

CAPITULO 2

**EL FRAUDE DE
LA CAPA DE OZONO**

Fraude Paradigmático

Un Fraude Paradigmático

El tema de la capa de ozono, su famoso agujero de la Antártida y la acción destructora que tendrían algunas sustancias hechas por el hombre, se inscribe en la categoría de fraude total y absoluto, desde el principio hasta el fin. Hacia fines de la década de los 20, los químicos de la empresa Du Pont producen y lanzan al mercado una familia de gases conocida como **Cloro Fluoro Carbonos**, por estar su composición química basada en las moléculas de Cloro, Flúor y Carbono.

Las fórmulas más ampliamente usadas desde entonces, se comercializaron bajo el nombre de **Freón-11** y **Freón-12**, siendo sus fórmulas respectivas: CFCl_3 y CF_2Cl_2 , es decir: una molécula de Carbono, dos de Flúor y dos de Cloro para el Freón-12, y una de Carbono, una de Flúor y tres de Cloro para el Freón-11.

La familia de los Freones ha sido considerada como uno de los productos más extraordinarios que haya inventado el hombre. Eran demasiado maravillosos como para que alguien no les descubriera una contra. En 1974, los químicos F. Sherwood Rowland y Mario Molina, dieron su primera alerta sobre los CFC, diciendo que no se desintegrarían rápidamente en la baja atmósfera y que, de «alguna manera», llegarían hasta la estratosfera, dando nacimiento a su famosa Teoría del Ciclo Catalítico del Cloro o Teoría Química de la destrucción de la capa de ozono.

Ciencia y Política

A menudo, los científicos, industriales y políticos toman posiciones enfrentadas en lo relativo a las políticas que se refieren a las prohibiciones de orden público. Los políticos creen que una simple conclusión científica de "**es bueno**" o "**es malo**" es suficiente requisito para promulgar prohibiciones que resultarán costosas para la industria y para el público en general. Por su parte, los científicos creen casi siempre que están en condicio-

nes de proporcionar esas conclusiones. Sin embargo, cualquier asunto científico que tenga algo que ver con el mundo real, es con frecuencia imposible de simplificar hasta el punto de ofrecer - sin sombras de dudas - las respuestas simples y rápidas, y al mismo tiempo confiables, que exigen los políticos sin saber que, en ciencia, nada es totalmente negro o totalmente blanco.

La Teoría Química

La edición de Sept-Octubre 1990 de la revista *CIENCIA HOY*, vol. 2, No. 9, págs. 41-48, publica un artículo de Luis V. Orce, del Depto. de Radiobiología de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y del que cito:

"Hacia 1974, dos investigadores de la Universidad de California, Mario Molina y Sherwood Rowland, observaron que la producción anual de CFC alcanzaba una cifra cercana al millón de toneladas anuales y dedujeron que tratándose de compuestos tan estables debía de haber miles de toneladas de ellos en alguna parte. En consulta con algunos expertos en dinámica de la atmósfera concluyeron que los CFC liberados en la Tierra, **al igual que cualquier otro gas más liviano que el aire**, tenían que ser dispersados por los vientos a toda la atmósfera, independientemente del lugar desde el que partieran.

En una marcha lenta pero segura, las corrientes ecuatoriales ascendentes deberían transportarlos hasta la estratosfera, hacia un inexorable encuentro fotoquímico con la radiación ultravioleta solar más energética. Los estudios de laboratorio de Molina y Rowland demostraron que los químicamente inalterables CFC son poco estables ante la radiación UV-C, pues se produce una reacción fotoquímica que da lugar a la liberación de átomos de cloro (Cl'). Sobresimplificada, esta reacción puede esquematizarse así:



"Los átomos de cloro que se liberan son muy reactivos y muchos de ellos colisionan con átomos (**sic**) de ozono (**debería decir moléculas**) produciendo monóxido de cloro (ClO) y oxígeno molecular:



"Pero allí no termina todo. El monóxido de cloro puede reaccionar con átomos de oxígeno producidos en la reacción [I] del texto principal, y se regenera así el cloro atómico:



"Los átomos de cloro liberados cierran el llamado "ciclo cloro catalítico del ozono". Se estima que un solo átomo de cloro liberado de un CFC puede dar origen a una reacción en cadena que destruya 100.000 moléculas de ozono."

"Sin embargo, este ciclo catalítico puede ser bloqueado por dióxido de nitrógeno (NO₂), uno más de los tantos gases atmosféricos. El NO₂ puede "secuestrar" monóxido de cloro producido por la reacción [II] mediante una reacción química en la que se forma nitrato de cloro (ClNO₃):



"Esta combinación es conocida como "reacción de interferencia", ya que bloquea la degradación del ozono producida por derivados de CFC.

Primera Observación

He destacado en el texto la frase: "**al igual que cualquier otro gas más liviano que el aire...**", refiriéndose a los CFC, porque este es el punto sobre el que se basa la acusación a los CFC, y su consiguiente pedido de erradicación del mercado. Analicemos el asunto bajo la luz de los hechos científicos aceptados por el 100% de los científicos. La **Tabla 1** de la próxima página muestra los pesos atómicos de algunos de los gases que componen la atmósfera de nuestro planeta, y de su análisis podremos sacar algunas conclusiones.

Como es fácil de advertir, si se libera **hidrógeno** o **helio** a la atmósfera, subirán hasta la estratosfera porque son mucho más livianos (tienen menor peso o densidad) que la atmósfera. Es sabido que esta capacidad de los gases Hidrógeno y Helio se usa para inflar globos meteorológicos que suben hasta la estratosfera (y globos para niños, también!).

Por su parte, el más liviano de los Freones (Freón-12) **pesa 4,10 veces más que el aire, y el Freón-11 es 4,66 más**

denso que la atmósfera. Esto hace que los CFC, molécula por molécula, sean entre **2,16 y 2,46 veces más pesados que el Hierro**, cuyo peso molecular es de 55,8. Por lo tanto, los CFC se comportan de la misma manera que lo hace el hierro: cuando un objeto de hierro es liberado de la mano, cae hacia tierra a una velocidad que depende de su forma aerodinámica, de su peso y la densidad del aire.

PESOS MOLECULARES Y DENSIDAD DE ALGUNOS GASES DE LA ATMOSFERA	
HIDROGENO (H ₂) = 2,016	HELIO (He ₂) = 8,0
OXIGENO (O ₂) = 32,0	NITROGENO (N ₂) = 28,02
Peso molecular promedio de la atmósfera Terrestre: 29,01	
PESO ATOMICO DE ALGUNAS MOLECULAS	
Oxígeno (O) : 16,00	Carbono (C) : 12,01
	Flúor (F) : 19,00
Cloro (Cl) : 35,50	Hierro (Fe) : 55,8
Peso Molecular del Freón-11 (Cl ₃ FC) : 137,51	
Peso Molecular del Freón-12 (Cl ₂ F ₂ C) : 121,01	

TABLA 1

Los CFCs hacen lo mismo, pues al ser **4,66 más densos que el aire**, descienden a niveles inferiores cuando son liberados. De hecho, esta característica de los Freones los hizo (y los sigue haciendo) el medio ideal de construir u obtener perfectas «*tapas a medida*» para cubetas de reveladores fotográficos - altamente oxidables - para aislarlos absolutamente del oxígeno ambiental, evitando la rápida oxidación de los reactivos y consiguiente pérdida de actividad química. Es fundamental que se entienda muy bien y no se pierda de vista:

**LOS CFC NO "SUBEN" A LA ESTRATOSFERA:
¡SON DEMASIADO PESADOS!**

Esta es la razón por la cual jamás se han podido detectar moléculas de CFC en las muestras obtenidas de la estratosfera, **en cantidades suficientes** como para tener alguna importancia, como tampoco han sido hallados **ni cerca de las altitudes** donde la radiación UV tiene la **energía necesaria** para disociar a la molécula de CFC.

Sí se ha comprobado la existencia de moléculas de muchos otros gases como hidrógeno, helio, metano (CH₄), monóxido y bióxido de Cloro (ClO y ClO₂), toda la familia de óxidos de nitrógeno, genéricamente representados por la fórmula NO_x, y otras familias de compuestos a base de Bromo, de Flúor, de Iodo y también se encuentra al bióxido de carbono (CO₂) y gases como el Argón, Kriptón, Neón, Xenón, etc.

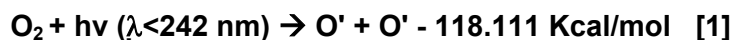
Sin embargo, las **Grandes Ausentes** han sido las moléculas de **CFC** que, según la Teoría de Rowland y Molina «*suben hasta la estratosfera y son allí disociados por los rayos ultravioletas de la banda UV-C*». Para que los CFC puedan liberar sus átomos de cloro, es primero condición **SINE QUA NON** que sean atacados por la radiación UV **de menos de 190 nm** de longitud de onda. Esta radiación **sólo se encuentra por encima de los 36 a 40 kilómetros** de altura, porque la atmósfera los **filtra totalmente**, a medida que va haciéndose progresivamente más densa.

Por la misma razón, es que tampoco se encuentran trazas de gases como el Radón (peso atómico 222), que por su elevada densidad se mantiene pegado al suelo, metiéndose por todas las cavidades, zanjas, sótanos y subsuelos de edificios. **Los CFC actúan de la misma manera.**

MECANISMOS ATMOSFERICOS

Formación de la Capa de Ozono

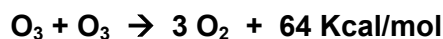
La creación de una molécula de ozono (O₃) se produce cuando un fotón de elevada energía ($\lambda < 242 \text{ nm}$) impacta contra una molécula de oxígeno (O₂), rompiendo el doble enlace de sus átomos. La molécula se divide en sus dos átomos constitutivos, en una reacción que se representa así:



Como los dos átomos resultantes son muy reactivos, se unen con toda rapidez a otra molécula de oxígeno intacta para formar ozono:



El ozono es una forma triatómica del oxígeno que también tiene elevada reactividad (aunque menor que el oxígeno atómico), debido a que el tercer átomo sólo ha podido saturar uno de sus enlaces, permaneciendo el otro libre para combinarse con cualquier otro compuesto que sea «oxidable». Se produce industrialmente en el lugar que se usará, puesto que es imposible envasarlo: su elevada reactividad hace que **cuando dos moléculas de ozono se tocan se anulen entre sí formando otra vez oxígeno**, en una reacción como esta:



Dice la **Encyclopædia Britannica**, en su *Ready Reference Index*, Tomo VII pag. 659 (Micropædia) lo siguiente:

"El ozono es un gas ligeramente azulado, cuyas moléculas consisten en tres átomos de oxígeno. Está siempre presente en la atmósfera de la Tierra, aunque su mayor concentración se encuentra en la ozonósfera, Se forma allí principalmente como resultado de las radiaciones ultravioletas solares (longitudes de onda menores que $2,42 \times 10^{-8}$ cm).

Cuando existe equilibrio fotoquímico, la cantidad de ozono presente es tal que la tasa de producción es igual a la de destrucción. A causa de la fuerte absorción de la radiación ultravioleta solar por parte del oxígeno molecular y del ozono, la radiación capaz de producir ozono no puede llegar a las capas inferiores de la atmósfera, y la producción fotoquímica **es insignificante** por debajo de los **20 km de altura**."

Una vez formado, el ozono puede ser destruido por la radiación UV de longitudes de onda inferior a los 300 nm, radiación que se encuentra **sólo por encima de los 30 km de altura**. A causa de su elevada inestabilidad, la energía necesaria para destruir una molécula de ozono es muy baja. Como se dijo más arriba, el mero contacto de dos moléculas entre sí basta para provocar su destrucción.

Contradicciones Evidentes

El *Ozone Trends Panel* de la NASA emitió un parte de prensa el 15 de marzo de 1988 anunciando que la Capa de ozono sobre los EEUU y Europa había sufrido una disminución del 3% entre 1969 y 1986 - (los estudios se mantuvieron rigurosamente en secreto y no se publicaron **sino dos años más tarde**) - lo que fue aprovechado por la prensa para publicar grandes titulares anunciando una inminente epidemia de cánceres de piel debido al pronosticado incremento de la radiación ultravioleta.

En realidad, la información científica disponible y publicada demuestra que lo que sucedió **es exactamente lo contrario** de lo que expresó el Trends Panel. En un estudio publicado en la revista *Science* el 12 de febrero de 1988, Joseph Scotto,⁽⁴⁾ del *Biostatistic Branch* del *National Cancer Institute* de EEUU, presentó dura evidencia científica probando que la cantidad de radiación UV-B que llegó a la superficie de los EEUU no sólo no había aumentado sino que, por el contrario, **había disminuido un 7%** entre 1974 y 1985. Este estudio, que fue ignorado por los medios de prensa, estaba basado en lecturas directas de una red de estaciones de monitoreo a nivel del suelo que habían estado registrando diariamente la radiación UV desde 1974. Scotto dice lo siguiente:

«Los registros R-B anuales promedio [R-B se refiere a los instrumentos con que se mide la radiación UV, llamados medidores Robertson-Berger] obtenidos durante dos períodos consecutivos de 6 años cada uno (1974 -1979 y 1980 -1985) muestran un cambio negativo en cada estación, con disminuciones que varían del 2 al 7 por ciento ... muestran que no existe una tendencia positiva en las lec-

turas R-B anuales para 1974-1985 ... El cambio anual promedio estimado varió de -1,1% en Minneapolis, Minnesota, hasta -4% en Philadelphia, Pensilvania. Para todas las estaciones las lecturas R-B disminuyeron un 0,7% por año desde 1974. . . .» (pág. 762).

Scotto informa después que sus instrumentos están confirmando lo que muchos otros científicos también están registrando: **una disminución de la radiación ultravioleta que llega hasta la Tierra.** En un número posterior de *Science*, Scotto rechaza la posibilidad que la contaminación urbana del aire pudiese dispersar los rayos UV-B incidentes causando una disminución de la radiación UV-B que llega realmente a la superficie. Scotto señala a la información obtenida en la estación en el Monte Mauna Loa, Hawaii, que está relativamente libre de contaminación aérea y que «*los análisis preliminares de la información de esta estación no muestran ningún aumento de la radiación UV entre 1974 y 1985.*» (Fig. 2)

Los resultados de la publicación de los estudios son: Scotto *no pudo continuar con las investigaciones después de 1985* porque los fondos para el funcionamiento de la mayoría de las estaciones de monitoreo de radiación UV fueron cancelados, y *las estaciones fueron cerradas.* Aunque Scotto es un experto en cáncer de renombre mundial, *no recibe más subsidios* para viajar a conferencias internacionales para presentar sus descubrimientos sobre la disminución de la radiación UV. Joseph Scotto ingresó al famoso «*cono de sombra*» proyectado por el poderoso lobby de la Internacional Ecologista.

Es bueno preguntarse, a esta altura del tema, ¿cómo puede ser que un asunto estrictamente técnico – como es la química estratosférica – haya podido acaparar los titulares de todos los diarios del mundo y haya movilizadado a los políticos para imponer una prohibición que les costará a sus naciones más de 5 billones de dólares en los años venideros? La respuesta es: miedo al incremento de las muertes debidas a los cánceres de piel, a medida de que mayor cantidad de radiación ultravioleta llegue a la Tierra, supuestamente provocada por una reducción del ozono.

TENDENCIAS DEL ULTRAVIOLETA SOLAR (UVB)
Y CONTEOS R-B ANUALES, 1974-1985

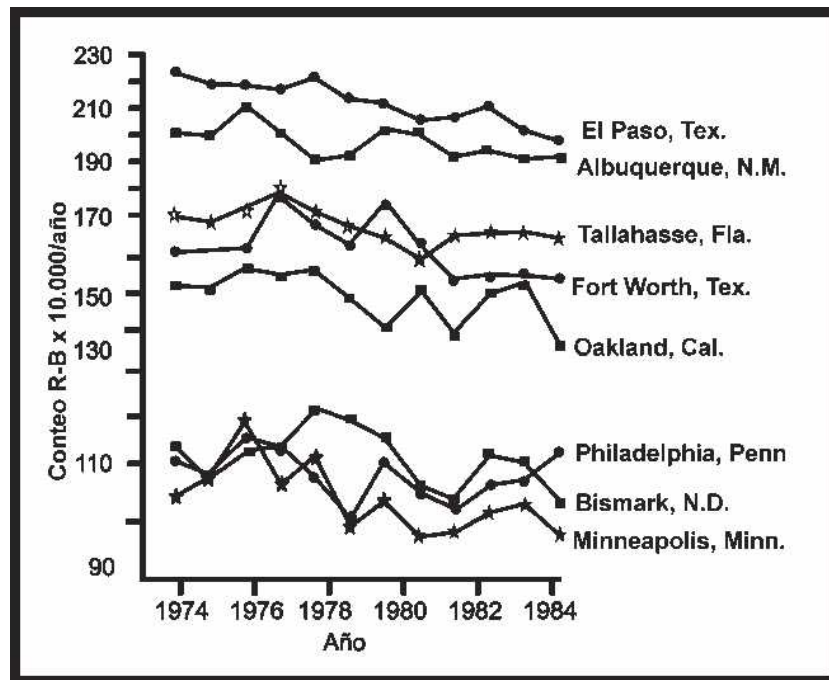


FIGURA 2

Nótese la clara tendencia descendente en los niveles de radiación UV. La mayor disminución total ocurrió en las estaciones de monitoreo de El Paso, Texas y Minneapolis, Min. -- FUENTE: Scotto et al., Biologically Effective Ultraviolet Radiation: Surface Measurements in the United States, 1974-1985", Science, Feb. 12, 1988

Si no fuese por **la histeria de masas** que se ha creado acerca del pretendido aumento de los casos de cáncer de piel, hoy no existiría ninguna prohibición de los CFCs, halones y demás sustancias acusadas de atacar al ozono, y los diarios ni siquiera se molestarían en mencionar el tema. Por ejemplo, durante el mismo período de cuatro a seis semanas que aparece el famoso "agujero de ozono" en la Antártida, también aparece en la misma área un "Agujero de Óxidos de Nitrógeno".

Ambos “agujeros” están creados por los mismos fenómenos físicos naturales, pero la mención de este y otros fenómenos que ocurren en la Antártida darían lugar a muchas molestas preguntas acerca de las extraordinarias condiciones químicas y físicas que tienen lugar al final del invierno antártico, y haría que la gente comenzase a cuestionar el asunto del Miedo al Ozono. Por ello, el “agujero del **Óxido de Nitrógeno**” jamás se menciona.

El Agujero en la Antártida: El Vórtice Polar Sur

Se conoce como Vórtice Polar Sur a una región de la estratosfera de la Antártida en donde se forman, a fines del invierno austral, vientos huracanados de hasta 400 km/h, formando un círculo que abarca toda la Antártida. Estos vientos huracanados impiden que nada del interior del Vórtice salga hacia afuera, y nada del exterior ingrese al mismo. Esto provoca que las condiciones meteorológicas, físicas y químicas que tienen lugar dentro del **Vórtice Polar Sur** sean únicas en el mundo. (Figura 3)

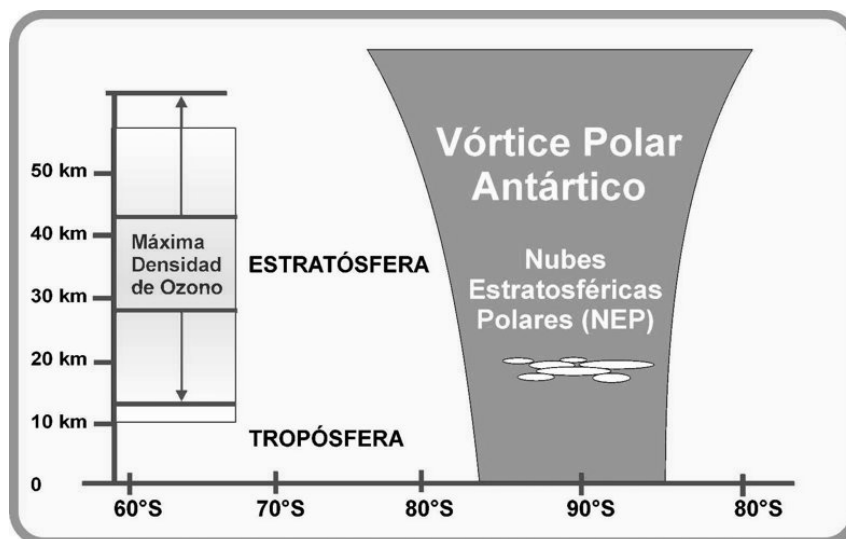


FIG. 3 : EL VORTICE POLAR DE LA ANTARTIDA

A fines del invierno y comienzos de la primavera (fines de Agosto y todo el mes de Septiembre) se produce en la Antártida un fenómeno atmosférico conocido como el **Vórtice Polar Sur**, que es el causante de la disminución del ozono en la región. El fenómeno se produce cuando los rayos de sol comienzan a iluminar la alta estratosfera de la Antártida, alrededor del 20 de Agosto de cada año, y están cayendo también de manera perpendicular sobre los 7° 30' del hemisferio Norte. Esto significa que sobre la superficie del Polo Sur reina todavía **la oscuridad más absoluta**.

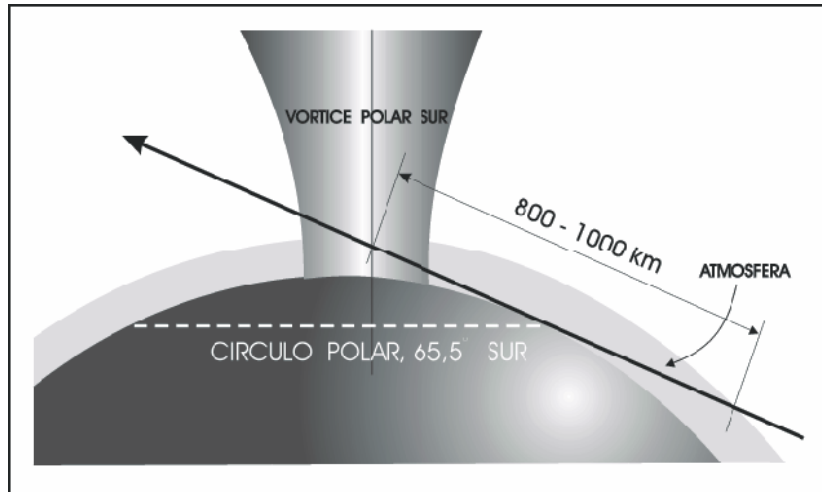


Figura 4: La Curvatura de la Tierra y el largo camino de los rayos UV.

La atmósfera de la Tierra es casi opaca a la radiación ultravioleta, dejando pasar solamente una ínfima parte de la que proviene del Sol, siendo absorbida casi totalmente por el oxígeno y el nitrógeno presentes en la atmósfera. El ozono, con su elevada inestabilidad química (o también su alto nivel de energía cuántica), sólo contribuye muy humildemente a la absorción de los rayos UV. Debido a esta opacidad a los rayos UV que tiene la atmósfera, los rayos solares que llegan a la estratosfera del Polo Sur están compuestos, casi totalmente, por radiación infrarroja y luz visible dentro de las bandas del espectro superiores a los 400 nm.

Sin embargo, alguna radiación UV correspondiente a las longitudes de ondas más largas alcanzan a llegar a la región.

Como es sabido, estas longitudes de onda carecen de la energía suficiente para provocar disociaciones de moléculas estables y pesadas como las que existen en la estratosfera de la Antártida. Sin embargo, el ozono puede ser disociado por estas longitudes de onda, debido a la inestabilidad química propia del ozono. En la figura 4 se puede ver el efecto que tiene en el tema la curvatura de la Tierra y la gran distancia que tienen que atravesar los rayos UV a través de la atmósfera terrestre.

Debido a la carencia de rayos UV en la radiación incidente sobre la estratosfera, no se produce la disociación atómica de las moléculas de oxígeno o nitrógeno, o aún de los numerosos compuestos gaseosos presentes, tales como óxidos de nitrógeno, de bromo, de flúor, de cloro, CO₂, metano, etc.

Como el contenido de radiación infrarroja es casi el 100% de la que ingresó a la atmósfera, las moléculas de gases se calientan y comienzan a ganar energía cinética. Esto significa que los gases se movilizan cada vez con mayor velocidad hasta que comienzan a producirse corrientes de aire, verticales y horizontales de gran magnitud. Se producen entonces vientos huracanados de hasta 400 km/h girando sobre la vertical del Polo.

Estos vientos giratorios forman una especie de cono invertido sobre la Antártida, encerrando una gran porción de la atmósfera, impidiendo que ningún gas en su interior pueda salir o cualquier otro pueda ingresar al Vórtice. De esta forma, las moléculas de los gases en el interior del Vórtice se entrechocan debido al movimiento caótico generado por los vientos. Sin embargo, las temperaturas de la estratosfera del polo sur son, en esos momentos, las más bajas que se puedan registrar en la Tierra, por **debajo de los -82°C**. Las reacciones químicas se anulan casi por completo disminuyendo hasta niveles bajísimos.

Sin embargo, el choque de dos moléculas de ozono **no necesita de calor** para que se anulen entre sí, sino que por el contrario, **generan 64 kcal/mol** al convertirse en tres moléculas de oxígeno. Esta acción destructora del ozono sobre sí misma es la causante, según muchos científicos, de la disminución de los niveles de ozono dentro del Vórtice Polar Sur. Como los vientos estratosféricos forman una barrera infranqueable para los gases

fuera del Vórtice, el ozono que está en regiones circundantes al Vórtice - y que alcanza cifras elevadísimas, del orden de los **450 a 500 DU** (Unidades Dobson) - no puede ingresar a restablecer los niveles de ozono.

Cuando la estratosfera antártica comienza a perder ozono, el calor generado por la reacción del ozono al anularse, sumado al calor suministrado por la radiación infrarroja del Sol, provoca corrientes de aire ascendentes. Cuando el sol aparece sobre el horizonte del polo (21 de Septiembre) la tropósfera de la Antártida se calienta rápidamente, generando más corrientes ascendentes que llevan aire rico en oxígeno (y carente de ozono) desde altitudes inferiores a la estratosfera. Esta desproporción del ozono producido por el aumento de oxígeno es interpretado por los científicos de la Teoría Química como una destrucción producida por átomos de cloro, culpando a los CFC de ser la fuente productora del cloro.

Las fronteras de estos cambios extraordinarios en las concentraciones de gases es la pared del Vórtice Polar, formada por vientos huracanados de alrededor de unos 400 kph. Durante el período de existencia del vórtice, ningún gas sale de él - ningún gas entra tampoco. Imagine al vórtice como un reactor químico sellado que tiene en su interior un **agujero de vapor de agua**, otro de **óxidos nitrosos** y otro de **ozono** - todos ocurriendo de manera simultánea. Por ello es que la Antártida tiene no uno, sino **tres** (o más) "Agujeros".

Estas condiciones químicas de la atmósfera no ocurren en ninguna otra parte del mundo, excepto, quizá, durante el vórtice polar Ártico de muy corta vida. El gráfico de arriba era muy común en las reuniones científicas, pero de aparición muy escasa en los foros públicos y los medios de prensa. ¿Por qué aquellos que se asustan por el Agujero de Ozono no se preocupan por los Agujeros de Óxidos de Nitrógeno, de Vapor de Agua, de Oxígeno, y de otros más?

Explicar esta química tan compleja ha sido siempre un enorme problema para los proponentes de la teoría de la disminución del ozono. Desde su punto de vista, el "**descubrimiento**" del agujero en 1985 fue al mismo tiempo una bendición y una maldición: bendición porque revivió sus decaídas fortunas; una maldición porque la teoría de F. Sherwood Rowland y su ayudante

Mario Molina no podía explicar de ninguna manera a las disminuciones de ozono – ni dentro ni fuera del agujero.

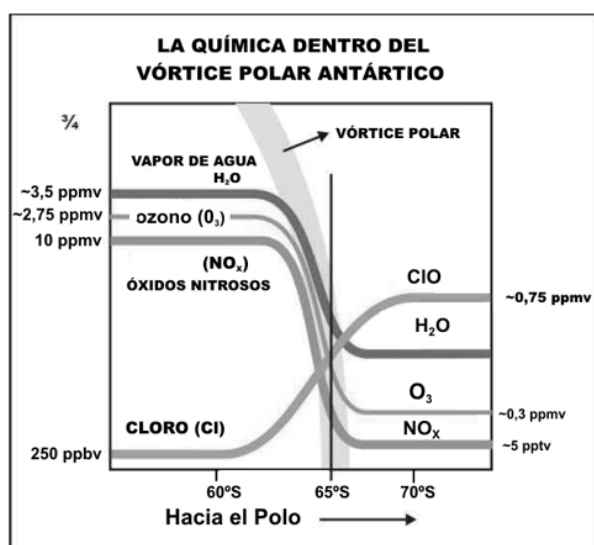


Figura 5: La Química dentro del Vórtice Polar Antártico
 Dentro del “agujero”, el agua, el ozono y los óxidos nitrosos disminuyen de manera dramática, mientras que el cloro aumenta de 250 ppbv a 0,75 ppmv. Pero nadie menciona los “agujeros” del agua o de los óxidos nitrosos.

La última versión de la teoría de Rowland y Molina predecía un 5% de disminución del ozono en 100 años. En la Antártida, los científicos estaban observando disminuciones del **50 por ciento** en el término de pocas semanas! Luego, en unas pocas semanas más, el nivel del ozono volvía a sus valores "normales".

Les llevó dos años a los propagandistas de la disminución de la capa de ozono para volver con una explicación para esta situación anómala. La "pandilla de la disminución" no se preocupaba por sus propias contradicciones. Martyn Chipperfield, por ejemplo, en un artículo publicado en *Nature*, Enero 24, 1991, proclamaba triunfalmente: “No queda ahora ninguna duda de que el ozono de la estratosfera está siendo destruido por el cloro proveniente de los CFC hechos por el hombre.” En el siguiente pá-

rrafo, sin embargo, Chipperfield advierte que “*muchos detalles cuantitativos de la disminución del ozono Antártico permanecen sin explicación...*”

El Dímero de Molina

Mario Molina diseñó una increíblemente compleja teoría química llamada química “**heterogénea**”, o “**dímera**”, (Molina y Molina, 1987). La teoría requiere de temperaturas extremadamente bajas, por debajo de los **-78° C**, que ocurren solamente en la estratosfera de la Antártida durante muy pocas semanas del invierno Austral.

También requiere de la formación de nubes estratosféricas polares (NEP) que están compuestas de gases congelados como el dióxido de carbono y el ácido nítrico, en lugar de agua, como las nubes comunes. Por último, la nueva teoría de Molina requiere **que la luz del Sol llegue en el momento justo**.

Estas condiciones sólo pueden ocurrir en la Antártida después de tres o cuatro meses de oscuridad total, permitiendo que la temperatura de la estratosfera baje por debajo de los **-78° C**. Entonces, en el momento justo en que la primavera regresa al polo sur, y la luz del Sol se derrama sobre la Antártida, **justo entonces**, siendo todas las condiciones correctas, con la estratosfera “cargada y lista para disparar”, la luz solar supuestamente **pone en marcha** una serie de reacciones muy complejas que disocian las moléculas en donde está encerrado el cloro, liberándolo para que vague por la estratosfera y destruya la capa de ozono.

Las fórmulas químicas de Molina son las siguientes:

- (1) $\text{ClONO}_2 + \text{HCl} + \text{hielo} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{HNO}_3$
- (2) $\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow 2 \text{Cl}$
- (3) $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
- (4) $\text{ClO} + \text{ClO} + \text{M} \rightarrow \text{Cl}_2\text{O}_2 + \text{M}$
- (5) $\text{Cl}_2\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{Cl} + \text{ClOO}$
- (6) $\text{ClOO} + \text{M} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2 + \text{M}$

(M) es, como lo dice Molina, un “**chaperón de colisión**” para el N_2 y O_2 . El resultado neto de esta compleja serie de reacciones químicas es que dos moléculas de ozono. (O_3) serán convertidas

en tres moléculas de oxígeno (O_2). Este es el corazón mismo de la explicación para la destrucción del ozono Antártico por parte del cloro que supuestamente provendría de los CFC.

Es el así llamado "**ciclo cloro catalítico del ozono**", o el "proceso catalítico del cloro" que ha asustado a tanta gente. Este autor lo ha rebautizado como el "**Ciclo Cloro Cata-Paralítico**" porque "**no camina**".

Por favor, note que los CFCs **no están involucrados para nada en las reacciones químicas de Molina**. El cloro de Molina proviene de dos "reservorios" **naturales**: el $ClONO_2$ y el HCl .

Segundo: es necesario que haya hielo (una superficie sólida) para que la reacción pueda comenzar, por ello es que son necesarias las NEP, o nubes estratosféricas polares. Este hielo tan especial se forma únicamente cuando las temperaturas caen por debajo de los $-78^\circ C$ y a una altura de entre 12 y 20 kilómetros.

Tercero: sin la luz solar ($h\nu$ significa un fotón de radiación UV-C) esta reacción no podría ocurrir. Concentrémonos entonces en la reacción número **[5]**. Esta ecuación crucial dice que cuando una molécula de Cl_2O_2 (peróxido de cloro) es impactada por la radiación UV, se dividirá en un átomo de cloro (Cl), que andará vagando por allí comiendo ozono, y una molécula de $OCIO$.

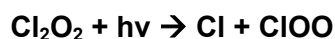
Se supone entonces que el $OCIO$ (a veces conocido como $CLOO$) sufrirá una colisión contra un cristal de hielo y producirá oxígeno molecular y liberará un átomo de cloro. El asunto crucial es este: Dado que el mecanismo teórico jamás ha sido definitivamente establecido **en ninguna prueba de laboratorio**, podemos preguntar: ¿Funciona de esta manera la química en la estratosfera?

"NO", dice Igor J. Eberstein, del *Goddard Space Flight Center* de la NASA. En un estudio publicado en *Geophysical Research Letters* en Mayo de 1990, Eberstein demuestra que el camino más probable de la fotodisociación del peróxido de cloro es la conversión en dos radicales de ClO ; es decir, la NASA nos lleva de regreso al monómero.

Un camino secundario de disociación es el Cl_2 y un oxígeno atómico. Si esto se está volviendo demasiado técnico - espero que no - por favor sepa perdonarme, pero no hay otra explica-

ción posible para legos. Por otro lado, si alguien no comprende estas reacciones químicas fundamentales, el/ella **no debería** discutir sobre asuntos de la capa de ozono, o defender algo que no comprende a fondo. Menos aún, si no lo comprende a la perfección, no debería poner toda su confianza en los medios de prensa o las gacetillas de las ONGs verdes, porque es como pedirle al zorro que nos cuide el gallinero. (O a los políticos que administren nuestra riqueza nacional).

Los teorizadores de la destrucción del ozono ignoran de manera muy conveniente estos caminos de "mínima energía", una ley fundamental de la termodinámica, sin ninguna clase de excepciones. Ellos afirman que las reacciones químicas se producen de esta manera:



Eberstein demuestra que la reacción en realidad sigue uno de las dos rutas más probables de la mínima energía:

Ruta 1: $\text{Cl}_2\text{O}_2 + \text{H}$ se transforma en 2ClO , o

Ruta 2: $\text{Cl}_2\text{O}_2 + h\nu \rightarrow \text{Cl}_2\text{O} + \text{O}$

De acuerdo a Eberstein,

"No hay ningún mecanismo que tome cuenta de la creación del agujero de ozono. Esta es una falla muy grande. Si uno tiene una teoría, debería de ser capaz de proveer un mecanismo definitivo. De otra manera es sólo pura especulación. Este asunto de la disminución del ozono de la Antártida tiene que ser puesto sobre una base científica más sólida."

Pero Eberstein **no está solo** en su crítica a la chapucería química. Escribiendo en el *Journal of Geophysical Research*, en Oct. 20, 1990, G.W. Lawrence y sus asociados demuelen la popular versión de la Ecuación de Molina ⁽⁶⁾ y la presunta disociación fotoquímica del óxido de cloro para liberar al cloro.

Después de una serie de experimentos de laboratorio muy complejos, Lawrence, Clemitshaw y Apkarian (1990) llegan a la conclusión:

"En el rango espectral en que se ha informado recientemente que el OCIO atraviesa por una disociación unimolecular para producir $\text{Cl} + \text{O}_2$... hemos llevado a cabo estudios para establecer que, si realmente existe dicho canal de fotodisociación, entonces su rendimiento cuántico es menor a 5×10^{-4} , un proceso con un rendimiento cuántico tan pequeño haría irrelevante a la fotoquímica del OCIO en la destrucción del ozono estratosférico." (p. 595).

La luz solar es otro elemento requerido por la teoría del "dímero" químico de Molina. La luz del Sol es el gatillo que dispara a la reacción química que destruye moléculas de ozono; esta es la razón por la que el agujero de ozono aparece sólo durante la primavera Antártica, aunque las moléculas de cloro han estado allí durante toda la noche invernal.

Nuevamente, la realidad se entromete. La *Administración Nacional de la Atmósfera* (NOAA) anunció en Septiembre de 1990 que sus satélites polares estaban detectando el desarrollo del agujero de ozono **un mes completo antes** de la aparición de la luz del Sol. En otras palabras, el agujero está bien desarrollado antes de que la luz solar impacte sobre la estratosfera de la Antártida, **exactamente lo contrario** a lo que sostiene la teoría de la química heterogénea de Molina. Si realmente las reacciones químicas están creando al agujero, estas reacciones están **ocurriendo en la oscuridad, lo que invalida a la teoría.**

No resulta sorprendente, pero los medios masivos de prensa ignoraron la importancia de este descubrimiento del NOAA refutando la teoría del "dímero" de Molina. En vez de ello, la prensa se explayó con nuevas historias de horror, informando que los satélites del NOAA demostraban que la destrucción del ozono en la Antártida era más seria de lo que se creía, porque el agujero estaba apareciendo - inesperadamente - más temprano.

El Ciclo "Cata-Paralítico" del Cloro

Resumiendo: lo importante aquí es que, cada vez que el monóxido de cloro es disociado por la radiación UV, se libera un átomo de oxígeno que puede unirse a la primera molécula de algún gas cercano para unirse a ella formando algún otro compuesto. Los gases más abundantes en la estratosfera son el nitrógeno y el oxígeno, siguiendo en orden de importancia el argón, el CO₂, el metano, el cloro, los CFCs, etc., hasta llegar al gas menos abundante de todos que es el **ozono** (cuya concentración es: **0,000003%**, **tres millonésimas partes por ciento**). Como el átomo de oxígeno libre tiene **muchas millones de veces más probabilidades** de hallar una molécula de oxígeno para unirse formando ozono, que una de ozono para destruirla (**21% contra apenas 0,000003%**), se ve que **la formación del ozono** es más rápida y más probable que **la destrucción de ozono** que podrían hacer, ya sea **un átomo de cloro o el átomo de oxígeno**.

Segundo: Las moléculas de monóxido de cloro pueden recibir el "impacto" de un átomo de oxígeno separado de la "**reacción catalítica**" de otra molécula de óxido de cloro (ClO) cercana y formar dióxido de cloro (ClO₂, o también dióxido de cloro (OClO) sin que haya destrucción del ozono. Esos átomos de cloro y oxígeno libres también pueden encontrar en su camino a otras moléculas (y átomos libres) y combinarse con ellos para formar cualquier otro compuesto, **sin que haya destrucción de ozono**. Estas muchas reacciones se conocen como "reacciones de interferencia", porque interfieren con la acción del cloro sobre el ozono.

Considerando las concentraciones de gases en la estratosfera, la gran cantidad de reacciones de interferencia que impiden al cloro reaccionar con el ozono, y el hecho científico comprobado de que el cloro **no puede actuar sobre el ozono fuera de las superficies sólidas de los cristales de las nubes estratosféricas** (fase heterogénea [superficies sólidas] de la fotoquímica atmosférica), se da cuenta uno de que las probabilidades de que el cloro pueda destruir a la capa de ozono son menores a las que tenemos de sacarnos el premio gordo de la Lotería Nacional.

Y colorín colorado, el cuento de la "**tonteoría**" del ciclo "**para-lítico**" del cloro se ha acabado. Pero lo que no se ha acabado es la permanencia en el tiempo y los medios de difusión masiva del mito y el fraude científico. Molina obtuvo el Premio Nobel de química en 1995, junto a su maestro F. Sherwood Rowland y Paul Crutzen, no por su trabajo científico en sí, sino por "*Los tres investigadores han contribuido a nuestra salvación de un problema ambiental global que podría haber tenido consecuencias catastróficas*", rompiendo con la condición básica impuesta por el mismo Alfred Nobel para otorgar los premios: "**Por sobresalientes logros en las ciencias, que lleven al progreso de la industria y al beneficio de la humanidad**".

Un notorio ejemplo de la manera en que la ciencia ha sido abusada políticamente, dejando llano el camino para más ciencia basura y fraudulenta, y para absurdos tratados internacionales que tendrían tremendos efectos sobre la economía global y ninguno sobre el aumento del CO₂ y el mejoramiento de la pobreza y el hambre en el mundo.

El Monte Erebus

La elevada presencia de cloro en la atmósfera de la Antártida ha llevado a los científicos ecologistas a postular la teoría que el cloro proviene de la disociación de los gases CFC en la estratosfera de la Antártida. No han podido, sin embargo, postular una teoría que muestre cómo hace el 90% de los CFC liberados en el mundo para viajar desde el Hemisferio Norte hasta el Hemisferio Sur. Sin embargo, existe una razón más real y científica para explicar la anormal cantidad de cloro en la región austral.

La Antártida tiene dos volcanes: el **Terror**, de 3277 metros de altura, inactivo, y el **Monte Erebus**, de 4023 metros, en actividad constante desde 1841 (fecha de su descubrimiento). El Monte Erebus está situado en las coordenadas geográficas 77° Sur y 168° Este, y sólo a 10 kilómetros de distancia de la Base norteamericana McMurdo, lugar en donde se realizan las frecuentes observaciones meteorológicas y científicas que los técnicos usarán para sus estudios. Entre las mediciones que se realizan de manera rutinaria en McMurdo, figura el lanzamiento del globo sonda con instrumental que medirá las concentracio-

nes de gases en la troposfera y estratosfera de la Antártida. Uno de los gases que se miden es el cloro.

El globo sonda debe pasar, durante su ascensión hacia las alturas, a través de la columna de humo que emana de manera constante del volcán Erebus, puesto que la Base McMurdo está "*viento abajo*" del volcán. Los volcanólogos que han podido estudiar a fondo el fenómeno (el Dr. Haroun Tazieff, realizó tres campañas al Monte Erebus para estudiar sus gases) comprobaron que la emisión de cloro producida por el Erebus asciende a las 1.000 toneladas diarias. Esto explica la gran concentración de cloro que encuentra el globo sonda a su paso.

Solamente el Erebus aporta a la atmósfera, **en una semana**, la cantidad de cloro *que todos los CFC del mundo aportarían en un año entero*. La cantidad de cloro que podría provenir de los CFC liberados anualmente *en el mundo entero* se eleva a **7.500 toneladas** - el Erebus emite **360.000** toneladas al año. *Y directamente al "Agujero de Ozono"*.

Pero lo que más llama la atención es la insistencia con que los «científicos» ecologistas culpan a los CFC de ser el origen del cloro que destruye al ozono. Hagamos entonces un pequeño análisis de esto, para ver hasta donde puede llegar la "miopía" del *Establishment* científico.

Orígenes del Cloro

El problema con el argumento ecologista es este: si todos los átomos de cloro de los CFC que se produjeron desde 1930 hasta hoy, fuesen **liberados simultáneamente** a la atmósfera, el efecto que provocaría sobre la misma **sería imperceptible**. Toda la cantidad de cloro que han producido los CFC desde su invención, es ridículamente insignificante cuando se la compara con el cloro que nuestra Madre Naturaleza lanza anualmente a la atmósfera.

La producción anual de CFC se eleva a unas 1.100.000 toneladas anuales, de las cuales sólo es liberado a la atmósfera una cantidad que contiene apenas 7.500 toneladas de cloro. El resto queda dentro de los artefactos de refrigeración o almacenado. La liberación de átomos de cloro que se pueden atribuir a los CFC es de **7.500 toneladas anuales**.

La biota oceánica, por ejemplo, produce por año unas 5 millones de toneladas de cloro; la quemazón de bosques, selvas y rastrojos agregan sus 8.4 millones más; los volcanes del mundo le inyectan unas 36 millones, y el cloro aportado por los océanos son 600 millones de toneladas anuales más. La cantidad de cloro de origen natural es **80.000 veces mayor** a la que acusan a los CFC de liberar. Y tenemos que decir “**presuntamente**” porque de acuerdo a serias investigaciones, la existencia de CFC en la estratosfera se registra en proporciones **casi nulas** (0,1 partes por billón) - en alturas donde la radiación UV **no tiene la energía necesaria** para provocar la liberación de sus átomos de cloro!

¿Dónde van entonces esas 7500 toneladas de CFC que se liberan al aire cada año? Según los estudios de Khalil y Rasmussen⁽²⁾, los CFC son “devorados” por bacterias que se encuentran en los suelos de todo el mundo. También se encuentran CFC disueltos en el mar, hasta profundidades de más de 4000 metros. ¿Se acuerda que los CFC son 4.5 veces más pesados que el aire? Por ello es que el primer lugar en donde se deben buscar CFC **es en el suelo**, y no en la estratosfera.

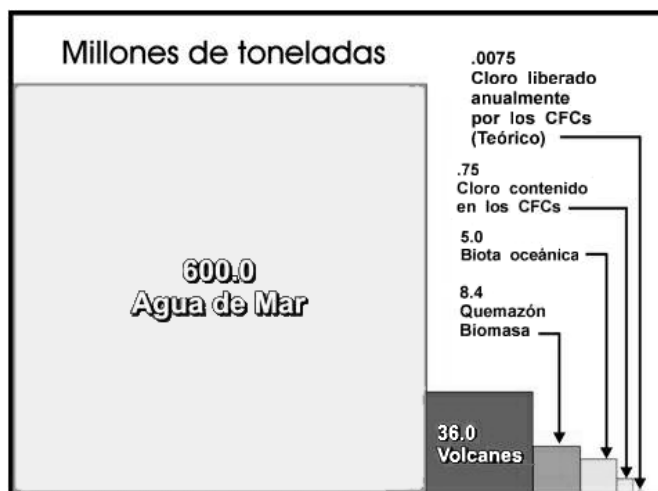


FIG. 5: FUENTES ATMOSFERICAS DE CLORO (millones de toneladas anuales)

Fuente: *The Holes in the Ozone Scare*, 1992, R. Maduro y R. Schauerhammer, 21st Century Science Associates, editores, Washington, D.C.

La Regeneración del Ozono

En 1987, los niveles de ozono en la Antártida se redujeron en un 50%, considerado catastrófico por los ecologistas, profetizando que el Agujero seguiría creciendo hasta alcanzar el continente sudamericano, sobre todo porque las liberaciones de CFC seguirían produciéndose como hasta entonces.

Sin embargo, para desencanto de los químicos ecologistas (y para regocijo de los climatólogos propulsores de la teoría Dinamicista, que habían anunciado que el Agujero del Ozono de 1988 sería menor que el de 1987) las disminuciones de ozono dentro del Vórtice Polar fueron de apenas 15%. Lo que ha escapado al análisis de los químicos ecologistas es el hecho que, aunque la disminución del ozono fuese del 15% (1988), o fuese del 60% (1992), las fechas del "cierre" del Agujero **son siempre las mismas**, con pocos días de diferencia.

Si el cloro ataca tan masivamente al ozono, si lo hace desaparecer tan rápidamente (un 10% de reducción en sólo 24 horas, el 5 de Septiembre de 1987), sería lógico esperar que también interfiriese severamente en la regeneración de la capa de ozono de la Antártida, al estar atacando ferozmente al ozono que se va formando a mediados de primavera. Por lo tanto, si en un año la reducción de ozono fue de un 15%, y la fecha de cierre se produjo alrededor del 20 de Octubre, en otro año, cuando la reducción fue del 60% hubiese sido lógico (¿o quizás matemático?) que la fecha de cierre se produjese mucho después, es decir **hacia fines de noviembre**.

Sin embargo, las fechas de cierre se producen de manera invariable en la segunda quincena de Octubre, lo que demuestra que las disminuciones de ozono, así como la regeneración de sus niveles de concentración son independientes de la cantidad de cloro existente dentro del Vórtice Polar Sur. Puesto de otro modo, esto significa que si el cloro no puede retardar la formación de ozono, **tampoco ha sido el causante de su destrucción**; o si ha contribuido a destruir algo, su aporte ha sido tan insignificante que, a la hora de impedir la formación de nuevo ozono, **su acción es absolutamente despreciable**.

La Radiación Ultravioleta

El espectro de la radiación electromagnética emitido por el Sol es muy amplio y se extiende desde los rayos cósmicos, de muy corta longitud de onda (desde 0.00001 nanómetros, o **nm**, millonésima parte de 1 mm) hasta las ondas de radio de varios miles de kilómetros de largo. La gran cantidad de capas que componen la atmósfera filtran esta avalancha de radiación antes de que llegue hasta la superficie del planeta. La figura 6 muestra la composición del espectro electromagnético. La radiación UV se extiende el equivalente de más de tres octavas: desde 400 nm hasta casi 40 nm.

Para comprender cuánto afecta al organismo humano este amplio rango del espectro, es conveniente subdividirlo en tres bandas separadas: **ultravioleta A**, (UV-A); **ultravioleta B** (UV-B); y **ultravioleta C** (UV-C). La banda **UV-A** es la de longitud de onda más larga (400-320 nm), le sigue la banda de **UV-B** (320 a 286 nm), que es conocida como el rango biológicamente activo del espectro, porque tiene los efectos más pronunciados sobre la materia viviente. La radiación ultravioleta con la longitud de onda más corta es la **UV-C** (286 a 40 nm).

La más energética de las radiaciones ultravioleta, la UV-C, sólo llega hasta la Tierra en ínfimas cantidades. El resto de la banda UV-C es filtrada por las moléculas de oxígeno de la atmósfera. Los fotones energéticos del UV-C impactan y rompen las moléculas de oxígeno, produciendo dos átomos de oxígeno. Este es el primer paso para la formación de la molécula triatómica de ozono (O₃). Como la cantidad de oxígeno y de radiación UV-C son muy grandes, el ozono se produce a razón de **varios millones de toneladas por segundo**.

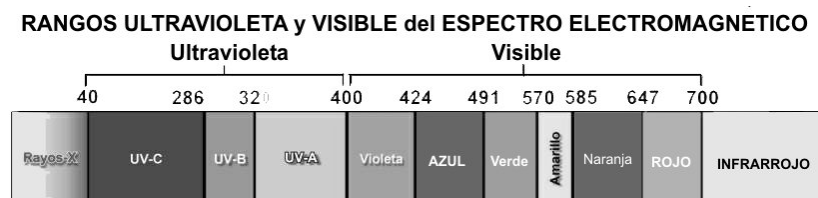


Figura 6: El Espectro Electromagnético

El ozono también filtra radiación UV-C (aunque en las proporciones que ya se ha visto más arriba). Lo mismo que el oxígeno, el ozono es destruido por los rayos UV tan pronto como es formado, por lo cual el balance neto de formación y destrucción del ozono se mantiene inalterable. Como uno de los materiales que sirve para formar ozono se mantiene bastante constante (el oxígeno) si la radiación UV aumenta, la producción de ozono aumenta; si el Sol emite menos radiación UV la producción de ozono disminuye. Esto es "**natural**".

Es importante notar que, aunque la atmósfera filtra casi totalmente a la radiación UV-C y UV-B, **deja pasar casi por completo a la UV-A**, por ello, una hipotética disminución de la capa de ozono - según sostienen los ecologistas - influiría exclusivamente sobre la radiación UV-B. Como los rayos UV-B son los que provocan el enrojecimiento de la piel y las "quemaduras de sol", se supone que también podrían causar cáncer de piel. Aunque existe la posibilidad de que los rayos UV puedan influir en el desarrollo de tumores benignos de piel (tumores *basocelulares* y *espinocelulares*, mal llamados cánceres de piel porque no desarrollan metástasis), no existe evidencia alguna documentada (de acuerdo a la *Academia Americana de Dermatología*) que pueda relacionar a los tumores cancerosos llamados **melanoma maligno** con la radiación UV-B proveniente del sol.

El melanoma maligno ocurre casi siempre en zonas del cuerpo que no están expuestas a los rayos del sol - entre los dedos del pie, en las plantas de los pies y las palmas de las manos, bajo los brazos o en las nalgas y aún dentro de la boca. Es interesante notar que la población de piel oscura muy rara vez contrae los tipos de tumores benignos de piel asociados con la radiación UV, sin embargo **son susceptibles a los melanomas malignos como el resto del mundo**. Los propulsores de la teoría de la destrucción de la capa de ozono tienden a agrupar a todos los tipos de tumores de piel en uno solo y lo llaman "**cáncer maligno de piel**".

La Geografía y los Rayos UV

En base a un promedio anual, la radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra varía unas 50 veces entre los polos y el

Ecuador. De manera grosera, a medida que nos acercamos al Ecuador la radiación UV se duplica cada 1500 km, y los rayos UV que caen sobre el Ecuador **son 5000% más intensos** que los que caen en el Polo. Esto equivale a un aumento del **10% de radiación por cada 100 km** que nos acercamos hacia el Ecuador. La radiación también aumenta con la altura, duplicándose desde el nivel del mar hasta los 5000 metros de altura, o - a grandes rasgos - **1% cada 50 m.**

En otras palabras, una disminución del 1% de la capa de ozono (profecía ecologista) causaría un aumento del 2% de la radiación UV que llega a la superficie del planeta, y sería equivalente **a desplazarse hacia el Ecuador unos 18 kilómetros.** Por ello, en el peor de los casos pronosticados por los impulsores de la Teoría Catastrófica - una reducción del 5% del ozono - **es equivalente a un viaje de 40 o 50 kilómetros hacia los trópicos.** Esto es como viajar desde Córdoba hasta Jesús María, o de La Plata a Olivos.

A lo largo de miles de años, la población humana que ha vivido durante generaciones en las mismas regiones, ha desarrollado tipos de piel adaptadas a los rayos UV existentes en esas latitudes. Aquellos que viven más cerca del Ecuador tienen la mayor concentración protectora de melanina (pigmentación oscura de la piel). Los que viven cerca de los Polos tienen las menores concentraciones de melanina. ¿Alguien se preocupa porque sus vacaciones en el Caribe o en Brasil le **aumentarán su dosis anual de rayos UV entre 100% a 500%?**

No se ha escuchado a ninguna organización humanitaria que alerte a la gente sobre este tan espantoso peligro de contraer cánceres horribles. Los anuncios turísticos de las aerolíneas que promocionan viajes al Caribe no advierten a los viajeros que recibirán un 500% más de la "mortífera" radiación UV.

Vista la total despreocupación que por tan tremendos peligros demuestra la gente, ¿por qué debería preocuparse por un mínimo incremento del 10% de radiación UV que los ecologistas anuncian como el Apocalipsis para dentro de 100 años? En un estudio publicado en 1989, los científicos noruegos Arne Dahlback, Thormod Henriksen, Søren H.H. Larsen y Knut Stammes se llega a la conclusión que : "*... disminuciones de hasta 15 al 20% (de la capa de ozono) tendrían un muy pequeño efecto sobre la vida*

en la tierra"... "Es aparente que una disminución del 50% del ozono sobre Escandinavia (que es mucho más que lo anunciado por los pronósticos de los modelos atmosféricos) le darían a esos países una dosis efectiva de ultravioleta similar a la que se obtiene en California o los países del Mediterráneo."

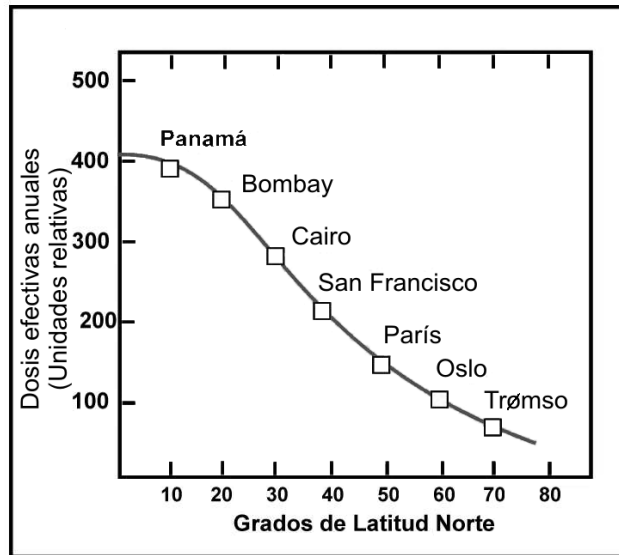


FIGURA 6: PORCENTAJE DE INCREMENTO DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA SEGUN LA VARIACION DE LA LATITUD

En la Figura 6 se muestra la dosis anual de radiación UV para algunas ciudades de diferentes latitudes geográficas del Hemisferio Norte. En el peor de los casos pronosticados de la disminución de la capa de ozono, el aumento de los rayos UV que llegarían a la tierra es del 10%. Un viaje desde Oslo hasta Panamá representa un aumento en la exposición ultravioleta del **300%**, mientras que ir hasta San Francisco representa un aumento del **100%**.

Otra de las conclusiones del estudio es que no existe una tendencia observable en aumento o disminución del ozono o en radiación ultravioleta durante los últimos 12 años, siempre sobre Escandinavia. Si la Teoría de la disminución del ozono fuese correcta, los valores del ozono deberían haber disminuido en

Noruega un 3% y la radiación UV aumentado más del 7%. Sin embargo, como siempre ocurre con este asunto, las observaciones y hechos científicos terminan contradiciendo escandalosamente todos los postulados de la teoría de la capa de ozono - la misma que ha recibido el Premio Nobel 1995. Como seguramente diría Hamlet. Hay algo que huele mal, **y no es precisamente en Dinamarca.**

Desde que las primeras estadísticas fueron compiladas en 1935, los casos de melanomas malignos se incrementaron en EEUU un 800 por ciento. ¿Pero que tiene que ver la disminución del ozono con esto? **Absolutamente nada.** La mayor parte del aumento tiene mucho que ver con un mejor trabajo en los papeles: el informe de los casos se ha mejorado mucho durante los años. ¿Y que otros factores han influido en este notorio aumento en formas de cáncer de piel? Pero, ante todo *¿son cánceres?*

Primero, veamos algunos hechos concretos sobre los tumores de piel. El tumor de piel es una enfermedad que afecta a los individuos de piel clara. Los individuos de piel oscura (orientales, Hindúes, Hispánicos, Indios, Europeos del Sur y Negros) tienen muy poco riesgo de tumores de piel. De hecho, el tumor de piel es tan raro en los individuos de piel oscura, que la información de su incidencia es muy difícil de obtener. ¿Cuán seria es la amenaza que representa un cáncer de piel? El caso más común de tumor de piel es el carcinoma de las células basales o **tumor basocelular**. Si no es tratado a tiempo puede desfigurar, pero raramente es mortal.

El segundo tipo es el llamado tumor **espinocelular**, que requiere más cuidado y debe ser extirpado quirúrgicamente para evitar problemas ulteriores. El **melanoma maligno**, la última forma de tumor de piel es un verdadero cáncer, puesto que desarrolla metástasis, y es el que tiene el más alto índice de mortalidad.

El Miedo al Cáncer de Piel

Echemos un vistazo a la teoría UV/cáncer. Primero, las historias de horror sobre los rayos UV y la disminución del ozono se basan en aumentos de la radiación UV que son minúsculos, comparados con las variaciones naturales determinadas por la altu-

ra y la distancia al Ecuador. Segundo, no existe evidencia científica alguna de que los niveles de radiación UV hayan aumentado en la superficie de la Tierra, a pesar de todo lo que se haya dicho sobre una disminución global del ozono. Y tercero, las nuevas investigaciones científicas demuestran que no es la radiación UV-B la causante de los melanomas malignos, **sino la UV-A, que no es filtrada por la capa de ozono.**

Sin embargo, el melanoma maligno representa sólo el 4% de los tumores de piel, pero tiene el 75% de la mortalidad de los cánceres de piel. El melanoma maligno es también el menor de los casos de tumores de piel asociados con la sobreexposición a los rayos solares. Un estudio realizado por el *Consejo de Asuntos Científicos* de la *American Medical Association*, publicado en el *Journal of the American Medical Association*, Julio 21, 1989, resume los hallazgos científicos sobre este punto:

"A pesar de las correlaciones positivas relativas a la incidencia de melanoma maligno cutáneo a la exposición a la radiación ultravioleta, es obvio que otros factores están involucrados. Al revés que los cánceres no-melanómicos, que tienen más incidencia en individuos de edad avanzada, el melanoma cutáneo maligno es más común durante las décadas medias de la vida."

"Los cánceres no-melanómicos ocurren con mayor frecuencia en trabajadores al aire libre, mientras que el melanoma maligno afecta con mayor incidencia a los habitantes de las ciudades que trabajan en el interior de edificios." ... «La incidencia de melanoma maligno no se correlaciona bien con los gradientes de latitudes (es decir, con la insolación) en Australia y en Europa Central. La distribución anatómica del melanoma maligno no se corresponde con las áreas del cuerpo de mayor exposición al sol, como ocurre con los casos no-melanómicos. Histológicamente, ocurre una relativamente pequeña elastosis en las vecindades del melanoma maligno, mientras que está muy asociada con los carcinomas basocelulares . . . No se ha podido desarrollar ningún modelo animal que permita inducir de manera constante al melanoma únicamente por medio de la radiación ultravioleta.»

Uno de los recientes intentos de rebatir al famoso estudio de Joseph Scotto fue el artículo de J.B.Kerr y C.T. McElroy, publicado en la revista *Science* en 1993, ⁽¹⁾ que denunciaba una tendencia creciente de radiación UV sobre Toronto, Canadá. Los resultados fueron enormes titulares en los diarios de todo el mundo, pero muy rápidamente otros científicos demostraron que tal tendencia era el resultado de una fallida manipulación estadística ⁽²⁾.

Sin embargo, estas noticias tuvieron muy poca publicidad. Como dije antes, las desmentidas a los fraudes ecologistas no tienen valor en el mercado periodístico. Todo el “aumento” del UV se basaba en lecturas tomadas durante **los tres últimos días** de un período de medición **de cinco años!** Un análisis estadístico correcto mostró que la tendencia, después de cinco años de mediciones, era **exactamente cero**. En otras palabras, la radiación UV no había aumentado ni disminuido sobre Toronto (como tampoco lo hizo en otras partes del mundo).

Lo interesante viene ahora: el estudio canadiense había sido rechazado por la revista **Nature** para publicación. Al momento que el estudio fue presentado a **Science**, el químico F. Sherwood Rowland era el presidente de la *Asociación para el Avance de las Ciencias*, editora de la revista *Science*. De acuerdo a fuentes conocedoras del asunto, Rowland arremetió con todo y ordenó la publicación del estudio en *Science*, a pesar de sus garrafales errores. Una actitud lógica, ya que apoyaba la teoría por la cual obtendría el escandaloso Premio Nobel de Química en 1995.

¡Cuidado con los Bronceadores!

Una nueva hipótesis sugerida por Cedric Garland y Frank Garland del *Departamento de Epidemiología del Cáncer* de la Universidad de California, en San Diego, es que el incremento en los casos de cánceres de piel se debe al extendido uso de los aceites bronceadores en uso desde hace más de 20 años! Según Frank Garland, es posible que sea el **UV-A** (ultravioleta cercano, **320-400 nm**) lo que puede estar provocando los tumores de piel, aunque siempre se haya considerado al **UV-B** (286-320 nm) como el rango peligroso de la radiación ultravioleta. Esto es porque el melanoma maligno aparece en los melanocitos de la

dermis - y menos del 10% de la radiación UV-B llega a la dermis, mientras que **más del 50% de los UV-A lo hace.**

Las modernas cremas protectoras contra el sol están diseñadas para bloquear la radiación UV-B, pero son transparentes a la supuestamente benigna banda UV-A. Pero, la sobre exposición a los rayos UV-B, ¿no causa daños a la piel provocando quemaduras en ella? En efecto, así es. La quemadura de la piel (o «**eritema**») es el mecanismo de alerta del organismo que le avisa al individuo que ha permanecido ya demasiado tiempo al sol. Las personas que usan cremas de «pantalla solar» de cualquier factor, están haciendo un «**bypass**» al mecanismo de alerta y exponen sus cuerpos a dosis masivas de radiación UV-A. Esto hace que una persona llegue a recibir dosis 50 veces superiores de rayos UV que si su piel le pudiese avisar *que «ya es suficiente»* poniéndose colorada.

Por otro lado, el color oscuro del bronceado es el segundo mecanismo de defensa que tiene el organismo contra la radiación perjudicial, y también es puesto en acción por la radiación UV-B. Entonces, cuando se filtra selectivamente a los rayos solares, se bloquean a los UV-B y se dejan pasar totalmente a los UV-A, el bañista no sólo engaña al mecanismo de alerta (la piel roja) sino también al de defensa: la melanina que sube hacia las capas superiores de la dermis para bloquear los rayos ultravioletas, sean UV-B o UV-A.

El otro peligro de la radiación UV proviene de las llamadas «*camas solares*» de gimnasios e institutos de belleza, que suministran los presuntamente inofensivos rayos UV-A. Al suprimir nuevamente los rayos UV-B, el mecanismo de alerta del cuerpo es engañado otra vez, y los pacientes son irradiados con dosis 100.000 a 300.000 más concentradas que si hubiesen permanecido el mismo tiempo expuestos al sol. Dada la cantidad de gente que toma este tipo de «baño de sol» (en EEUU son más de un millón de personas por día) el problema puede llegar a ser de grandes proporciones y las estadísticas culparán al Agujero de Ozono.

Las pantallas solares también bloquean algunas de las longitudes de onda más beneficiosas para el organismo, dentro del espectro del UV-B, incluyendo las que sintetizan a la hormona de la vitamina D₃ y que «gatilla» la función reparadora del orga-

nismo combatiendo infecciones, reparando células dañadas y DNA, y aún combatiendo algunos tipos de cáncer.

Vaya a lo Seguro: Tome Sol a Mediodía

Los medios de prensa escrita, las televisoras, la radio, y todo aquel que tiene voz para hacerse oír, han venido repitiendo lo que dicen dermatólogos y ONGs ecologistas y que recomiendan no exponerse al sol entre las 10 de la mañana y las 4 de la tarde, especialmente desde que el “*problema de la capa de ozono se agravó*” y “*la disminución de la capa permite el paso de mayor cantidad de ‘nociva’ radiación ultravioleta*”, y que “*corre el riesgo de contraer cánceres de piel, melanomas malignos y cataratas*” **Bien. Nada de eso es cierto**

Para empezar, el problema de la capa de la capa de ozono nunca existió. El científico George Dobson -en cuyo honor las unidades para medir la concentración de ozono en la estratósfera fueron bautizadas como **Unidades Dobson** - demostró en 1957 y 1958 que en la Antártida se producía un fenómeno muy peculiar, al que llamó la **Anomalía del Sur**, y que consistía en una reducción abismal de las concentraciones de ozono en una región conocida como el **Vórtice Polar Antártico**.

En 1957, durante la campaña Antártica realizada con motivo del *Año Geofísico Internacional*, Dobson fue el encargado del equipo inglés que midió la concentración del ozono en la estratosfera del Polo Sur. Lo mismo estaban haciendo los científicos franceses de la Estación Dumont D'Urville, en el otro extremo de la Antártida.

Curiosamente, ambos equipos científicos obtuvieron casi los mismos registros, con una reducción enorme del contenido de ozono en la estratosfera, registrando valores de hasta 125 UD (Unidades Dobson, que entonces no se llamaban así). Desde entonces hasta el día de hoy, los valores del ozono estratosférico de la Antártida se han mantenido dentro de un promedio normal, con mayores concentraciones algunos años, y menores en otros, siguiendo un patrón marcado por diversos factores físicos de origen natural, como los ciclos de manchas solares, la *Oscilación Cuasi Bianual* de los vientos estratosféricos del Ecuador, y las ocurrencias del Niño y la Niña.

Estos fenómenos naturales inciden de manera directa en las bajas temperaturas de la estratosfera del Polo Sur y en la formación y potencia de los vientos huracanados que giran alrededor del Polo, y se han dado en llamar el **Vórtice Polar Antártico**.

Como el ozono varía en su concentración de manera natural en todas partes del mundo, de acuerdo a las estaciones y los meses del año, a la hora del día, a distintas alturas, y en diferentes regiones del planeta de manera independiente de las demás, y las mediciones de las concentraciones de ozono se han mantienen estables a lo largo de la historia - a pesar de todas las apocalípticas declaraciones de la prensa y de las ONGs ecologistas - se puede afirmar que el asunto de la capa de ozono es un espectacular cuento de hadas con el que se han llenado los bolsillos muchos grupos empresarios y otros grupo han incrementado su poder político hasta niveles insospechados.

Lo que nos trae otra vez a los anuncios oficiales de Ministerios del Ambiente que nos advierten **“Debido a la disminución de la capa de ozono, no se exponga al sol porque se llenará de cánceres y cataratas, etc, etc...”** lo que indica dos cosas graves: Una, que no saben nada del asunto ecología y ciencias de la atmósfera (y son los encargados del Medio Ambiente!) y la otra es que desconocen los informes que los mismos científicos de la Nación elevan al Ministerio todas las semanas. Grave doble desencuentro: con sus propios científicos y con la ciencia. Es para pensar ¿adónde nos quieren llevar... ?

Recomendaciones Incoherentes

Parecen muy preocupadas las autoridades en que la población no se enferme de cáncer o cataratas por haberse expuesto al sol. Por ello, recomiendan no hacerlo entre las 10 y las 16 horas de cada día, porque a esa hora la irradiación solar es mayor. En esto último estamos de acuerdo, pero sólo en esto. En el resto discreparemos hasta morir. Veamos por qué:

La atmósfera de la tierra es un filtro natural a la radiación que nos llega del Sol, pero filtra de distinta manera a las radiaciones de acuerdo a sus longitudes de onda. La atmósfera terrestre está compuesta de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, y

1% de otros gases varios, entre los cuales está en ozono, el famoso “escudo” contra la radiación ultravioleta. **Pamplinas!**

La concentración de ozono en la estratósfera apenas llega a las **3 millonésimas partes por ciento**, lo que puesto en números es esto: **0,000003%**. De paso, para que vea la densidad de este escudo protector, las 275 unidades Dobson que son normales para casi todas partes del mundo (alrededor de los Polos aumenta **hasta casi 500 DU**), significa que, si el ozono de la Tierra fuese comprimido a la temperatura y presión del nivel del mar, el espesor de la *capa de ozono* sería de **2,75 milímetros**. Poderoso escudo el que tenemos!

Volvamos a asunto del filtro: el nitrógeno y el oxígeno de la atmósfera filtran muy eficazmente las radiaciones Electromagnéticas de corta longitud de onda, como los rayos X, la gama del ultravioleta ente 40 y 286 nanómetros (nm) conocida como UV-C, pero paulatinamente comienza a ser menos eficaz para las radiaciones de mayor longitud, como la UV-B (286 -320 nm), la UV-A (320-400 nm), la radiación lumínica (entre 400 y 700 nm) y luego las de mayor longitud como la radiación infrarroja (de 700 nm para adelante) y las ondas muy largas, como las de radio.

A mayor longitud de onda, mayor penetración en la atmósfera tendrán las radiaciones. Por ello la atmósfera resulta virtualmente “transparente” para las ondas “visibles” y las infrarrojas, y en una enorme medida para la radiación ultravioleta-A, que casi no es filtrada y llega con entera libertad hasta la superficie de la Tierra. Y aquí está la “madre del cordero”. Las diferencias entre cantidad y calidad de los rayos UV-A y los UV-B, cosa que es fundamental para que nuestra salud siga siendo tan buena como hasta hoy. Síganme, (que no los voy a defraudar...)

Los rayos UV-B tienen acción sobre el interior de las células, y puede afectar al ADN de las mismas, provocando rupturas, cambios y mutaciones. Sin embargo, tienen poca penetración y no llegan profundamente dentro de la epidermis. Nuestra piel tiene un mecanismo de defensa muy efectivo contra los rayos UV-B y es la melanina, o pigmentos que se encuentran “flotando” en la dermis, llamados **melanocitos**. Cuando los rayos UV-B los activan, los melanocitos comienzan a subir hacia la

superficie de la epidermis, para bloquear el paso de los rayos solares.

Una piel bien “bronceada”, con abundantes melanocitos cerca de la superficie resulta muy bonita, especialmente en los nórdicos, quienes a veces parecen ser “dioses dorados”. Cuestión de modas y tonterías. Entre los latinoamericanos, el dorado tiende a desaparecer y se acerca más al “*negro catinga*” que, aunque es poco “fashion”, resulta mucho más conveniente para la salud.

Los pueblos de piel más oscura (o los mediterráneos que se “tuestan” oscuro) tienen una menor incidencia de los tumores benignos de piel, entre los que se distinguen, como ya vimos antes, dos clases: los “basocelulares”, y los “espinocelulares”.

¿Qué significa esto? Que los melanomas malignos **no son causados por la exposición al Sol**, mientras que los baso y espinocelulares **siempre** se deben a una **excesiva exposición** a los rayos solares durante años de consecutivos veraneos en las playas, o de un constante trabajo al aire libre, al “rayazo del Sol” como dicen en el campo.

Mientras que los tumores benignos son más abundantes entre los agricultores y gente de campo, los melanomas son más frecuentes entre los **oficinistas y habitantes de las ciudades**. ¿Por qué? Ni siquiera el más ducho de los dermatólogos del mundo lo sabe, como tampoco sabe **cuál es la causa que provoca a los melanomas**. Algunos dicen sospechar, otros dicen que sus estudios “sugieren”, pero en concreto, nada.

Y entonces, la desinformación cunde y la gente es llevada a creer que si se expone al Sol se enfermará de cáncer y se morirá, o desarrollará cataratas y se quedará ciego. **Pamplinas, otra vez!**

Las cataratas las desarrollan las personas después de haber sobrepasado los 50 o 60 años, algunos no la tendrán jamás – depende de su estructura genética y de un par de factores más, (ocupacionales, en su mayoría, como operarios de soldadura eléctrica, alpinistas, esquiadores y “anche” surfistas) pero el exceso de exposición al Sol difícilmente sea una causa preponderante en la aparición de las cataratas - especialmente en una sociedad que tiene la moda y fijación de usar anteojos oscuros hasta dentro de las “discoteques”.

Pero aunque la radiación UV aumentase un 100%, ni los tumores benignos de piel ni las cataratas sufrirían un aumento en su incidencia. ¿Le parece difícil probar esto? Veamos: ya vimos que la radiación UV aumenta desde los Polos hasta el Ecuador un 5,000% (sí, **cinco mil por ciento**) debido al efecto de la curvatura de la Tierra y el mayor camino que los rayos solares deben atravesar para llegar a las regiones cercanas a los Círculos Polares. Quiere decir que en el Ecuador **el Sol alumbra casi 50 veces más fuerte que en Ushuaia.**

Conviene recordar el asunto de que la radiación UV aumenta un **1% cada 50 metros de altura**, por lo tanto, los valores a nivel del mar se duplican a los 5000 metros de altura. A “grosso modo”, en la saludable Pampa de Achala de Córdoba, a los 2200 metros sobre el nivel mar, la radiación es **un 50% mayor que en Buenos Aires.** La distancia que hay de Buenos Aires hasta Salta es de unos 1500 kilómetros, por lo tanto, en Salta hay, “normalmente” **un 100% más de rayos UV** cayendo sobre hombres, mujeres, niños y gatos, que en Buenos Aires.

Como hasta Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, hay otros 600 kilómetros más, los Cruceños reciben una dosis cercana al **150% mayor que en Buenos Aires**, y los habitantes de Quito, Ecuador, reciben **un 200% más** por estar directamente en la línea Ecuatorial, y **un 60% adicional por estar a 2800 metros de altura.** Compruebe en la Figura 6 la manera en que varía la radiación UV en ciudades de distintas latitudes, desde Panamá hasta Tromso, en Noruega. ¿Por qué las Agencias de Turismo no les avisarán a sus clientes Noruegos que cuando viajen al soñado Caribe recibirán **un 500% más** de radiación UV que en sus casas?. Secretos del marketing.

Comprobada la veracidad matemática de estos datos, abriremos los libros de estadísticas médicas y comprobamos que **ni las cataratas ni los melanomas son más abundantes** en Quito, o Santa Cruz de la Sierra o Salta, que en Buenos Aires, o Rosario, o Córdoba, o siquiera en Ushuaia, a pocos kilómetros del Polo Sur. ¿Qué misterio es este? El misterio se devela cuando es la ciencia quien proporciona los datos y no las gacetillas y partes de prensa de las organizaciones ecologistas, ávidamente recogidos por los medios de prensa sensacionalistas - hay alguno que

no lo sea?. Pero sigamos un pasito más adelante y veamos por qué las cosas son como son...

¿Por Qué a Mediodía es Más Seguro?

Se trata de una cuestión matemática. Varios estudios médicos han comprobado que los melanocitos son activados a su máxima velocidad de ascenso con **una dosis diaria de 20 a 30 minutos**, dependiendo de las diferentes clases de pieles. Si nos fijamos en la Figura 7, podemos ver un gráfico que muestra en la parte superior las horas del día, desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde, 12 horas de insolación promedio en el Ecuador.

A la izquierda se ven los valores de la radiación UV que incide sobre la superficie a nivel del mar (multiplíquela por el factor de altura correspondiente para otros casos específicos, como ser vacaciones en las montañas), medida en watts por cada metro cuadrado (W/m^2). La radiación UV que cae sobre Buenos Aires a mediodía es de unos $350 \text{ watts}/m^2$ (a esa hora caen apenas $150 \text{ watts}/m^2$ en Ushuaia, y además medidos a través de un mini agujero de ozono, estudio realizado por los científicos argentinos Isidoro Orlansky y Ernesto Martínez, del LAGE, Laboratorio de Geofísica de la Universidad Nacional de Buenos Aires).

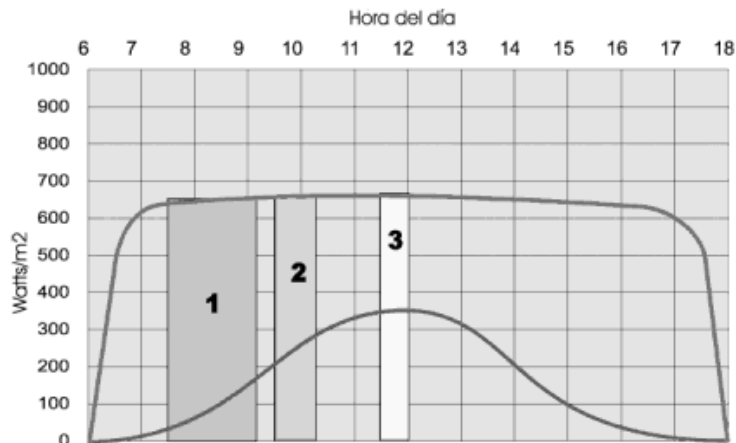


Figura 7: Irradiación UV-A y UV-B durante el día

En la figura 7 la curva de los rayos UV-B es la inferior, en forma de “campana chata”, mientras que la de la radiación UV-A es la superior, con forma de “meseta”. Como la radiación UV-B es filtrada casi toda en horas tempranas y muy tardías, los valores van creciendo de manera no-lineal hasta cerca del mediodía, tienen una pequeña meseta de unas dos horas, y luego disminuyen y desaparecen cuando se pone el Sol. Por ello, las autoridades recomiendan “tomar sol” antes de las 10 de la mañana y después de las 4 de la tarde, sin saber demasiado si la hora a la que se refieren es +3 o +4 horas GMT (hora de Greenwich).

En el gráfico de la Figura 7 se presentan tres casos: **el caso 3**, donde para tomar la dosis básica de rayos UV-B son necesarios **sólo 20 minutos** porque es el momento de insolación máxima. Cualquier cantidad de tiempo de más que se permanezca al Sol **no acelerará el bronceado y sólo perjudicará la piel**.

En el **caso 2** se necesita casi una hora, entre las 9 y las 10 de la mañana, para obtener la misma dosis de rayos UVB que hará subir los pigmentos hacia la superficie y hacernos quedar bonitos, atractivos y “chévere”. Lo mismo que antes, cualquier exposición que vaya más allá de la hora, sólo perjudicará a la piel y **no nos hará “quemar” más rápido o más oscuro**. Pero es importante, esta exposición ha sido **tres veces más larga** que la primera.

Por último, el **caso 1**, tomando sol a partir de las 7 de la mañana, se necesita 1 hora 45 minutos para ganar el efecto que se obtiene **con sólo 20 minutos a mediodía**. Puede hacerlo si usted quiere, y la velocidad de bronceado no variará para nada. En cualquiera de los casos -y esto es importante - cumplido ese tiempo de exposición **retírese del Sol, busque abrigo a la sombra y quédese allí**.

El **EXCESO** de Sol es dañino y puede resultar peligroso. Aquí tiene que primar el sentido común (espero que usted lo tenga, porque sin no, se verá en problemas, tarde o temprano) y se debe ser prudente en este asunto, pero tampoco hasta el extremo de convertirse en un neurótico. Y aquí viene otra explicación que es necesario conocer.

La intensidad de las radiación UV que llega a la superficie de la tierra es, en promedio, de 1000 watts/m², de los cuales unos **350 watts** corresponden a la UV-B y **650 watts** a los UV-A.

Los rayos UV-B tienen actividad primariamente química sobre las células, y son imprescindibles para la síntesis de la Vitamina E y D sobre la piel, y que sirven como antioxidantes y fijadores del calcio en los huesos.

Poca exposición a los rayos UV-B en la infancia lleva a un déficit de la síntesis de las vitaminas E y D, y por ende al **raquitismo** (enfermedad endémica entre los niños pobres del Londres de fines del siglo 18 y hasta mediados del 19 porque la densa nube de hollín de las fábricas impedían la llegada de la luz solar hasta la superficie de los barrios pobres) caracterizada por un escaso desarrollo óseo, deformidades, y mal estado general de la salud, con propensión a las enfermedades infecciosas.

En las personas de edad avanzada, el problema de la pérdida de materia ósea (osteoporosis) se ve agravado si además no se toma la cantidad necesaria de sol para sintetizar la vitamina D y fijar a los huesos el calcio que se administra como suplemento vitamínico. La falta de un antioxidante como la vitamina E, sintetizada por el sol y absorbida únicamente través de la piel, aumenta el riesgo de cánceres más comunes en la vejez.

Por lo tanto, es importante asegurarse recibir la cantidad adecuada y necesaria de radiación UV, **aunque los diarios y las revistas digan lo contrario**. Mientras que el organismo tiene la habilidad de avisarnos cuando se ha recibido demasiada cantidad de radiación UV (el eritema), no tiene la capacidad de avisarnos cuando no estamos recibiendo la cantidad necesaria e imprescindible de radiación **UV-B** - a menos que la "*blanca palidez*" sea algo más que éxito musical, lo debemos considerar un aviso de **peligro inminente de falta de calcio en los huesos y probable osteoporosis u osteomalacia**.

Por otra parte, la radiación UV que recibimos del sol tiene propiedades bactericidas y antimicrobianas que representan un buen ahorro en cuentas de médico y sanatorio.

Fíjese otra vez en la Figura 7 y verá que la radiación UV-A tiene casi la misma intensidad desde las 7 de la mañana hasta las 6 de la tarde (siempre en el Ecuador), porque la atmósfera, tal como aprendió más arriba, resulta transparente para esta radiación y casi no la filtra. Entonces, a diferencia de los rayos UV-B, cuando nos exponemos al sol a horas tempranas o tardías (tal como nuestras amantes, caritativas e ignorantes autoridades nos

recomiendan) deberemos estar más tiempo expuestos que si lo hacemos al mediodía para lograr los mismos efectos de “bronceado Caribe”.

Esto nos expone más tiempo a los rayos **UV-A** que, desgraciadamente, resultan mucho más peligrosos que los **UV-B**, porque son los responsables de los cánceres benignos de piel (aunque no de los melanomas, como ya vimos), y del daño irreversible a las células de la dermis que aceleran el proceso de envejecimiento de la piel. Si usted quiere en poco tiempo parecer un viejito (o viejita, perdón señoras), simplemente hágale caso a los medios de prensa, a los dermatólogos (que de Física saben poco y nada), y a las ONGs **neuro-eco-pesimistas** que quieren que usted viva aterrado y apoye sus causas porque son “muchachos buenos” que sólo quieren el bien de todos, a cambio de nada más que una donación de 5 dólares. Aleluya!

¿Y las Cremas con Filtro Solar?

Sólo tienen una aplicación muy puntual, como el caso de aquellos que deben obligadamente permanecer muchas horas seguidas al rayo del sol. Además, sólo deben usar aquellas cremas que **también** bloquean a los rayos UV-A, y que acaban de salir al mercado. Parece que finalmente, y después de muchos años de bregar en este asunto, los dermatólogos de los Estados Unidos se han dado cuenta de que los rayos realmente dañinos para la piel eran los UV-A, y no tanto los UV-B.

Esto no quiere decir que usted puede tomar largos baños de UV-B porque sería suicida. Ni tanto ni tan poco, como dicen los españoles. La norma siempre sigue siendo la Regla de Oro de la Toxicología: “**La dosis es el veneno**”, o como decía mi abuela, “*Lo poco engorda, lo mucho enfada*”.

Casi me estaba olvidando de recordarle que siempre tienen que tener bien presente eso: el organismo tiene dos mecanismos, bastante efectivos, para protegerse de los rayos solares. Uno es un mecanismo de **aviso** y se llama “**eritema**”. Es el color rojizo que adquiere la piel cuando estamos expuestos demasiado tiempo al sol.

Cuando éramos chicos se conocía como “flechadura”. Es el organismo que nos avisa: “*Muchacho, paremos esta matanza,*

es hora de ir a la sombra”. El otro es el mecanismo de **defensa** representado por los **melanocitos** subiendo hacia la superficie de la piel. Cuando se usan las cremas con filtro o bloqueadores **UV-B** (hasta hace poco eran las únicas) la gente le hace “*pito catalán*” a las defensas naturales del organismo: la piel no se pone roja, por lo tanto no se alarman y siguen recibiendo dosis masivas de radiación UV-A. *Criminal!*

Por si esto fuese poco, al impedir que los rayos UV-B lleguen hasta los melanocitos, se impide que éstos suban a proteger a la dermis, lo que deja vía libre, una vez más a los rayos UV-A para que sigan con su masacre de las células profundas de la piel, se acumulen de manera excesiva y gatillen en un futuro algún tumor benigno.

Recomendaciones para Seguir Sano

Son pocas, y no se las olvide. Si se quiere broncear y correr poco riesgo con su piel: Póngase al Sol **entre las 10 y las 3 de la tarde, pero SÓLO por 20 o 30 minutos por lado!**

No use cremas con filtros ni bloqueadores - a menos que esté **obligado** a exponer su piel largas horas al Sol. Puede usar, antes y después, una crema hidratante para la piel. También se Admiten los viejos “aceites bronceado caribe”, con aceite de coco, palma, jojoba, áloe, etc, porque no filtran a los rayos **UV-B** (ni a los UV-A). Tampoco sirven para mucho, pero por lo menos no hacen daño, ni a la piel ni al bolsillo...

Use sombrero, remeras, camisas, pantalones livianos, etc, cuando deba estar mucho tiempo al sol, y entonces sí, se justifica el uso de cremas con elevados factores de protección contra UV-B y contra UV-A. Pero, si puede evitar estar al sol mucho tiempo, hágalo! La radiación UV-B que nos envía el Sol es saludable, y hasta **indispensable**, pero **en su justa medida**. Los excesos siempre llevan a la catástrofe. Sea prudente. **No sea sonso**. No le crea ni a las autoridades, ni a la TV, ni a las radios, ni a nadie que no sepa explicar las cosas con fundamentos científicos comprobados.

Viva contento y si le sobra, pague sus impuestos. La Patria se lo agradecerá, en especial los políticos que sabrán darle un buen uso... propio.

Algunos Hechos Científicos

Los científicos Ernesto A. Martínez e Isidoro Orlansky (hoy trabaja en la NASA), del Laboratorio de Geofísica (LAGE), de la Universidad de Buenos Aires, completaron un estudio sobre los niveles de radiación UV que llegan a la superficie del planeta, y los compararon con los niveles de reducción del ozono. Luego declararon a la prensa:

«Si los niveles de ozono disminuyesen un 50% - algo que ocurre muy pocos días y en zonas muy reducidas de la Antártida -y los demás parámetros se mantienen constantes, la radiación UV se incrementa un 15%, y la radiación global **apenas aumenta un 1,5%**. Los valores típicos de radiación global (de acuerdo a los promedios anuales) son de 300 watts/ m² en Buenos Aires; alrededor de 100 a 150 watts/m² en Tierra del Fuego; y de unos **100 watts/m²** en la Antártida. Los niveles de radiación UV directamente debajo del agujero de ozono **no alcanzan a los niveles promedio que se encuentran en Buenos Aires**».

Por su parte, la Licenciada Victoria Tafuri, del Observatorio Nacional de Villa Ortúzar en Buenos Aires, y que está a cargo de medir los niveles de ozono, fue a la Antártida en 1988 acompañando a la expedición NOZE de la NASA. A su regreso, declaró a la prensa en diciembre de 1988 que:

«El mal llamado agujero de ozono de la Antártida está circunscrito al continente Antártico y no hay razones científicas para presumir que pueda llegar al territorio argentino."...«La historia del Agujero de Ozono sólo beneficia a intereses corporativos e industriales. La falta de ozono no produce cáncer de la piel - como se ha repetido con persistencia - aunque el problema puede derivarse de una excesiva exposición al Sol, sin la protección de aquellos productos que hemos estado usando durante los últimos 30 años».

Más tarde explicó que ella realiza diarias observaciones y mediciones de los niveles de ozono sobre Buenos Aires, y declaró: **«No hemos observado ninguna variación en los niveles del ozono durante los últimos 25 años».**

¡Cálculos Sorprendentes!

Los científicos nos cuentan que el Sol produce unas 5.000 millones de moléculas de ozono por segundo, en todas las partes del mundo que esté alumbrando. Esto representa la friolera de **100 mil millones de toneladas de ozono por año**. Téngase en cuenta que esta cantidad tremenda es sólo **la que se crea cada año y no la que ya existe**, y que es infinitamente mayor.

Pues bien, como los CFC liberan anualmente **sólo 7.500 toneladas** de cloro, parece muy difícil que tan poco cloro pueda destruir cantidades tan siderales de ozono y, sobre todo, a una velocidad tan asombrosa. Haga la simple comparación: **7.500 vs. 100.000 millones**. Dado que esta comparación resulta un tanto dificultosa de «visualizar» (demasiados ceros), vamos a dividirlos por 1 millón:

$$7.500 / 1.000.000 = 0,0075 \text{ Toneladas}$$

o sea: **7,5 Kg. de cloro**

$$100.000.000.000 / 1.000.000 = 100.000 \text{ Ton, o 100 millones Kg. de ozono}$$

Si suponemos, como lo declaran los mismos ecologistas, que el cloro de los CFC puede destruir al 10% de esa cantidad de ozono, bien se puede ver que 7,5 kg. de cloro destruirán a 10 millones de kg. del ozono formado en un año. Para determinar la relación entre ozono/cloro, hagamos la división:

$$10.000.000 \text{ Kg} / 7,5 \text{ Kg} = 1.333.000 \text{ moléculas de ozono}$$

Esto significa que, por cada átomo de cloro existen **1.333.000 moléculas de ozono**. Como los ecologistas afirman que cada átomo de cloro puede destruir 100.000 moléculas de ozono, para determinar la cantidad de cloro que se requiere para destruir el 10% del ozono formado anualmente (o sea esas 10.000 millones de toneladas) debemos aplicar la famosa regla de tres simple:

**100.000 es a -----1
como 1,3 millones es a --- x**

$$\frac{1.333.333 \times 1}{100.000} = 13,33 \text{ átomos de Cloro}$$

Entonces, para encontrar la cantidad de cloro necesaria para destruir a las 10.000 millones de toneladas de ozono, debemos dividir **10.000 millones por 13,33**, cuyo resultado es **7.500 millones** de toneladas de cloro.

Como el peso atómico del Freón-11 es **137,5** y el cloro toma cuenta de **35,5** de ese peso, debemos multiplicar esas **7.500 millones** de toneladas de cloro por **3,87** (la relación peso Freón/cloro), para obtener la cantidad de Freón-11 necesaria para destruir las **10.000 millones de toneladas** de ozono que representan el 10% que los ecologistas dicen que se destruirán eventualmente.

$$7.500 \text{ millones Ton} \times 3,87 = 29.025.000.000 \text{ toneladas de Freón-11}$$

Analice muy cuidadosamente esta cifra: son más de **29.000 millones** de toneladas de CFC las necesarias para destruir **solamente al 10%** del ozono que el Sol forma **anualmente**. Si ahora suponemos que los CFC han aumentado la concentración de cloro en la atmósfera a una tasa de **7.500 toneladas anuales desde hace 42 años** (los años previos se pueden descartar por carecer de importancia), la cantidad total de cloro aportada por los CFC serían:

$$7.500 \text{ ton/año} \times 42 = 315.000 \text{ ton/cloro}$$

o también,

$$315.000 \times 3,87 = 1.219.050 \text{ ton/Freón-11}$$

Pues bien, estas **1.219.050 toneladas** de Freón-11 son mucho menos que las **29.025 millones** de toneladas requeridas para destruir al 10% del ozono que se forma **anualmente**, para no hablar de los **billones de toneladas** que **ya existen en la estratosfera** de la Tierra!

Para peor, esto sería "**sólo si**" el 100% de las moléculas de CFC fuesen elevadas hasta la parte más alta de la estratosfera, "**sólo si**" los átomos de cloro no fueran interceptados por los gases de interferencia que secuestran al cloro y lo envían a sumideros.

Hagamos nuestro último cálculo: ¿cuántos años llevaría, en estas condiciones, destruir **ese 10% del ozono que se forma anualmente?** (Siempre de acuerdo a la actual tasa de emisión de **7.500 toneladas anuales de cloro**).

Debemos restar a las **1.219.000 toneladas de CFC** (que supuestamente se habrían acumulado durante casi 50 años) de las **29.025 millones** de toneladas requeridas para destruir al 10% del ozono formado anualmente, y luego dividirlo por las **7.500 toneladas de CFC** que ingresan anualmente a la atmósfera. Veamos:

29.025 millones - 1.219 millones = 27.806 millones de Ton CFC

27.806 millones / 7.500 = 3.707.466 años

Estudie muy cuidadosamente a esta última cifra: **más de 3,7 millones de años!** Más aún: ¿cuánto se habrá incrementado la radiación UV después de 3,7 millones de años? **¿5%, 10%, 20%?** De acuerdo a los resultados de Martínez y Orlansky, una reducción del 50% de los niveles de ozono apenas si provocan un miserable 15% de aumento de la radiación UV, de modo que una disminución del 25% del ozono provocará apenas un 7,5% de aumento de la radiación UV, a *grosso modo*, el aumento de radiación que se produce **de una semana para la otra** durante la primavera de Buenos Aires. ¿No le parece que toda la alarma por el asunto de la Capa de Ozono no es otra cosa que una **gigantesca y malvada estupidez?**

Conclusiones

Se han presentado en este informe dos de las teorías para la formación del Agujero del Ozono de la Antártida: la **Teoría química** (que culpa a los CFC, como fuente de cloro, ignorando la infinitamente mayor cantidad de cloro aportada por los mares), y la **Teoría Dinámica**, de los vientos huracanados, el vórtice polar,

etc. No son las únicas, sin embargo, ya que existen otras que proponen como origen del fenómeno, o como fuerte colaborador, al campo magnético de la Tierra, (teoría que personalmente emití en 1989 en mis primeros artículos acerca del origen del Agujero, pero como complemento de las otras teorías dinámicas) propuesta por Tom Valentine en 1987, afirmándose en las observaciones de Faraday del efecto del magnetismo sobre los gases de moléculas paramagnéticas, como el oxígeno y, por ende, del ozono.

Otras teorías proponen como gran colaborador al Sol, al viento solar, al bombardeo de neutrones relativísticos de las manchas solares y su interacción con el campo magnético de la Tierra. Como el tema es muchísimo más amplio de lo que el común de la gente supone, se proporciona al final de este capítulo una lista de referencias para controlar la veracidad de lo expuesto aquí, o para continuar informándose sobre un tema que es realmente apasionante, y tremendamente importante por las implicancias sombrías que una prohibición de los CFC tienen para la Humanidad, y que se han comenzado a observar en países subdesarrollados donde la prohibición del fumigante bromuro de metilo –prohibido por el Protocolo de Montreal, hace que se pierdan grandes cantidades de granos cosechados por la invasión de hongos, insectos, gusanos, roedores y otras plagas.

Por ello es de fundamental importancia que se establezca y quede afirmada la verdad sobre el asunto: **los gases CFC no tienen absolutamente nada que ver** con una pasada, actual o futura disminución del ozono, sea éste de la estratosfera, o a ras del suelo, por la simple razón de que **no existe absolutamente ninguna reducción del ozono en la estratósfera de nuestro planeta que no se deba a causas naturales y estacionales.**

REFERENCIAS: _____

- 1) J.B. Kerr, y C.T. McElroy, 1993. "Evidence for Large Upward Trends of Ultraviolet-B Radiation Linked to Ozone Depletion," *Science*, vol. 262, (Nov. 12), p.1032.
- 2) P.J. Michaels, S.F. Singer, P.C. Knappenberger, 1994. "Analyzing Ultraviolet-B Radiation: Is There a Trend?," *Science*, vol. 264, p.1341.

Bibliografía consultada

- 1 Paul J. Crutzen et al. "Biomass Burning as a Source of Atmospheric Gases CO, H₂, N₂O, NO, CH₃Cl, and COS" **Nature**, (Nov. 15), pp.253-256.
- 2 A.C. Delaney, J.P. Sheldovsky, y A.N. Davis, 1974 "Stratospheric Aerosols: Contributions from the Troposphere", **Journal of Geophysical Research**, (Dec.20), vol. 79, No. 36, pp. 5646-5650
- 3 J.D. Devine, H. Sigurdsson, y A.N. Davis, 1985, "Estimates of Sulfur and Chlorine Yield to the Atmosphere From Volcanic Eruptions and Potential Climatic Effects", **Journal of Geophysical Research**, Vol. 89, No. B7, 6309- 6325)
- 4 Scott D. Doiron, Gregg J.S. Bluth, Charles C. Schnetzler, A. J. Krueger, y L. S. Walther, 1991. "Transport of Cerro Hudson SO₂ Clouds," **EOS** (Nov. 5), pp. 489-491.
- 5 E. Eriksson, 1959. "The Yearly Circulation of Chloride and Sulfur in Nature: Meteorological, Geochemical and Pedological Implications", **Tellus**, vol. 2 (July 25), pp. 375-403
- 6 Brian M. Goodman, 1984. "The Climatic Impact of Volcanic Activity." tesis para doctorado (Ph.D.), University of Wisconsin, Madison Wisc. EEUU.
- 7 David A. Johnston, 1980. "Volcanic Contribution of Chlorine to the Stratosphere: More Significant to Ozone Than Previously Estimated", **Science**, vol. 209 (July 25), pp. 491-493.
- 8 W.W. Kellog, et al., 1972. "The Sulfur Cycle." **Science**, Vol. 175 (Feb. 11), pp. 587-596
- 9 P.R. Kyle, K. Meeker y D. Finnegan, 1990. "Emission Rates of Sulfur Dioxide, Trace Gases and Metals From Mt. Erebus, Antarctica." **Geophysical Research Letters**, Vol 17 (Nov) pp. 2125-28.
- 10 B.G. Levi, 1988. "Ozone Depletion at the Poles: The Hole Story Emerges" **Physics Today**, vol. 41 (July), pp. 17-21.
- 11 William G. Mankin y M.T. Coffey, 1984. "Increases Stratospheric Hydrogen Chloride in El Chichón Cloud", **Science**, vol.226 (Oct. 12), pp. 170-172
- 12 R. Monastersky, 1991. "Pinatubo's Impact Spreads Around the Globe." **Science News** (Aug 31) p.132.
- 13 Nathaniel C. Nash, 1991. "Volcano Ash Is Smothering Vast Areas of Argentina." **The New York Times**, (Oct. 21)
- 14 Elmar R. Reiter, 1975. "Stratospheric-Tropo-spheric Exchange Processes." *Reviews of Geophysics and Space Physics*. Vol. 13, No. 4, pp. 459-474
- 15 Reinholt Reiter, 1983, "Modifications of the Stratospheric Ozone Profile After Acute Solar Events." *Weather and Climate Responses to Solar Variations*, ed. Billy M. McCormac. Boulder, Co. Colorado University Press.
- 16 W.I. Rose, R.I. Chuan y P.R. Kyle, 1985. "Rate of Sulfur Dioxide Emission from Erebus Volcano, Antarctica, December 1983." **Nature**, vol. 316 (Aug. 22), pp. 710-712.
- 17 R.B. Symonds, W.I. Rose y M.H. Reed, 1988. "Contribution of Cl and

- Fbearing Gases to the Atmosphere by Volcanoes.*" **Nature**, vol. 334 (Aug. 4), pp. 415-418
- 18 Anna Marie Wuosmaa y Lowell P. Hager, 1990. "*Methyl Chloride Transferase: A Carbocation Route for Biosynthesis of Halometabolites.*" **Science**, vol. 249 (July 13), pp.160- 162
 - 19 F. Sherwood Rowland, 1989. "*Chlorofluorocarbons and the Depletion of Stratospheric Ozone.*" **American Scientist**, vol. 77, No. 1-2, pp. 36-45.
 - 20 Fred Brockman et al., 1989. "*Isolation and Characterization of Quinoline-Degrading Bacteria from Sub-surface Sediments.*" **Applied & Environmental Microbiology**, vol. 55, No. 4, pp. 1029-32
 - 21 John L. Bullister, 1989. "*Chlorofluorocarbons as Time-Dependent Tracers in the Ocean.*" **Oceanography** (November) pp. 12-17
 - 22 P. Fabian, R. Borders, S.A. Penkett, et al. 1981. "*Halocarbons in the Stratosphere.*" **Nature**, (Dec. 24), pp. 733-735.
 - 23 P. Fabian, R. Borders, G. Gömer, et al. 1984. "*The Vertical Distribution of Halocarbons in the Stratosphere.*" Atmospheric Ozone, Publicación del Simposio Cuatrienal del Ozono, Sept. 1984 Eds. C.
 - 24 Zerefos y A. Ghazi. Dordrecht, Holanda: Reidel.
 - 25 Aslam Khalil y R.A. Rasmussen, 1989. "*The Potential of Soils as a Sink of Chlorofluorocarbons and Other Man-Made Chlorocarbons.*" **Geophysical Research Letters**, vol. 16, No. 7 (July), pp. 679-682
 - 26 Aslam Kahlil, R.A. Rasmussen, J.R.J. French, et al., 1990. "*The Influence of Termites on Atmospheric Trace Gases: CH₄, CO₂, CHCl₃, N₂O, CO, H₂ and Light Hidrocarbons,*" **Journal of Geophysical Research**, vol. 95 No. D4 (March 20), pp. 3619-3634.
 - 27 Aslam Kahlil, R.A. Rasmussen, M.Y. Wang, et al. "*Emissions of Trace gases from Chinese Rice Fields and Biogas Generators: CH₄, N₂O, CO, CO₂, Chlorocarbons and Hidrocarbons,*" **Chemosphere**, vol. 20, No. 1-2, pp. 207-226.
 - 28 Derek Lovely y Joan Woodward, 1990. "*Consumption of Freons F-11 and F-12 in Me-thaneProducing Aquatic Sediments.*" Publicación presentada en el encuentro de otoño de la American Geophysical Union, San Francisco, Calif., (Dic. 3-7)
 - 29 F. Sherwood Rowland y Mario Molina 1975. "*Clorofluoromethanes in the Environment,*" *Reviews of Geophysics and Space Physics*, vol. 13, No.1, pp. 1-35.
 - 30 Judith L. Sims, Joseph M. Suflita y Hugh H. Russel, 1991. "*Reductive Dehalogenation: A Subsurface Bioremediation Process,*" **Remediation**, vol. 1, No.1 pp. 75-93
 - 31 Peter Warneck, 1988. *Chemistry of the Natural Atmosphere*, vol. 41: International Geophysics Series. New York: Academic Press.
 - 32 V. Beral, H. Shaw, S. Evans y G. Milton, 1982. "*Malignant Melanoma and Exposure to Fluorescent Light ing at Work*", **Lancet**, (Aug. 7), pp. 290-93
 - 33 Council on Scientific Affairs, American Medical Association, 1989 "*Harmful Effects of Ultraviolet Radiation*", **Journal of the American Medical Association**, Vol. 262, No. 3, (July 21); pp.380-384

- 34 Geoffrey Cowley, 1991. "Can Sunshine Save Your Live? Vitamin D May Help Fight Colon and Breast Cancer." **Newsweek**, (Dec. 30), p.56.
- 35 Arne Dahlback, Thormod Henriksen, Søren H.H. Larsen, et al., 1989. "Biological UV-Doses and the Effect of an Ozone Layer Depletion," **Photochemistry & Photobiology**, Vol. 49, No. 5 (May); pp.621-625.
- 36 Cedric F. Garland, 1990. "Acid Haze Air Pollution and Breast and Colon Cancer Mortality in 20 Canadian Cities," **Canadian Journal of Public Health**, Vol. 80 (March-April), pp. 96-100.
- 37 Cedric F. Garland & Frank C. Garland, 1980, "Do Sunlight and Vitamin D Reduce the Likelihood of Colon Cancer?", **International Journal of Epidemiology**, Vol. 9, pp. 2227-231.
- 38 Cedric Garland, Richard B. Shekelle, Elizabeth Barret-Connor, et al., 1985. "Dietary Vitamin D and Calcium and Risk of Colorectal Cancer: a 19 year Prospective Study in Men", **The Lancet** (Feb. 9), pp. 307-309
- 39 Cedric Garland, George Comstock, Frank Garland, et al., 1989. "Serum 25-Hydrox in vitamin D and Colon Cancer: Eight Year Prospective Study", **The Lancet** (Nov. 18), pp. 1176-1178.
- 40 Frank Garland, Cedric Garland, and Jeffrey Young, 1990. "Geographical Variation in Breast Cancer Mortality rates and Solar Radiation in the United States". **Preventive Medicine** (December), pp. 614-622.
- 41 Fritz Hollwich, 1979. "The Influence of Ocular Light Perception on Metabolism in Man and in Animal." New York: Springer Verlag.
- 42 Jacob Liberman, 1990. *Light, Medicine of the Future*. Santa Fe, N.M.: Bear & Co.
- 43 Michael J. Lillyquist, 1985. *Sunlight and Health*, New York: Dod, Mead & Co.
- 44 W.F. Loomis, 1970. "Rickets," **Scientific American** (December), pp. 76-86
- 45 John Ott, 1973. *Health and Light*. Greenwich, Conn.: Devin-Adair
- 46 Stuart A. Penkett, 1989. "Ultraviolet Levels Down, Not Up", **Nature**, Vol. 341 (Sept. 28), pp. 283-284.
- 47 Joseph Scotto, Gerald Cotton, Frederick Urback, et al., 1988. "Biologically Effective Ultraviolet Radiation: Surface Measurements in the United States, 1974-1985." **Science** Vol. 239 (Feb. 12), pp.762-764.
- 48 Joseph Scotto, 1988. "Global Stratospheric Ozone and UVB Radiation," **Science**, Vol. 239 (Nov. 25), pp. 1111-1112

