

LA DEPLECCION DE LA CAPA DE OZONO

Algo en que pensar...

Dra. María J. Serna P. *

Serna P. M. J. **La Deplección de la Capa de Ozono. Algo en que pensar.**
Derm Venez 1995; 33: 153-157

RESUMEN

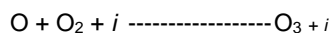
La absorción de las radiaciones ultravioleta por el ozono (O₃) estratosférico es de vital importancia para la protección de todos los organismos vivos. Alrededor del 3% de la descarga electromagnética solar es emitida en forma de radiaciones ultravioleta. La preocupación por el potencial depleto de ozono de algunos productos químicos producidos por el hombre ha llevado a las Naciones Unidas a suprimir su uso. En los países no industrializados pocas, si es que acaso alguna, medidas se han tomado para el control de este problema. En esta revisión discutiremos la importancia del O₃ estratosférico, las causas de su disminución, los efectos biológicos (principalmente en la piel de los seres humanos), y algunas medidas a tener en cuenta para minimizar estos efectos. Por lo tanto, los dermatólogos debemos conocer y estudiar cuidadosamente nuestro ecosistema para salvaguardar la salud de las futuras generaciones.

ABSTRACT

The absorption of ultraviolet radiation by stratospheric ozone (O₃) is of vital importance for protection of all living organisms. Around 3% of solar electromagnetic discharge is emitted as ultraviolet radiation. Preoccupation regarding the ozone depleting potential of some chemical products produced by man has led the United Nations to forbid their use. In non-industrialized countries few, if any, measures have been taken to control this problem.

In this revision we discuss the importance of stratospheric O₃, the motives for its decrease, its biological effects (mainly on the skin of human beings) and some measures which should be considered to minimize these effects. Therefore, us dermatologists should know and carefully study our ecosystem to safeguard the health of future generations.

El Ozono es un gas que se forma por la combinación de oxígeno molecular y atómico:



donde i es cualquier otra molécula capaz de absorber la energía de esta reacción.

Este gas está presente en toda la atmósfera, formada por la troposfera (< 15 kms), estratósfera (5-50 kms), y la mesosfera (50-85 kms), pero se encuentra a mayor concentración en la estratósfera. Si todo el O₃ de la estratosfera se bajara a nivel del mar solo tendría un espesor de 3mm (la columna de Ozono). La capa de O₃ es fina, está extensamente esparcida y es muy vulnerable.

La formación de O₃ troposférico está acelerada por la acción de la luz solar sobre los contaminantes atmosféricos, principalmente sobre las emisiones de hidrocarburos producidos por los vehículos y los óxidos de nitrógeno resultantes del transporte y la industria. A altas concentraciones el O₃ troposférico tiene efectos nocivos para la salud, afectando directamente la función respiratoria.

En cambio el O₃ de la estratosfera juega un papel fundamental en la protección de los organismos vivos, ya que, los protege de los efectos dañinos de las Radiaciones Ultra Violeta (UVR). En este punto radica su importancia y sin esta protección los ecosistemas terrestres no habrían podido desarrollarse como lo han hecho hasta ahora⁽¹⁾. El aumento de las UVR produce alteraciones en los organismos acuáticos simples, tales como el zooplankton así como a 2/3 de las espe-

cies agrícolas. Estas alteraciones son el resultado del daño producido por las UVR a nivel del DNA.

Las UVR pueden ser de tres tipos:

- UVC definido por una longitud de onda. de 200 a 280 nm;
- UVB entre 280 y 320 nm;
- UVA entre 320 y 400 nm.

Esta división está basada en la actividad biológica de las diferentes longitudes de onda.

Las UVR representan el 5% de la energía total que llega a la tierra. Aún más, sólo el 10% de la UVR que alcanzan la superficie terrestre son UVB y tienen un alto potencial carcinogénico. Todas las UVC y el 90% de las UVB son bloqueadas por el ozono estratosférico mientras que las UVA se ven muy poco afectadas por él⁽²⁾.

La disminución de la capa de O₃ no se traduce necesariamente en un

* Especialista en Dermatología Médico-Quirúrgica y Venereología. Departamento de Dermatología. Centro Médico Docente La Trinidad. Caracas.

aumento de las UVR que alcanzan la superficie terrestre. Lo que si es cierto, es que la mayor parte de las UVR que penetren serán las UVB. Esto dará lugar a un efecto biológico desproporcionado por aumento de la transmisión de UVB biológicamente activos. Los UVB de 290 nm son de 1.000 a 10.000 veces más activos para producir daño celular que las UVR con una longitud de onda de más de 300 nm. Se ha calculado que una disminución del 1 % en la columna total de O₃ aumentaría los UVB, biológicamente activos entre un 1,3 y 1,5%. Estos cálculos están basados en la escala de McKinlay y Diffey para medir el espectro de acción del eritema(3).

Los UVC son filtrados efectivamente por cantidades mínimas de O₃ y por debajo de 240 nm por pares de oxígeno(4). El adelgazamiento de la capa de O₃ provoca una muy pequeña diferencia en la transmisión de las UVA ya que éstas sólo se ven escasamente afectadas por este elemento.

Así como se acelera la deplección de O₃, la proporción de las UVB con respecto a las UVA aumentará, por lo tanto las quemaduras solares, ceguera solar, las cataratas y el cáncer cutáneo aumentarán, mientras que los problemas inducidos por la UVA declinarán. Esto no se deberá a un cambio en la cantidad de las UVA sino a que las personas que se exponen al sol se protegerán en sitios cubiertos por los efectos agudos de las UVB antes de que ocurran daños por exposición a las UVA.

CAUSAS DE LA DISMINUCION DEL OZONO

Las reacciones químicas depletoras de O₃ incluyen óxido nitroso y dióxido de nitrógeno. Esto químicamente

O₂ en una cadena de reacciones químicas(5).

Los gases de nitrógeno se derivan principalmente de aeronaves supersónicas, microorganismos, fertilizantes y de la contaminación ambiental producida por el hombre. La mayor parte de óxido nitroso es producido por microorganismos.

La deplección del O₃ es debida principalmente a los halocarbonos (CFCs) como por ejemplo el Freon y a los compuestos bromados. Los CFCs tienen muchos usos incluyendo los aires acondicionados y sistemas de

Los compuestos bromíferos (halógenos) aunque son producidos en menores cantidades, tienen un potencial depletor de O₃ mayor que el de los CFCs. El bromotrifluorometano, por ejemplo, tiene un potencial depletor de O₃ de 11.4 (es decir, 11,4 veces mayor que el de los CFCs como por ejemplo el diclorofluorometano o 21 diclorodifluorometano). Una gran reserva de halons está almacenada en sistemas contra incendios distribuidos por todo el mundo en espera de ser liberados en el futuro. Los principales productos químicos con potencial depletor de O₃ están agrupados en la Tabla 1.

TABLA 1.- SUSTANCIAS QUIMICAS DEPLETORAS DE OZONO (Protocolo de Montreal)

SUSTANCIA	NOMBRE QUIMICO	POTENCIAL DEPLETOR DE O3
Grupo 1		
CFC 11	Triclorofluorometano	1.00
CFC 12	Diclorofluorometano	1.00
CFC 13	Triclorofluorometano	0.80
Grupo 2		
Halon 1211	Bromoclorodifluorometano	0.15
Halon 1301	Bromoclorotrifluorometano	11.40
Grupo 3		
CH ₃ CCl ₃	Metilcloroformo	0.15
CCl ₄	Tetracloruro de Carbono	0.90

refrigeración, extrusión de espumas o aerosoles, solventes industriales, empaque de alimentos y limpieza de circuitos electrónicos.

Como los CFCs tienen un tiempo largo de vida atmosférica (por ejemplo, 110 años en el caso del diclorodifluorometano) las concentraciones atmosféricas han ido aumentando entre 9 a 10%

CONSECUENCIAS BIOLOGICAS

Los efectos beneficiosos de la exposición a las UVR son muy pocos, si es que hay alguno. Aunque la producción cutánea de vitamina D aumenta, lo que puede beneficiar a aquellas personas con dietas pobres en este elemento; los desórdenes afectivos estacionales están relacionados

más con la luz visible que con las UVR(6). Entre los efectos dañinos se encuentran por ejemplo, la inmunosupresión, la formación de cataratas, el cáncer de piel, y signos de envejecimiento cutáneo prematuro⁽⁷⁾. (Tabla 2).

La relación entre la exposición a las UVR y el melanoma es bastante compleja. Se ha visto que de sus cuatro tipos clínicopatológicos, sólo el lentigo maligno parece estar relacionado con la exposición acumulativa de UVR. Así pues, las lesiones apare-

te en clases sociales con mayores recursos económicos que en las clases pobres. En contraste con otros tipos de cáncer cutáneo, el melanoma parece estar asociado con ocupaciones que se desarrollan en sitios cubiertos y trabajo de oficina, aún dentro de cada clase social.

**TABLA 2.- EFECTOS DE LA DEPLECCION DEL OZONO
ESTRATOSFERICO**

DIRECTOS	INDIRECTOS
<ul style="list-style-type: none"> - Quemadura solar aguda - Keratitis aguda - Fotoenvejecimiento - Carcinomas cutáneos - Cataratas - Aumento de la sensibilidad a las infecciones cutáneas. (Ej. Herpes simple). - Disminución de la efectividad de los programas de vacunación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la patología respiratoria - Disminución de cosechas de especies sensibles y por lo tanto una disminución global de la producción agrícola.

La exposición a las UVR está estrechamente ligada con la etiología del melanoma y otros cánceres de piel. La exposición continuada a la UVR parece ser el factor determinante para la aparición de carcinomas basocelulares y espinocelulares en poblaciones caucásicas. Aunque ambos tumores aparecen predominantemente en zonas fotoexpuestas, su incidencia aumenta con la edad y son más frecuentes en personas de piel blanca que se queman fácilmente con el sol y en aquellas que pasan mucho tiempo a la intemperie. Un aumento en la incidencia de estos últimos tumores se ve en algunas patologías cutáneas en las cuales se observa un envejecimiento cutáneo prematuro de la piel y defectos en la reparación de daño fotoinducido al ADN (por ejemplo en el Xeroderma Pigmentoso y otras genodermatosis)⁽⁸⁾.

cen en zonas fotoexpuestas en personas mayores, y están asociadas histológicamente con elastosis solar(9). En contraste, el melanoma lentiginoso acral, el de extensión superficial y el melanoma nodular ocurren en grupos de gente más joven, y no están limitados a áreas crónicamente fotoexpuestas. Por lo tanto, la relación entre el melanoma y las UVR ha sido establecida con bases epidemiológicas.

La segunda observación importante es que la incidencia y mortalidad por melanoma está aumentando en todas las poblaciones caucásicas que se han estudiado y la edad media de diagnóstico ha ido bajando⁽¹⁰⁻¹²⁾.

Finalmente, el melanoma muestra un fuerte gradiente en relación con la clase social, siendo este más frecuen-

Todas estas observaciones han llevado a la conclusión de que el melanoma está asociado con exposiciones agudas a las UVR y que los fines de semana y otras actividades recreativas apoyan su patrón estacional y su distribución por clases sociales. Aún más, un estudio canadiense ha determinado que el riesgo a sufrir de melanoma está aumentado en aquellos individuos que se han expuesto a las UVR por cortos períodos de tiempo a altas dosis, pero no en aquellos cuya exposición ha sido gradual o progresiva⁽¹³⁾. Vale la pena resaltar, que las fluctuaciones a corto plazo de la incidencia de melanoma están correlacionadas con un aumento de las actividades que se realizan a la intemperie o con un aumento de las UVR en años precedentes⁽¹⁴⁾. Esto sugiere que los subsiguientes aumentos en la incidencia de este tipo de tumor estará entre los primeros efectos biológicos que se verán con la deplección del ozono⁽⁸⁾.

Calcular los posibles aumentos en la incidencia del cáncer cutáneo es un proceso de dos etapas. Se debe tomar en cuenta, en primer lugar, el aumento de las UVR biológicamente efectivos que resultan de una disminución en el O₃ del 1 % o Factor de Amplificación Óptica (OAF) y en segundo lugar, el porcentaje de aumento de la incidencia de cáncer cutáneo que resulta de cada aumento anual de la dosis de UVR o Factor Biológico de Amplificación (BAF). El valor del

BAF variará según el tipo de piel que se esté considerando y se deriva de los datos epidemiológicos que correlacionan la incidencia del cáncer cutáneo con la latitud geográfica y por lo tanto, la dosis de UVR. El valor del OAF depende del espectro de absorción del O_3 , el ángulo de incidencia solar y el sistema utilizado para determinar el efecto biológico relativo de las UVR a diferentes longitudes de onda⁽¹⁵⁾.

Basados en estos parámetros, se ha calculado, que una pérdida del 10% del total de la columna de O_3 dará como resultado un aumento del 10% de la mortalidad por melanoma y un aumento del 20% en su incidencia. También se observaría un aumento del 20 y 30% respectivamente en la incidencia de los epitelomas basocelulares y de los carcinomas espino-celulares.

Además, la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA) calcula que para el año 2075 habrán de 550.000 a 2.800.000 casos adicionales de cataratas en todo el mundo⁽¹⁶⁾. Se ha estimado que una disminución en el O_3 del 1 % estaría acompañada de un aumento del 0.6 al 0.8% en la incidencia de cataratas. Las UVB también pueden causar daño retinal, aunque este efecto ha sido cuantificado con menos precisión.

CONCLUSIONES

Necesitamos saber mucho más sobre los mecanismos mediante los cuales las UVR producen daño en el DNA y sus posibles formas de reparación. Esto es necesario si deseamos hacer frente a las alteraciones en el ecosistema que producirá la deplección de la capa de O_3 . La modulación de los mecanismos de reparación de las lesiones inducidas por las UVR en

el DNA humano y en otras especies por medios moleculares es una posible respuesta a este crítico problema potencial⁽¹⁷⁾.

¿Cómo podemos participar todos en la conservación de la capa de O_3 ? La utilización de los CFCs, puede ser en la mayoría de los casos descontinuada sin ocasionar pérdidas a la sociedad, y en otros casos, elementos más seguros o sustitutos no clorados están a la disposición o pueden ser desarrollados. Bajo los auspicios de las Naciones Unidas la mayoría de las naciones industrializadas han firmado el tratado conocido como "The Venna Convention on the Ozone Layer"⁽¹⁸⁾, pero el tomar acciones más específicas es difícil. Los ministros de la Comunidad Europea se han propuesto congelar la producción del CFCs, lo que ha sido seguido de una reducción del 20% en los últimos 5 años. En contraste, los Estados Unidos de Norte América insisten en una reducción del 50%. Para los CFCs que se han mantenido en la atmósfera por más de un siglo, sólo un recorte del 85% en las emisiones actuales, podría estabilizar sus niveles en su concentración actual.

Muchos científicos tienen miedo de que se adopte una conducta expectante. Ellos argumentan que una vez que se ha establecido la deplección de O_3 , pasarán décadas antes de que las medidas que se tomen produzcan una mejoría útil⁽¹⁹⁾. Aún más, si el BrO y el ClO son sinérgicos, entonces se necesitan medidas urgentes para limitar futuros escapes de "halógenos" corrientemente almacenados en extinguidores de fuego en todo el mundo desarrollado.

Por otra parte, aunque los fotoprotectores o pantallas solares son un buen método para proteger la piel de la acción de los UVB, no son la mejor

forma de defensa. La utilización de ropa o sombreros es igualmente efectiva y en el caso de la formación de cataratas los lentes son más efectivos que las preparaciones tónicas. Como ha sido señalado anteriormente por el Dr. Robin Marks, director del Anti-Cancer Council of Victoria en Australia: "Estamos utilizando una clase de productos químicos para destruir la capa de O_3 y otra clase para protegernos de las consecuencias. Seguramente nos podemos organizar mejor"⁽⁷⁾.

En conclusión, tanto el médico general como los especialistas, dermatólogos y oftalmólogos, estamos en la obligación y tenemos la necesidad de reconocer la influencia de los factores ambientales que determinan la mortalidad y morbilidad de nuestros pacientes. Más aún, nuestra labor será más efectiva en la medida que consigamos llevar a cabo una tarea educativa y preventiva en nuestras comunidades.

BIBLIOGRAFIA

1. Worrest RC, Grant LD. Effects of ultraviolet-B radiation on terrestrial plants and marine organisms. In: Ozone Depletion Health and Environmental Consequences (Russell Jones R, Wigley T, eds). Chichester: John Wiley & Sons, 1989; 197-206.
2. Coldiron BM. Thinning of the ozone layer: Facts and consequences. J Am Acad Dermatol 1992; 27: 653-62.
3. Urbach F. Potential effects of altered solar ultraviolet radiation on human skin cancer. Photochem Photobiol 1989; 50: 507-13.
4. Cicerone RJ. Changes in stratospheric ozone. Science 1987; 237: 35-42.
5. Mc Enroy MB, Salawitch RJ. Changing composition of the global stratosphere. Science 1989; 243: 763-70.
6. Anon. Shedding light on seasonal affective disorder. Drug Ther Bull 1991; 29: 33-4.

7. Editorial. Protecting man from UV exposure. *Lancet* 1991; 337: 1258-9.
8. Dones RR. Ozone depletion and cancer risk. *Lancet* 1987; 2: 443-6.
9. Mc Govern V, Shaw H, Milton G, Farago G. Is malignant melanoma arising in a Hutchinson's melanotic freckle a separate disease entity? *Histopathology* 1980; 4: 235-42.
10. Lee J, Carter A. Secular trends in mortality from malignant melanoma. *J Natl Cancer Inst* 1970; 45: 91-7.
11. Elwood J, Lee J. Recent data on the epidemiology of malignant melanoma. *Semin Oncol* 1975; 2: 149-54.
12. Jensen O, Bolander A. Trends in malignant melanoma of the skin. *World Health Stat Q* 1980; 33: 2-26.
13. Elwood J, Gallagher R, Davison J, Hill G. Sunburn, suntan and the risk of cutaneous malignant melanoma: The Western Canada Melanoma Study. *Br J Cancer* 1985; 53: 543-9.
14. Houghton A, Munster E, Viola M. Increased incidence of malignant melanoma after peaks of sunspot activity. *Lancet* 1978; 1: 759-69.
15. Dones RR. Ozone depletion and its effects on human populations. *Br J Dermatol* 1992; 127 Supplement 41: 2-6.
16. Environmental Protection Agency. Regulatory impact analysis: protection of stratospheric ozone. Washington DC: US Environmental Protection Agency, US printing Office, 1988.
17. Lambert MW. Ozone depletion: The biologic consequences. (Editorial) *J Am Acad Dermatol* 1992; 27: 783-5.
18. United Nations Environment Programme. Vienna Convention for the protection of the ozone layer. Nairobi: UNEP, 1985.
19. Miller A, Mintzer 1. The sky is the limit: strategies for protecting the ozone layer. Research report 3, World Resources Institute. November 1986.

NOTA DEL COMITE EDITOR:

Reiteramos nuestra invitación a autores de trabajos a citar artículos similares publicados por autores venezolanos, en especial en nuestra revista *Dermatología Venezolana*.

El Journal Citation Reports cataloga las revistas por el número de veces que sus artículos son citados, si queremos que nuestra revista se encuentre adscrita a los índices internacionales debemos citarla todos los que escribimos en ella.

En la revista *Dermatología Venezolana* hay varios artículos sobre Eritema Discrómico Perstans.