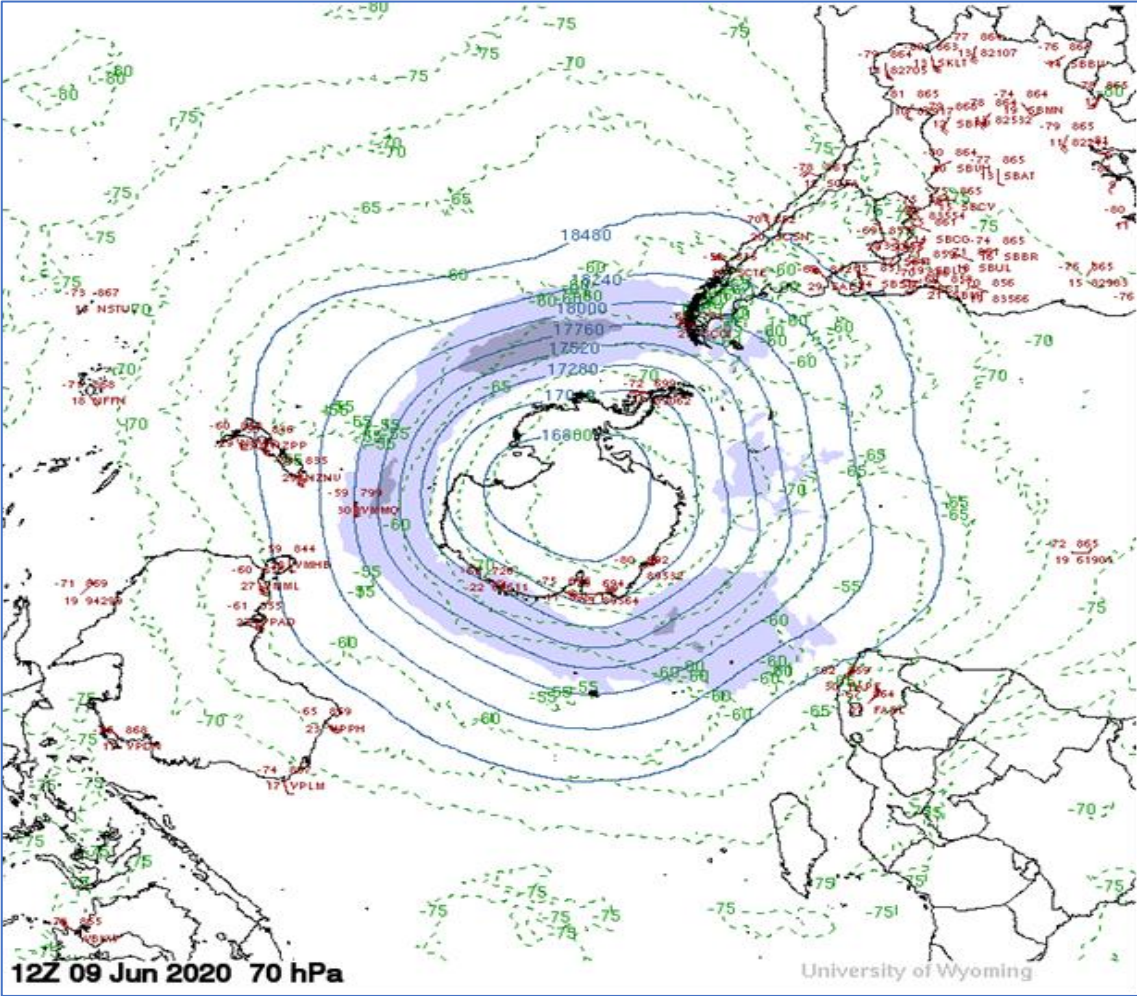
Por otro lado el comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur en un día típico de junio, es mostrado en la Figura 11 en donde se aprecia que las temperaturas en el continente Antártico han registrado valores en el orden de -70°C a -80°C , debido a que la radiación solar no llega por efecto de la posición de la tierra con respecto al sol como producto del inicio de la estación astronómica de invierno en el hemisferio austral, lo que permite que las masas de aire en ese nivel se enfríen en forma paulatina, dando lugar a la formación de nubes estratosféricas polares.

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. En la región tropical o latitudes bajas las temperaturas en este mes han registrado valores cada vez menores.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado mayormente valores de -75.0°C a -77°C , numéricamente menor al mes anterior, pero en lo concerniente a procesos físicos, un poco más cálido, dando respuesta a una ligera disminución en las concentraciones de ozono encontradas en superficie durante el mes de junio..

FIGURA N°11

Comportamiento de la temperatura en 70 hPa para el hemisferio sur (09 junio 2020)



Fuente: Universidad de Wyoming

III. CONCLUSIONES

1. El mes de junio al igual que mayo son meses que se caracterizan porque climáticamente las concentraciones de ozono (los medidos en superficie) son bajos comparados a los otros meses. En este año 2020 según información proveniente del satélite AURA el valor promedio del mes fue de 235.3 UD, mientras que el registrado por el satélite SUOMI fue de 234.3 UD. En conclusión, comparando estos valores con el registrado por el Espectrofotómetro Dobson, se notó que están por debajo entre 2 UD a 4 UD aproximadamente. Se hace hincapié que los valores promedios provenientes de estas dos fuentes de información han sido ligeramente superiores a los registrados en el mes pasado. Los medidos en superficie, más bien, fueron ligeramente menores al mes pasado debido a que según el modelo GFS, se han tenido flujos de aire provenientes del este (flujo zonal positivo) así como a la presencia continua de un sistema anticiclónico en la región central de América del Sur
2. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono durante el mes de junio medido con el espectrofotómetro Dobson en la Estación VAG Marcapomacocha, oscilaron entre 234.5 UD a 237.9 UD, notándose una 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 han continuado transportando menores cantidades de ozono hacia nuestro país. Otro factor atribuido a esa disminución es el astronómico, donde el inicio de la estación de invierno permite la disminución de la temperatura en la atmósfera, mucho más en niveles altos.
3. Con respecto a la distribución vertical del ozono, en el mes de junio 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 31 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.
4. Asimismo, siguiendo la distribución vertical del ozono, principalmente a nivel de tropósfera, se nota generalmente, una disminución del ozono hasta los 160 hPa, debido al poco efecto residual, así como también a efectos de circulación en la tropósfera baja y la baja actividad fotoquímica.
5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de junio (elaborados por el Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación Ultravioleta con sede en Canadá), para el caso de nuestro país, muestran bajas concentraciones, que oscilan entre 225 UD a 250 UD durante los primeros días del mes, especialmente en la región sur así como también en parte de Bolivia y Brasil, mientras que en el resto de días, las concentraciones de ozono se incrementaron hasta valores entre 250 UD y 275 UD como parte del inicio del aumento del ozono durante el año.
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que, durante todo el mes de junio, los valores se acercaron a su normal climática, entendiéndose como un ligero enfriamiento de la atmósfera en ese nivel, el cual trae como consecuencia el registro de una menor 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 -72.5°C , pero resulta que en este mes se registró un valor promedio de -73.5°C .

7. Debido al inicio de la estación de invierno en el hemisferio austral, los niveles de radiación solar continuaron disminuyendo, trayendo como consecuencia que los procesos físicos-químicos, en la estratósfera sean menores, incidiendo también en una ligera disminución 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 agosto de 2020



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

Consultas y sugerencias:
occora@senamhi.gob.pe