



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Boletín mensual Vigilancia del Ozono Atmosférico en la estación VAG Marcapomacocha

Mayo 2017
Vol.05



I.-INTRODUCCION

El ozono protege cerca del 98% de la radiación solar que recibe la Tierra. La capa de ozono sufre un deterioro natural, pero la acción del ser humano ha hecho que este desgaste avance muy rápidamente.

A lo largo de la capa de ozono, científicos encontraron ciertos puntos donde la densidad de esta era muy inferior a lo normal, permitiendo la entrada de mayor radiación. Esta radiación influía directamente sobre la Tierra, provocando lo que conocemos actualmente como Efecto Invernadero. Los “agujeros” en la capa de ozono se encontraron sobre todo en el polo norte, esto porque los países más desarrollados y contaminantes se encuentran en este hemisferio.

Asimismo, las investigaciones llegaron a la conclusión de que se dieron las condiciones propicias para la producción de clorofluorocarbonos. Este elemento se encuentra en los aerosoles y las refrigeradoras industriales o fungicidas. Su uso provoca una destrucción 50 veces más rápida de la capa de ozono que de forma natural

Es por ello que el Perú, como país miembro del Protocolo de Montreal, viene reduciendo poco a poco el consumo de esos productos químicos 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 unos 50 años más se incremente la concentración de ozono en la atmósfera debido a la aplicación del Protocolo y sus enmiendas.

II.- 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.

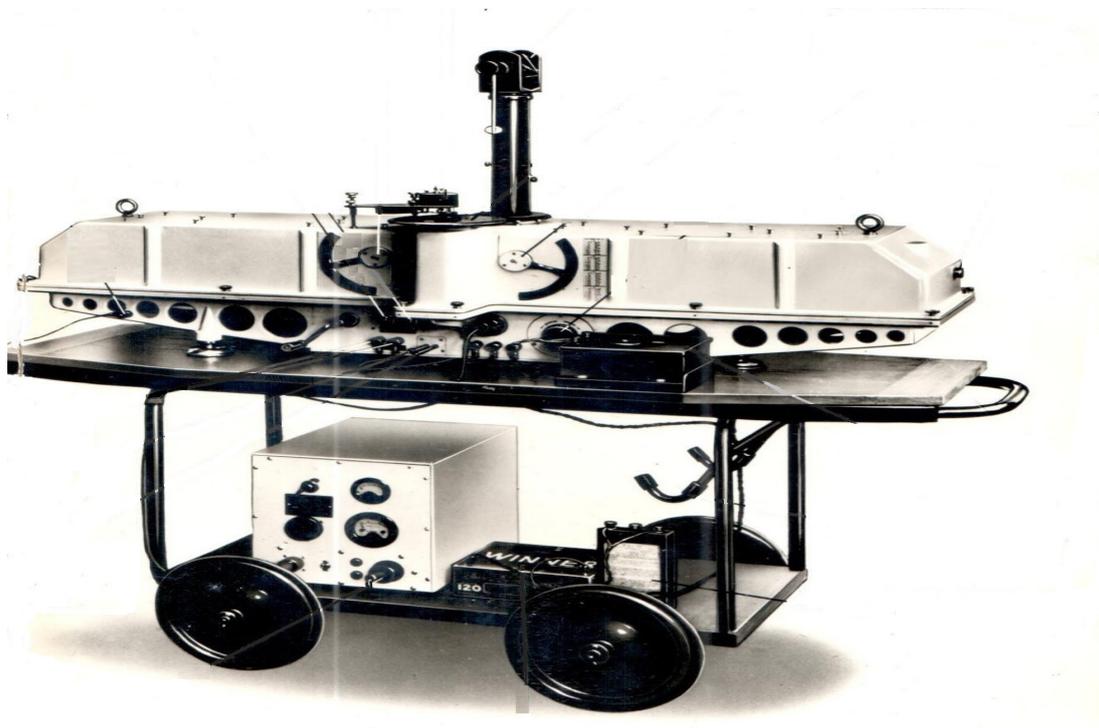
Con las mediciones realizadas desde 1962 en el Perú, se ha podido conocer el estado y evolución del espesor de la capa de ozono sobre el territorio peruano y en general sobre la porción de la atmósfera tropical sobre el continente sudamericano

III.- 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 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 ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 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 SATELITE

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.

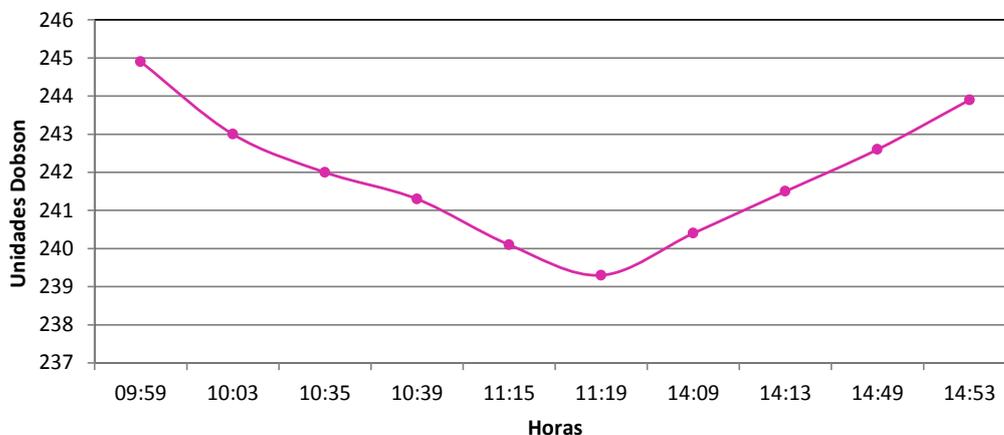
IV.-RESULTADOS.

Del monitoreo realizado durante el mes de mayo 2017 en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha se observó que el comportamiento horario – diario en general, estuvo oscilando entre 237.1 UD y 248 UD.

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

Este proceso físico nuevamente 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 durante el día, 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 también va a depender de otros factores como los ambientales (efectos residuales a nivel de tropósfera) y meteorológicos (transporte de ozono).

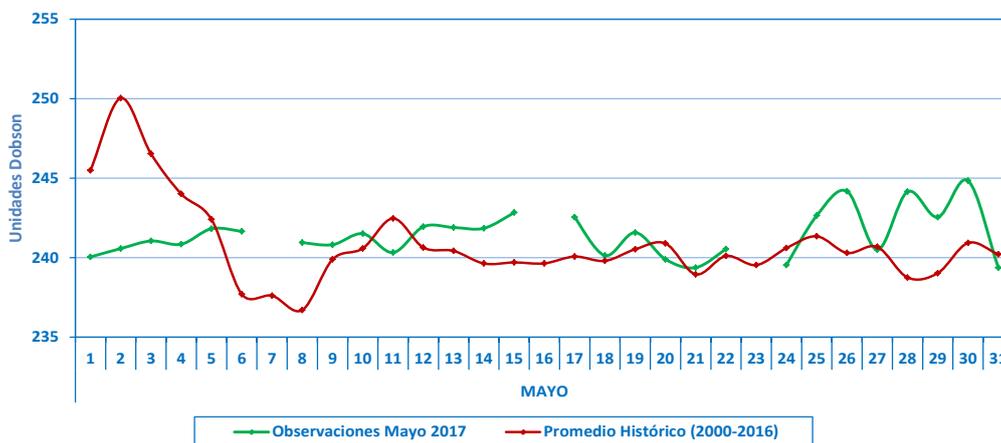
Figura 2. Comportamiento horario típico de ozono atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha 13 de mayo de 2017.



A nivel promedio diario la concentración de ozono atmosférico estuvo oscilando entre 239.4 UD y 244.8 UD (Figura 3. Línea de color verde). Se debe resaltar, que en este periodo (diario), la mayor cantidad de datos de ozono estuvieron por encima de los 240 UD, siendo mayores (en gran proporción) 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, 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. Otro factor importante es la disminución de la intensidad de la radiación solar en estos meses, por lo que disminuyen también las concentraciones de ozono. Asimismo, las bajas concentraciones de ozono, a nivel climático, se registran entre los meses de mayo y junio.

Figura 3. Variabilidad temporal de la concentración de ozono atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha. Mes de mayo de 2017.

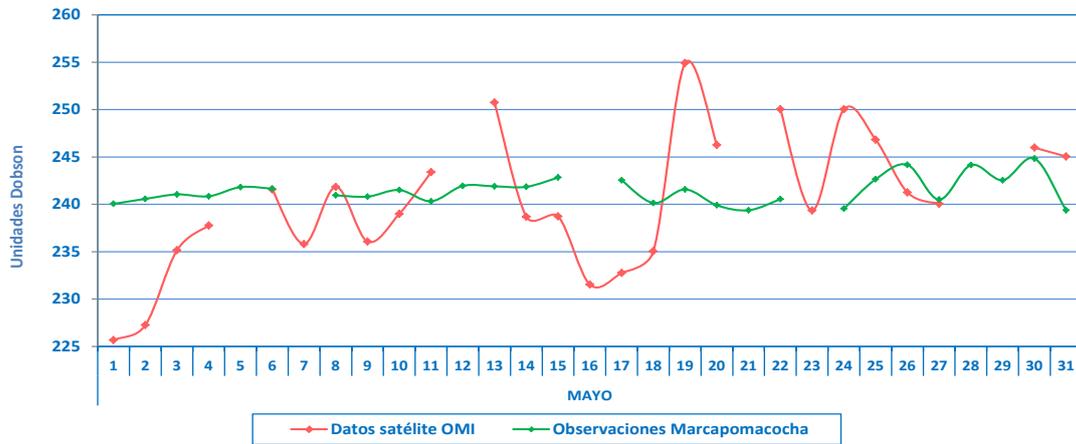


Se ha observado que los valores diarios de ozono durante el mes de mayo 2017 se han comportado de una manera favorable, dado de que en el 70% de días del mes, los valores han estado por encima de su promedio histórico diario (2001 – 2016), mientras que el otro 30% han estado por debajo, tal como se puede apreciar en la Fig. 3 (línea de color rojo). En algunos días los valores han sido casi similares.

Las desviaciones positivas (70% de días del mes) entre lo observado y el histórico oscila entre 1 UD a 5.4 UD (intervalo mayor al mes de abril), mientras que las desviaciones negativas oscilan entre 1 UD a 9.5 UD lo cual nos hace pensar que las concentraciones de ozono diario han sido bastante favorables en el mes de mayo del presente.

Al realizar la comparación de los datos de ozono atmosférico provenientes del satélite AURA (Plataforma OMI) con lo observado en superficie, se puede notar una cierta diferencia, en cuanto al comportamiento diario. Para algunos días del mes de mayo, el comportamiento fue algo similar, mientras que para la mayoría de días, los datos de ozono generados en superficie se encuentran algo distantes a los registrados por el satélite. Ver Figura 4.

Figura 4. Comparación de ozono atmosférico proveniente de satélite versus información de superficie durante mayo 2017

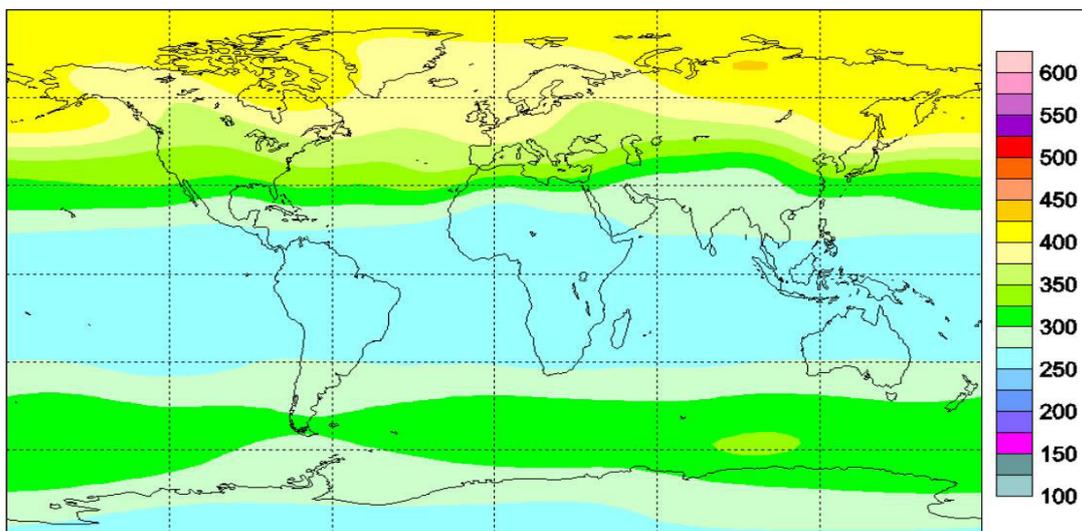


Del análisis realizado a las concentraciones de ozono en la estación VAG de Marcapomacocha considerando solo los meses de mayo de 2001 hasta 2017, se ha notado una disminución de aproximadamente 5 UD., lo cual debería de traducirse en un ligero incremento en los niveles de radiación ultravioleta en este mes, por lo menos en esta región de nuestro país, pero debido a otros factores ambientales los valores tienden a mantenerse o a disminuir..

La disminución de las concentraciones de ozono se debería en parte a que en la atmósfera aún continúan persistiendo elementos que disminuyen su concentración aunados a otros factores ambientales y meteorológicos (circulación y transporte de masas de aire por ejemplo).

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 mayo, donde se muestran en forma latitudinal (30°S – 20°N) y longitudinal, concentraciones relativamente altas. En dichas latitudes las concentraciones han sido altas (250 UD – 275 UD), superiores al mes de abril.

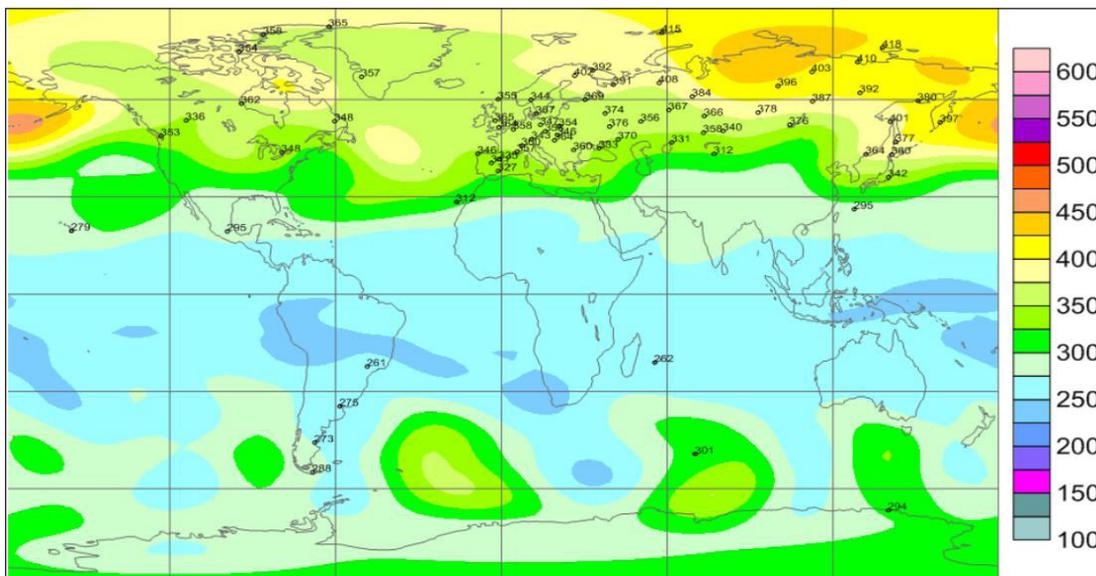
Figura 5. Mapa Climático de ozono total atmosférico (1978 – 1988) para el mes de mayo



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

En la Figura 6 se observa el mapa mensual global correspondiente al mes mayo de 2017; en ella se muestra una disminución en la concentración de ozono (comparado al mes de abril) en todo el Perú, parte de Bolivia y la región central y sur de Brasil (valores entre 225 UD y 250 UD. Vale recalcar que las concentraciones bajas de ozono se muestran en el sur de África así como en países de Nueva Guinea y Papúa Occidental.

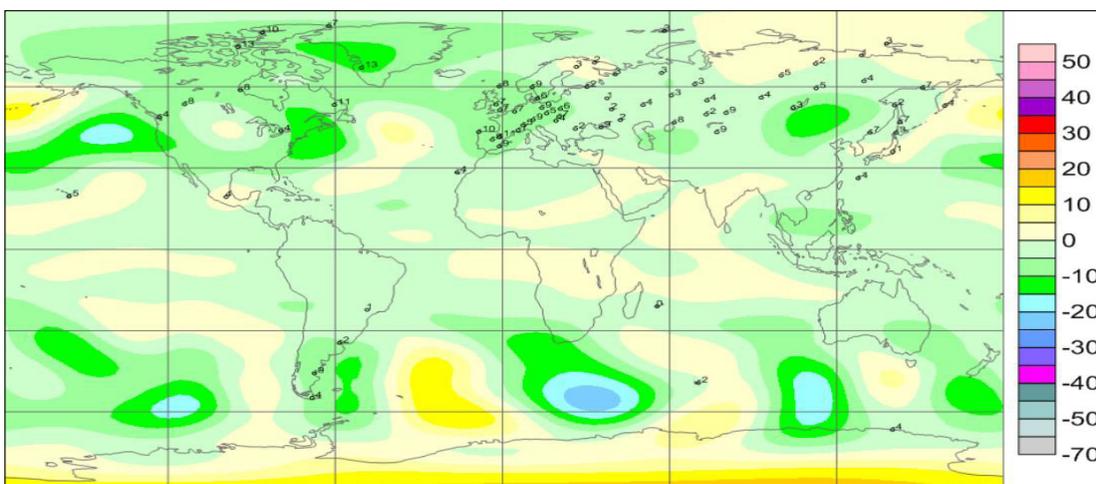
Figura 6. Mapa de ozono total atmosférico para el mes de mayo 2017



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

Se puede mencionar que en cuanto a la desviación media del mes, los valores de ozono estuvieron relativamente por debajo de lo que normalmente se debió registrar en este mes, con valores similares al mes abril, entre 1 UD y 5 UD en todo el país, mientras que desviaciones ligeramente positivas (casi dentro de lo normal) en la región central de África y la India. Ver Figura 7.

Figura 7. Desviación Media (%) del ozono total atmosférico para el mes de mayo 2017

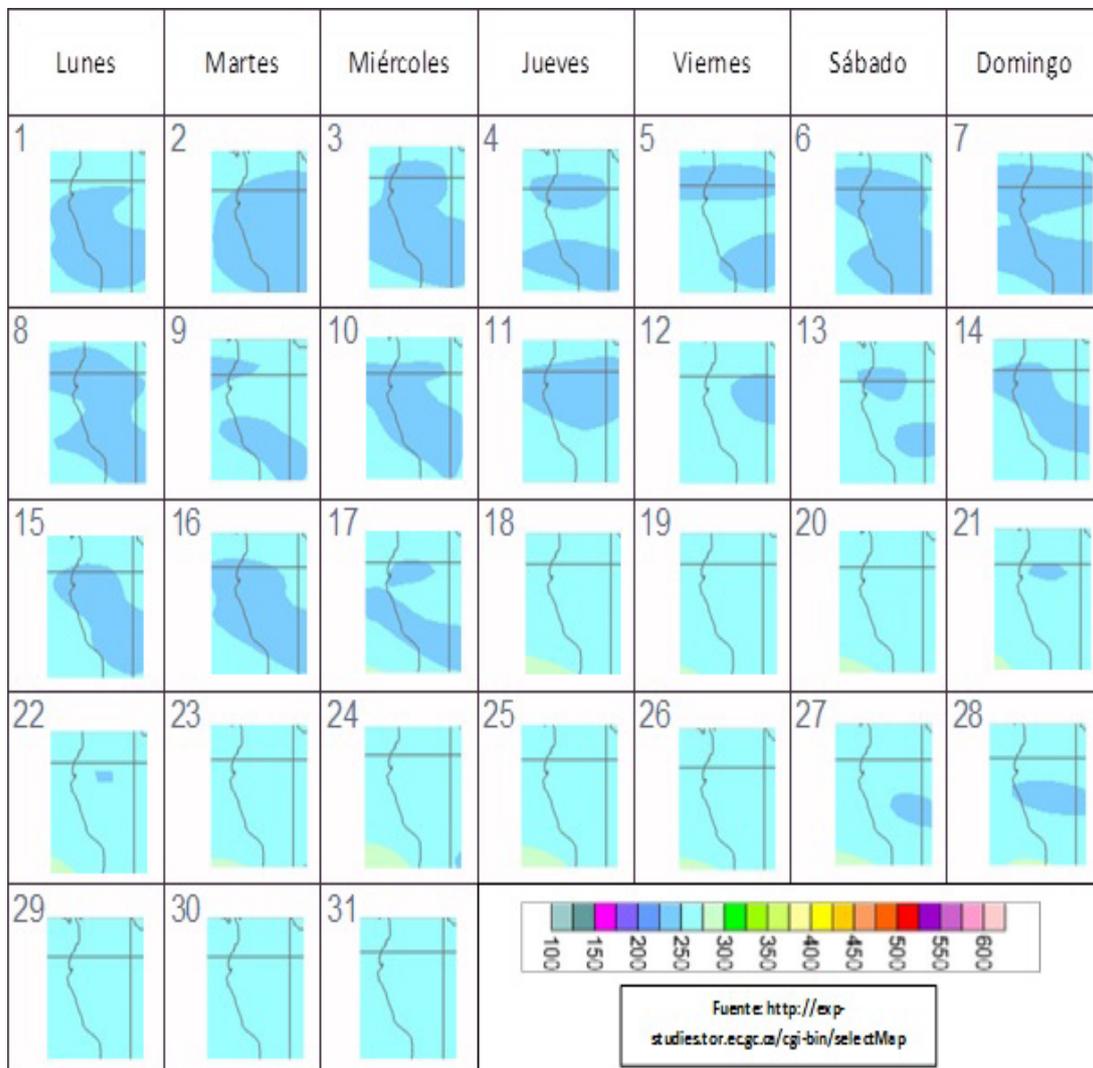


Fuente: <http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selecMap>

En cuanto al análisis de los mapas en forma diaria, podemos mencionar que para el caso de nuestro país, las concentraciones de ozono atmosférico registrados disminuyeron en gran parte del mes (Figura 8). En el mes de mayo, durante los días 01 al 17 las concentraciones bajas se dieron en gran parte del país con valores entre 225 UD y 250 UD. Los días 18 al 31 de mayo se incrementaron las concentraciones de ozono con valores entre 250 UD y 275 UD.

De acuerdo a la información obtenida del Centro mundial de datos de ozono y radiación ultravioleta con sede en Canadá, se observó que existe una cierta variabilidad en el comportamiento del ozono atmosférico, quizás porque la escala de colores abarca intervalos gruesos de 25 UD cada una. Sin embargo por consideraciones generales se observó un ligero incremento en el presente mes de mayo.

Figura 8. Mapa diario del ozono total atmosférico para el mes de mayo 2017



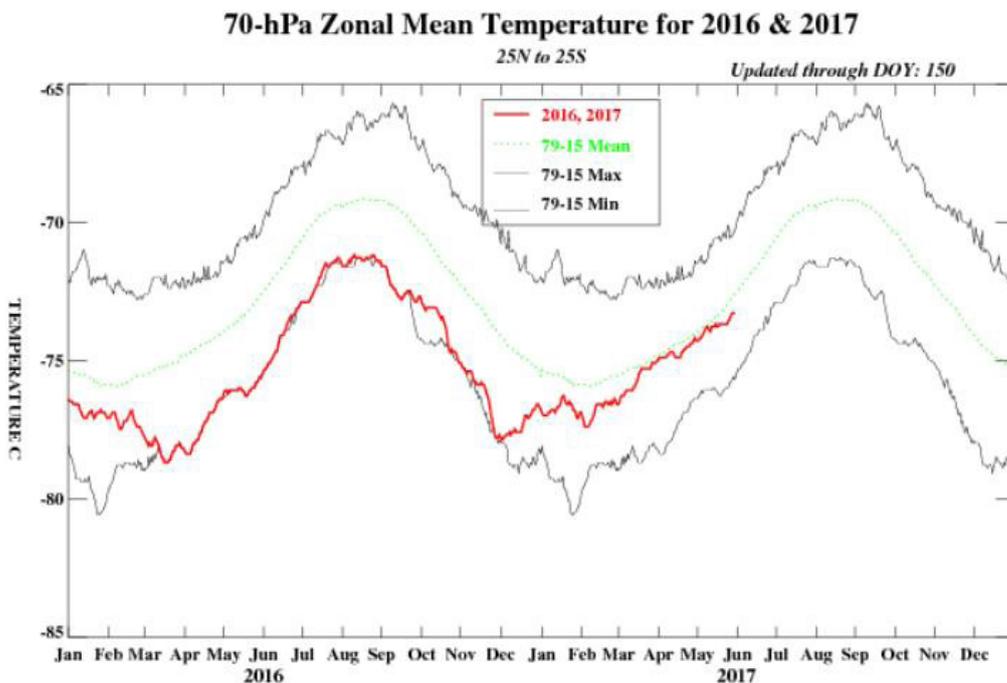
TEMPERATURA EN LA BAJA ESTRATOSFERA

Es importante considerar que lo que pase en la atmósfera baja tiene, a veces, su inicio en la atmósfera alta o viceversa, y para poder entender la variabilidad del ozono es de suma importancia 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 Fig. 9 se muestra la distribución temporal de la temperatura (2016 – 2017) durante el mes de mayo, 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) ha estado muy cercano de su promedio histórico (línea de color verde), muy ligeramente menor, pero siempre dentro del intervalo entre los valores máximos y mínimos (línea de color oscuro) lo cual nos indicaría, un nuevo incremento de la temperatura dándonos a entender un ligero aumento de la concentración de ozono total atmosférico en ese nivel. Este acercamiento de la temperatura, registrada en el mes de mayo en el nivel de 70 hPa, al promedio histórico indica que prácticamente no existe variabilidad en el comportamiento del ozono atmosférico entre los 20°S – 20°N.

Figura 9. Comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera para el mes de mayo 2017



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

V.- CONCLUSIONES

1. El comportamiento horario de la concentración de ozono en la estación VAG de Marcapomacocha, en el mes de mayo, varía desde valores altos en las primeras horas de la mañana aproximadamente 248 UD hasta valores relativamente bajos en horas cercanas al mediodía (237.1 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 y por ende se presentan mayores actividades fotoquímicas trayendo como consecuencia la disminución de la concentración de ozono.
2. Por otro lado, si bien es cierto que a nivel de tropósfera la concentración de ozono es mucho menor que en la estratósfera, pero en las primeras horas del día por efectos residuales ayuda a incrementar (aunque en pocas cantidades) la concentración de este gas en esas horas.
3. En cuanto a la variación temporal (promedio diario) de la concentración ozono se puede mencionar que durante este mes de marzo osciló entre 239.4 UD a 244.8 UD (valor mínimo alto y valor máximo menor al mes de abril), los cuales son considerados relativamente altos para la temporada. Estos valores, comparados con el promedio diario multianual, podemos determinar que son altos, en el orden de 5 UD (como valores máximos del mes). La actividad convectiva cada vez menos intensa en la Zona de Convergencia Intertropical y la disminución de la intensidad de la radiación solar, permitiría cierta estabilidad de algunos patrones climáticos, sin dejar de lado algunos sistemas atmosféricos que desplazan masas de aire con contenido de ozono desde niveles de la estratósfera hacia la tropósfera o viceversa. Por otro lado las sustancias agotadoras de ozono aún presentes en la atmósfera aunados a otros factores, también estarían permitiendo una variabilidad del ozono total atmosférico en esta parte del continente.
4. La información de ozono proveniente del satélite AURA plataforma OMI, en este mes de mayo, no tuvo mucha homogeneidad con la información de superficie. Por temporadas (algunos días), a veces tanto la información de superficie como la del satélite coinciden pero en la mayoría de días del mes no coinciden, debido a factores propiamente en la toma de datos por parte del satélite.
5. Los mapas de ozono total atmosférico en el mes de mayo (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 50% de días del mes), mucho menores a lo registrado en el mes de abril. Si bien es cierto que la concentración de ozono total medido en superficie varía entre 239.4 UD a 244.8 UD, se puede concluir que en este mes los mapas muestran una cierta similitud con lo registrado.
6. En lo que concierne al comportamiento de la temperatura en la baja estratósfera (70 hPa) se puede mencionar que hasta el mes de mayo del presente año los valores continúan ligeramente por debajo de su normal climatológica. En promedio su normal climática es de aproximadamente -74.0°C , pero resulta que en este mes registró un valor promedio de -74.5°C aproximadamente, menor en 0.5°C , lo cual aún nos hace pensar que a nivel de alta atmósfera existe una ligera disminución de la temperatura el cual estaría relacionada con un ligero incremento en la concentración de ozono total atmosférico en la franja de $25^{\circ}\text{S} - 25^{\circ}\text{N}$, que viene a ser parte de la variabilidad temporal.
7. En el Hemisferio Sur, a nivel de 70 hPa las temperaturas se incrementan de latitudes bajas a latitudes altas por efecto de la circulación de la atmósfera y por factores astronómicos.
8. 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.

Subdirección de Evaluación del Ambiente Atmosférico

Responsables:

Ing. Orlando Ccora Tuya

Bach. Juan Tacza Ordoñez

Tco. Rosalinda Aguirre Almeyda

Tco. Julia Astudillo Capcha

Encuentra los últimos boletines de Vigilancia del Ozono Atmosférico en la estación VAG de Marcapomacocha en el siguiente link:

<http://www.senamhi.gob.pe/?p=0450>

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

Central Telefónica: [51 1] 614 -1414
Unidad Funcional de Atención al ciudadano
[51 1] 470-2867

Dirección de Meteorología y Evaluación
Ambiental Atmosférica

Subdirección de Evaluación del Ambiente
Atmosférico - SEA [51 1] 614-1414 anexo 444

