

Junio 2018
vol. 06

**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.

Se espera que de aquí a algunas décadas se incremente la concentración de ozono en la atmósfera debido a la aplicación del Protocolo y sus enmiendas.

ANTECEDENTES

El SENAMHI cuenta con una estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha ubicada en la sierra central del país (Provincia de Yauli, departamento de Junín), 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" W. 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 de las propiedades físicas y químicas de la atmósfera con la finalidad de conocer el comportamiento actual de la atmósfera en esta parte del continente.

Las actividades de la estación VAG de Marcapomacocha se enmarcan en las mediciones de la concentración de ozono total atmosférico en forma diaria en base a mediciones 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 1962 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 (año 2018) la estación VAG de Marcapomacocha también podrá realizar mediciones de algunos gases de efecto invernadero como por ejemplo CO₂ y Carbono negro (hollín).



I.- METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL OZONO ATMOSFERICO

1.- MEDICION EN SUPERFICIE

Con un instrumento denominado Espectrofotómetro Dobson (Figura 1), es posible realizar mediciones sobre la cantidad de Ozono total Atmosférico, en forma indirecta porque lo que se mide son las intensidades relativas, de un par de longitudes de ondas (LDO), seleccionadas de antemano, siendo estas generadas y emanadas por el Sol o simplemente por el Zenith del cielo. Se llamarán a estas ondas seleccionadas, LDO: "A" , "C" y "D".

FIGURA N° 1
Espectrofotómetro Dobson



La luz entra al instrumento a través de la ventana que se encuentra en la parte superior del mismo y selecciona solo dos haces (de luz) el cual 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) 305.5 nm (1nm = 10⁻⁹ m) a 325.4 nm ; 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 el ozono total.

2.- MEDICION DESDE SATÉLITE

Uno de los satélites que mide en forma continua la concentración de ozono es el satélite AURA el cual dispone de cuatro instrumentos para la medición de la tropósfera superior, estratósfera y mesósfera. El instrumento de monitoreo de ozono (OMI) continúa los 34 años de observación del ozono que comenzaron con el detector ultravioleta de retrodispersión (Backscatter Ultraviolet Detector, BUV) en 1970 y 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 las cantidades de ozono total.



II.-RESULTADOS.

Del monitoreo realizado durante el mes de junio 2018 en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario - diario en general, estuvo oscilando entre 236.6 UD y 245.7 UD.

La Figura 2 muestra un ejemplo típico del comportamiento horario del ozono atmosférico para un día del mes de junio. 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).

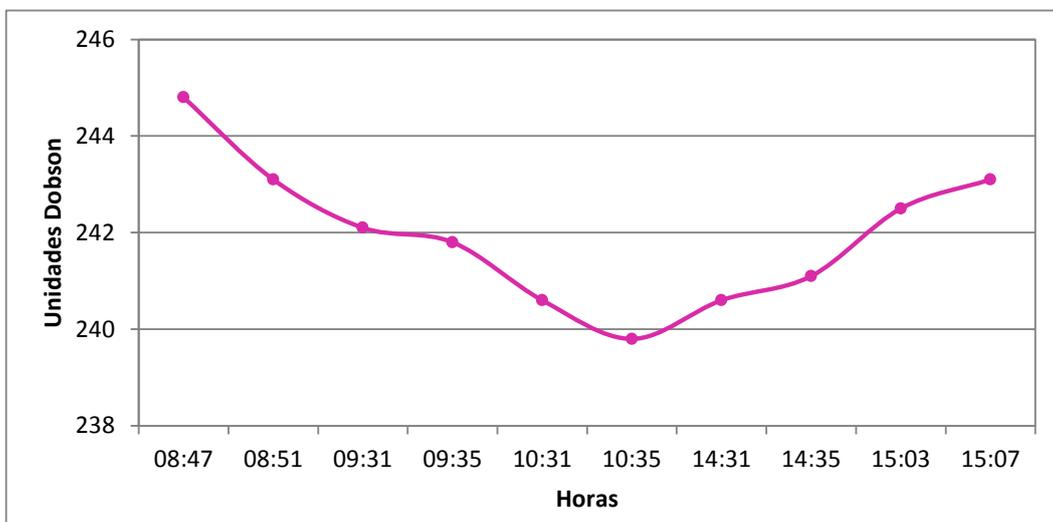
Este proceso físico, se enmarca en que durante las mañanas la incidencia de la radiación ultravioleta es baja y por ende las concentraciones de ozono son relativamente altas, a medida que la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa en forma paulatina hacia el mediodía, permite una reducción 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 a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono).

Cabe mencionar que en este mes las condiciones de tiempo atmosférico son influenciadas por sistemas característicos de la temporada de otoño. El sistema denominado Alta de Bolivia generadora de lluvias en el país, climáticamente deja de proporcionar humedad a la región andina y más bien los vientos cálidos del norte cesan debido a que los sistemas atmosféricos se desplazan hacia el hemisferio norte. Estas condiciones permiten que se vayan presentando paulatinamente, mejores condiciones de tiempo para la realización de mediciones de ozono. Asimismo la radiación solar incidente tiende a ser de forma directa (especialmente en la región andina) y en algunos momentos difusa permitiendo que la velocidad de los procesos fotoquímicos tiendan a ser lentos por la disminución de la intensidad.



FIGURA N° 2

Comportamiento horario típico de ozono atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha 10 de junio de 2018.

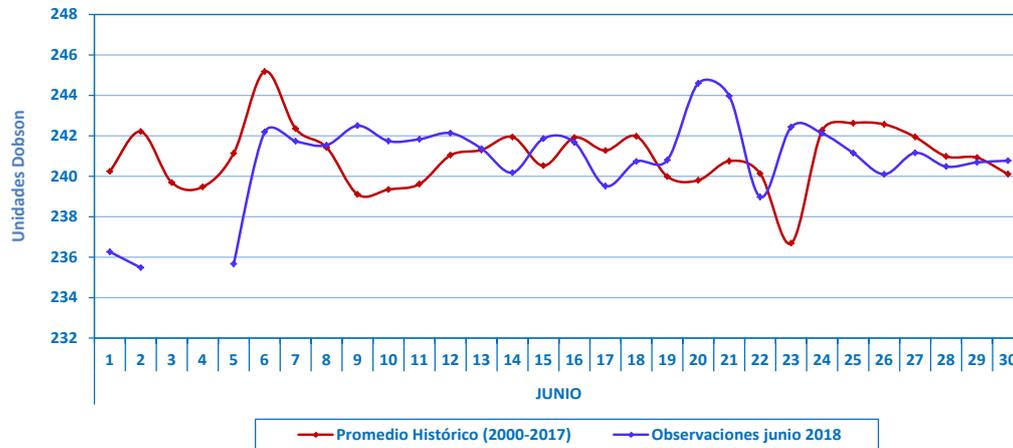


A nivel promedio diario, la concentración de ozono atmosférico estuvo oscilando entre 235.5 UD y 244.6 UD (Figura 3. Línea de color azul). Se debe resaltar, que en este periodo (diario), casi toda la información de ozono estuvo por encima de los 235.0 UD, siendo en gran parte del mes superiores a sus promedios históricos diarios.

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 252.2 UD. Los valores bajos de ozono se registran climáticamente entre los meses de mayo y junio con valores de 240.7 UD y 241 UD respectivamente. En el presente mes de junio el valor promedio mensual fue 240.8 UD inferior a su promedio histórico en 0.2 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 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 el presente mes, a nivel de 70 hPa, se han registrado vientos zonales del oeste lo cual permitieron que las concentraciones de ozono sean transportados a otras lugares que no sea nuestro país trayendo como consecuencia un ligero descenso en la concentración de ozono (no hubo aportes considerables de ozono provenientes de otras latitudes).

FIGURA N° 3

Variabilidad temporal de la concentración de ozono atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha. Mes de junio de 2018.



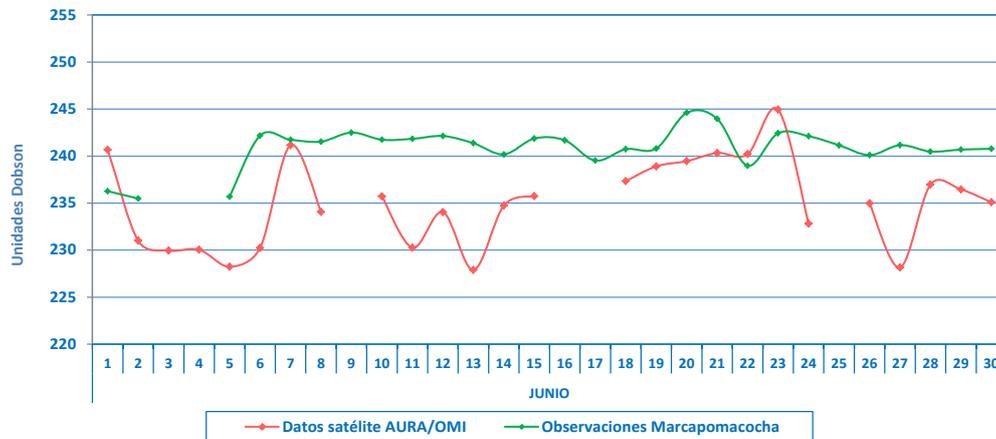
Se ha observado que los valores diarios de ozono durante el mes de junio 2018, han disminuido en forma ligera con respecto al mes de mayo y han continuado comportándose de una manera bastante variable, dado de que casi en el 57% de días del mes, los valores han estado por debajo de su promedio histórico diario (2001 - 2016), tal como se puede apreciar en la Figura 3 (línea de color azul).

Las desviaciones negativas entre lo observado y el histórico osciló entre -012 UD a -6.7 UD, lo cual nos permite saber que en este mes se ha registrado menos concentración de ozono comparado a su valor normal.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) con lo observado en superficie, se puede notar un gran desfase entre ellos. Durante el 88% de días del mes de junio los valores de ozono diario medidos con el Espectrofotómetro Dobson continúan por encima de lo registrado por el satélite AURA/OMI y el otro 12% por debajo, tal como se puede apreciar en la Figura 4.

FIGURA N° 4

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite versus información de superficie durante junio 2018



Del análisis realizado a las concentraciones de ozono en la estación VAG de Marcapomacocha considerando solo los meses de junio de 2001 hasta 2017, se ha notado una disminución cercano a 4 UD, lo cual se ha traducido en que los niveles de radiación ultravioleta se mantengan altos en este mes, por lo menos en esta región de nuestro país, debido a la altitud y la baja concentración de ozono influenciado además por factores astronómicos y meteorológicos (<http://www.senamhi.gob.pe/load/file/03202SENA-32.pdf>).

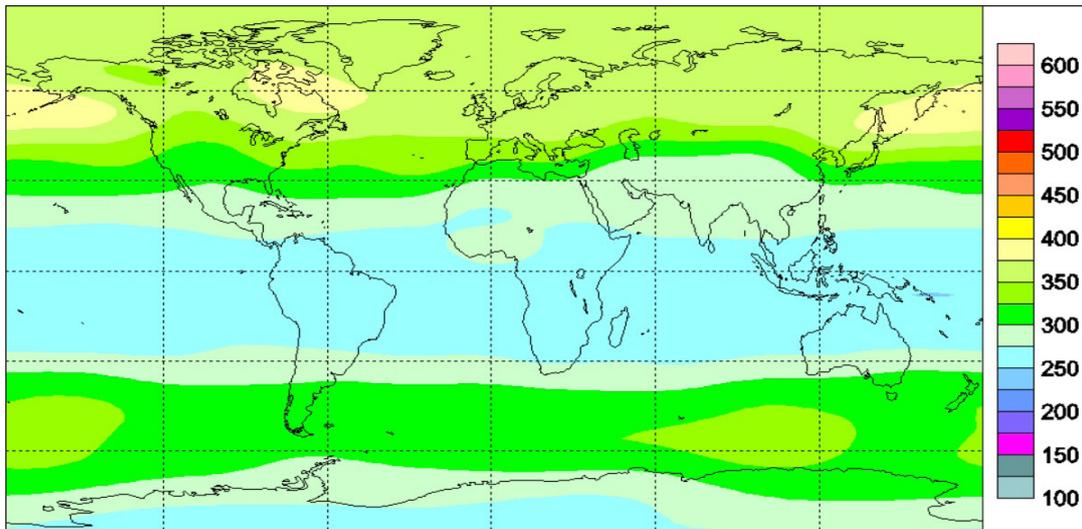
Se debe considerar que la disminución de las concentraciones de ozono se debería en parte a que en la atmósfera continúan persistiendo elementos que disminuyen su concentración (como por ejemplo los HCFC y los CFC-11) aunados a factores como circulación de la atmósfera y transporte de masas de aire.

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 junio, donde se muestra que las concentraciones relativamente bajas a nivel global se registran en gran parte de la región tropical entre los 15°N y 30°S con valores que oscilan entre 250 UD - 275 UD.

FIGURA N° 5

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

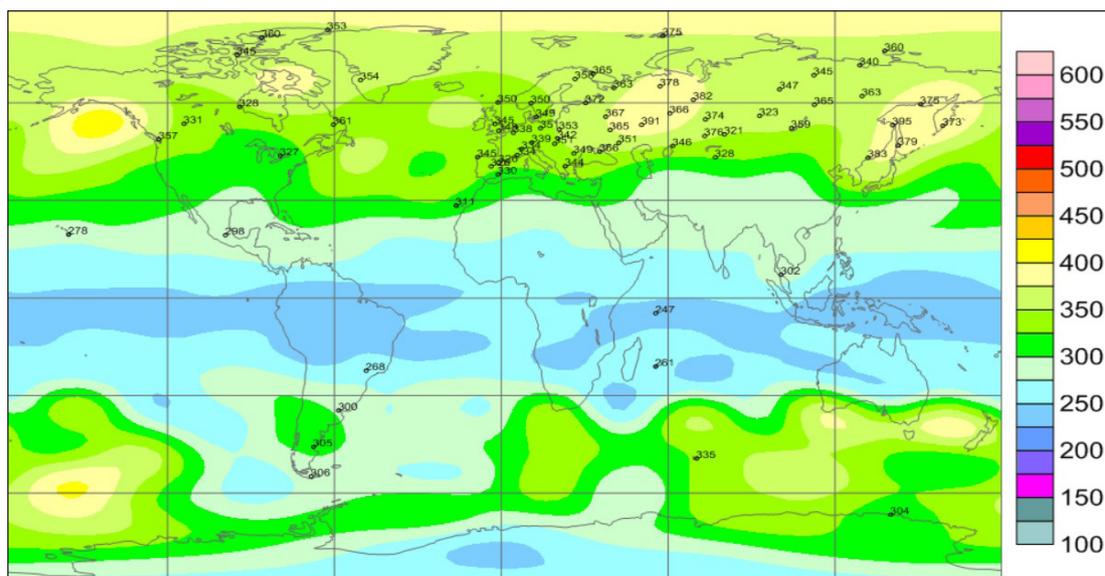


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En la Figura 6 se observa el mapa mensual global correspondiente al mes junio de 2018 y en ella se muestra que en todo el Perú, el comportamiento de ozono es bajo, comparado al mes pasado donde las concentraciones bajas cubrían gran parte del país, pero en cambio ahora fue en todo el territorio nacional con valores entre 225 UD y 250 UD.

FIGURA N° 6

Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite versus información de superficie durante junio 2018

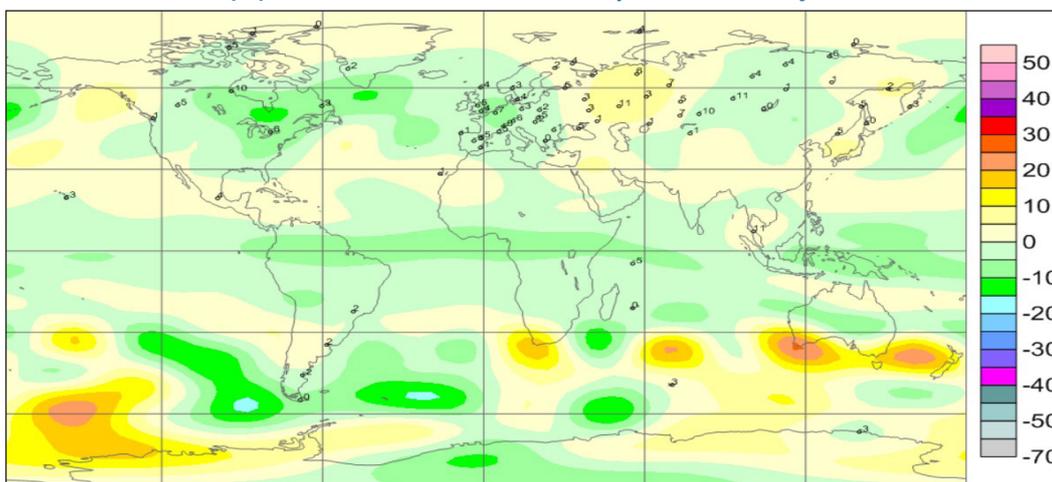


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

- En cuanto a la desviación media del mes, para el caso de Perú, los valores de ozono estuvieron por debajo de sus concentraciones normales (anomalías negativas) en la zona norte y sur del país, en otras regiones las anomalías fueron menores con valores de 5%. Ver Figura 7.

FIGURA N° 7

Desviación Media (%) del ozono total atmosférico para el mes de junio 2018

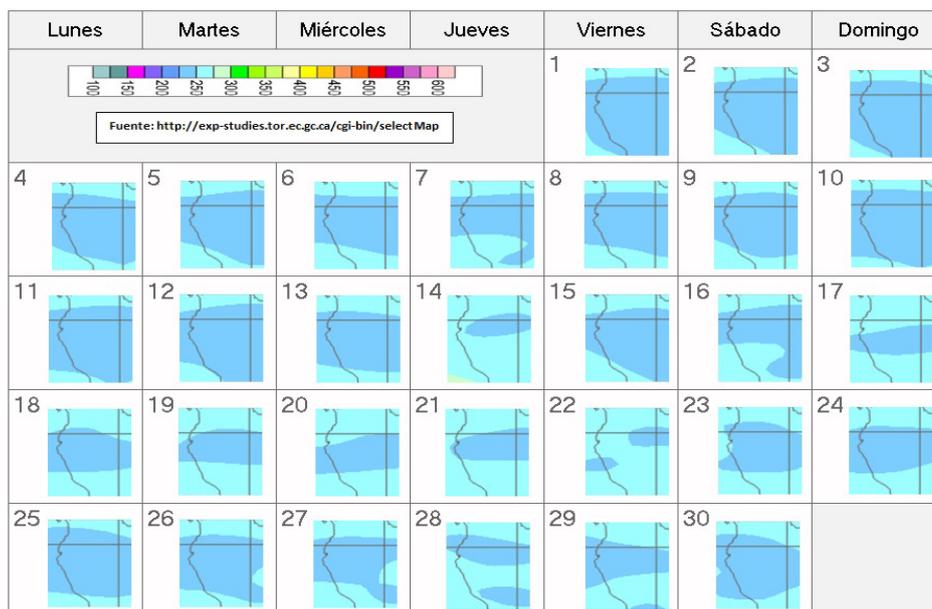


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

Se debe recalcar que la información (datos) proveniente del satélite AURA plataforma OMI, en este mes de junio, muestra generalmente concentraciones menores de lo que se registra en superficie.

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, podemos mencionar que para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico registrados mantuvieron registrando valores bajos en gran parte del mes (Fig. 8) con concentraciones que oscilaron entre 225 UD y 250 UD, especialmente en la región central y norte del país.

En los análisis, se observó que en el presente mes se mantiene la variabilidad en el comportamiento del ozono atmosférico en nuestro país, quizás porque la escala de colores abarca intervalos gruesos de 25 UD cada una. Tal es así que durante los días 1, 2, 3, 10, 11 y 12 de junio las concentraciones bajas de ozono oscilaron entre 225 UD y 250 UD en todo el país, mientras que durante los días 4, 5, 6, 8, 9, 13, 15, 18, 23, 24, 25, 26 y 30 estas concentraciones bajas abarcaron el 75% del país para que finalmente durante los días 7, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 27, 28 y 29 de junio las concentraciones de ozono abarquen menos del 50% del territorio nacional. Hay que notar que la disminución de las concentraciones de ozono guarda cierta relación con los valores históricos registrados a nivel de superficie.

FIGURA N° 8**Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de junio 2018**

TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATOSFERA

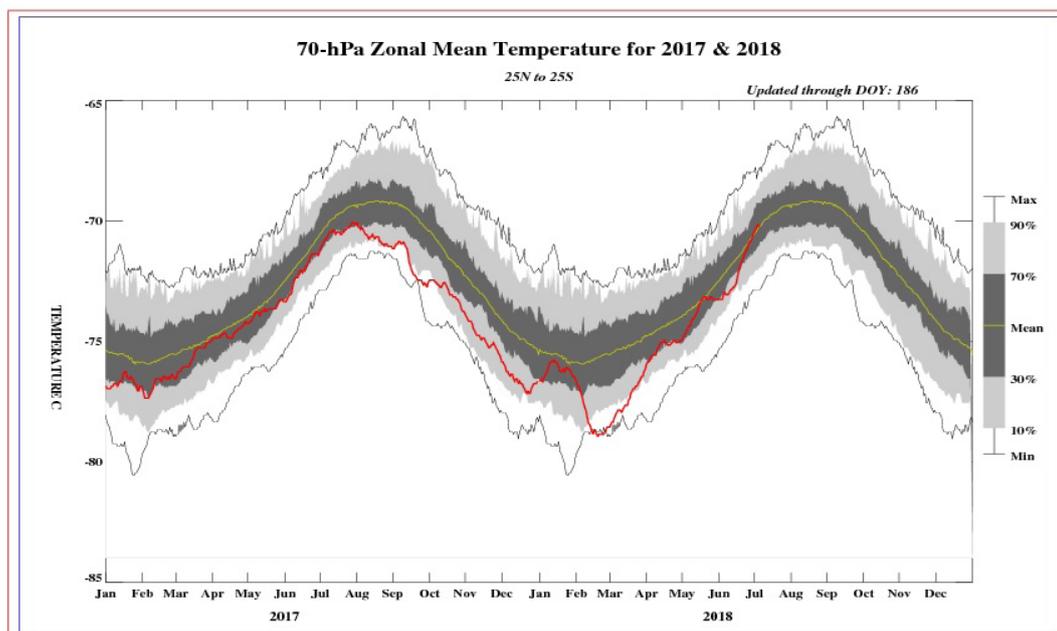
Es importante considerar que lo que pase en la atmósfera baja tiene, a veces, su impacto en la atmósfera alta o viceversa, y para poder entender la variabilidad del ozono atmosférico es importante conocer cómo es el comportamiento temporal de la temperatura en dichos niveles. Por ello se requiere el 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 de la circulación atmosférica.

En la Figura 9 se muestra la distribución temporal de la temperatura desde el mes de enero 2017 hasta el mes de junio 2018, al nivel de 70 hPa y entre las latitudes 25°S - 25°N. En ella se observa claramente que la temperatura en ese nivel (línea de color rojo) mantiene una posición bastante cercana de su valor normal (línea de color verde), especialmente a partir de la segunda quincena del mes. El valor promedio mensual (1979-2017) de la temperatura en este nivel es de -71.7°C, ligeramente mayor (“más cálido”) al mes de mayo, pero los calculados en este mes de junio del presente año tienen un promedio mensual de -72.1°C (0.4 grados por encima de su promedio histórico), pero siempre dentro del intervalo entre los valores al 30% y 70% de su variabilidad mensual (achurado de color oscuro) aunque durante la primera quincena del mes la temperatura estuvo fuera de este intervalo (entre 10% y 30%). Esto nos indicaría, que los valores de ozono se mantengan algo similares al mes pasado, pero con respecto a sus valores climáticos se consideran relativamente bajos

FIGURA N° 9

Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de mayo 2018



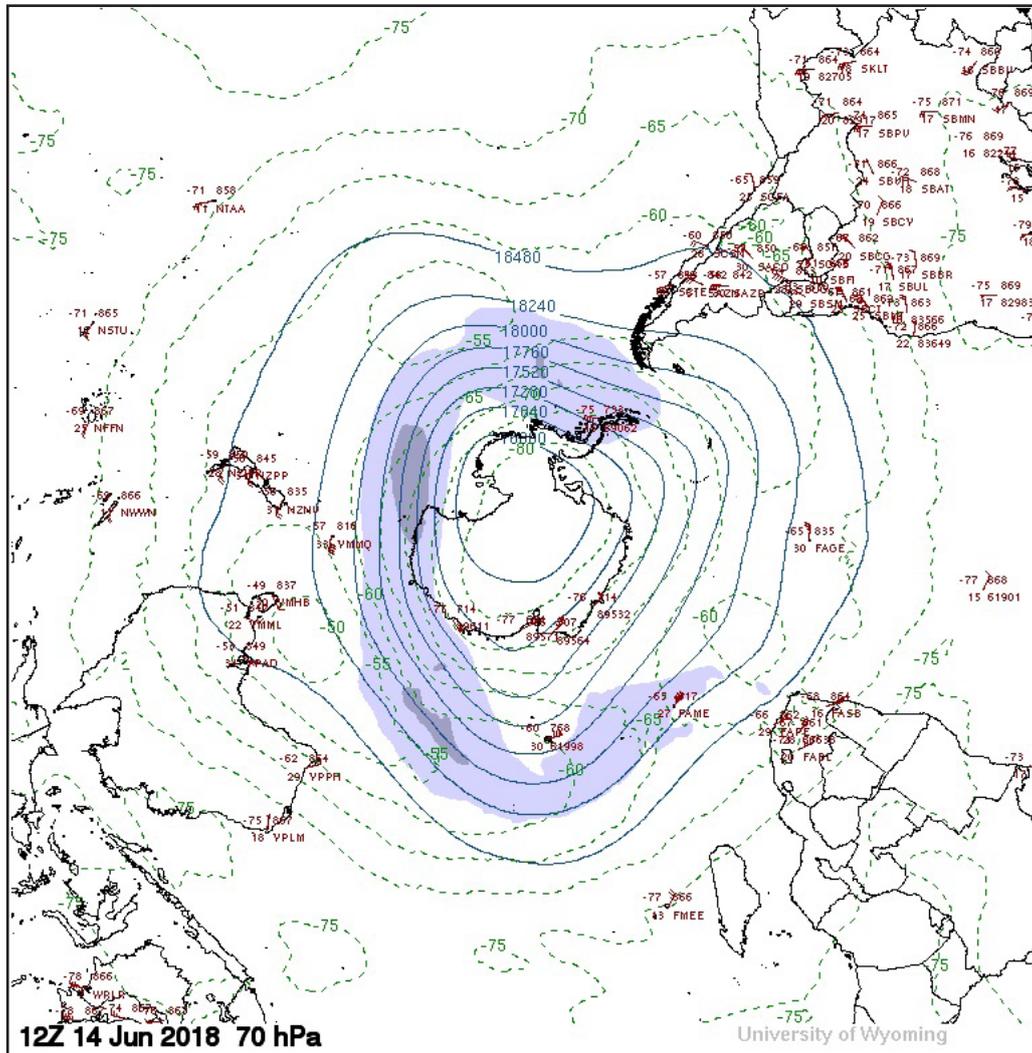
Fuente: National Weather Service, Climate Prediction Center (Web Site)

A nivel del comportamiento de temperaturas en el nivel de 70 hPa considerando todo el hemisferio sur (Figura 10) en un día típico del mes de junio, se puede mencionar que las temperaturas en el continente antártico han registrado valores en el orden de -82°C en promedio debido a la mayor disminución de la intensidad de la radiación solar el cual permite una disminución de la temperatura en dicha región al mismo tiempo que se dan los mecanismos para el desarrollo del vórtice polar antártico. Mientras que en la región tropical o latitudes bajas las temperaturas han registrado valores relativamente mayores al mes pasado generando que las concentraciones de ozono se mantengan casi similares al mes pasado.

Para el caso de nuestro país las temperaturas a este nivel han registrado valores de -70°C mayor a nivel de masa de aire (masa cálida) con respecto al mes de junio. En la figura 10 se puede apreciar un comportamiento típico de la temperatura sobre nuestras latitudes lo cual nos da a entender una cierta relación entre lo que pasa en este nivel y lo que pasa a través de la columna de ozono total obtenido por satélite (ligera disminución de la concentración en gran parte del mes).

FIGURA N° 10

Comportamiento de la temperatura en 70hPa para el Hemisferio Sur (14 de junio 2018)



Fuente: Universidad de Wyoming

III.-CONCLUSIONES

1. El comportamiento horario de la concentración de ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, en el mes de junio, varía desde valores altos en las primeras horas de la mañana 245.7 UD (similar al mes anterior) hasta valores relativamente bajos en horas cercanas al mediodía (236.6 UD). Este comportamiento se debería a que en las primeras horas del día la intensidad de la radiación ultravioleta es baja y por ende no habría mucha acción fotoquímica lo que se traduciría en concentraciones relativamente altas de ozono, mientras que hacia mediodía la intensidad de la radiación ultravioleta se incrementa (cielo despejado) y por ende se presentan mayores actividades fotoquímicas trayendo como consecuencia la disminución de la concentración de ozono.
2. A nivel de tropósfera la concentración de ozono es mucho menor que en la estratósfera, pero en las primeras horas del día debido a los efectos residuales generados el día anterior (ozono acumulado), permite que se incremente (aunque en pocas cantidades) la concentración de este gas en esas horas. En horas de la tarde ocurre el mismo proceso debido a la disminución de la radiación solar (aumento de la concentración de ozono atmosférico).
3. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración de ozono, se puede mencionar que durante este mes de junio osciló entre 235.5 UD a 244.6 UD (valor mínimo menor al mes de mayo y valor máximo superior al mes anterior en 0.2 UD). Estos valores, comparados con el promedio diario multianual, podemos determinar que son bajos, en el orden de 4 UD. La presencia de sistemas propios de la estación astronómica de otoño, circulación de vientos a nivel de 70 hPa de oeste a este mayormente, no ha permitido el traslado de cierta cantidad de masas de aire con contenido de ozono desde latitudes altas.
4. La información de ozono proveniente del satélite AURA plataforma OMI, en este mes de junio, estuvo por debajo de los registrado en superficie. En gran parte de días del mes, no hubo coincidencia entre los valores que se esperaban.
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 concentraciones que oscilan entre 225 UD a 250 UD (durante el 67% de días del mes en gran parte del territorio nacional). En un 33% de días estas concentraciones de ozono solo están caracterizados en la zona norte del país.



-
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que hasta el mes de junio del presente año los valores continuaron en forma ligera por debajo de su normal climatológica específicamente durante la primera quincena del mes. En promedio su normal climática es de aproximadamente -71.7°C , pero resulta que en este mes registró un valor promedio de -72.1°C aproximadamente, valor físico por debajo de su normal en 2.1°C , lo cual nos hace pensar que a nivel de alta atmósfera como que la concentración de ozono estaría absorbiendo más radiación ultravioleta.
 7. Se requiere disponer de información de la concentración de ozono total a nivel del perfil vertical de la atmósfera a fin de determinar la variabilidad en el comportamiento del ozono en sus diferentes capas y relacionarlos con los procesos de transferencia radiativa que se puedan estar dando sobre nuestro país.



Dirección de Meteorología y evaluación Ambiental Atmosférica:

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico:

Ing. Gabriela Rosas Benancio

grosas@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 2018



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

Jr. Cahuide 785, Jesús María
Lima 11 - Perú

Central telefónica: [51 1] 614-1414

Subdirección de Evaluación del Ambiente

Atmosférico: [51 1] 470-2867 anexo 444

Consultas y sugerencias:

occora@senamhi.gob.pe