

CONSEJO LATINOAMERICANO DE IGLESIAS, CLAI  
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, PNUMA

Programa "Ciudadanía Ambiental"



# ***10 CAPA DE OZONO***



"La destrucción de la capa de ozono es uno de los problemas ambientales más graves que debemos enfrentar hoy día. Podría ser responsable de millones de casos de cáncer de la piel a nivel mundial y perjudicar la producción agrícola."



---

**Segunda versión, junio de 2003**

“Manual de Ecología Básica y de Educación Ambiental” – 12 módulos

Mesa México-Suiza, 2003

---



**Mesa México-Suiza**

DM Echange et Mission

Lausanne, Suiza

[www.dmr.ch](http://www.dmr.ch)

[info@dmr.ch](mailto:info@dmr.ch)

**Composición y compilación:**

Vincent Dellsperger, DM Echange et Mission, Lausanne, Suiza

**Coordinación:**

Carlos Tamez

**Revisión:**

Pedro Robledo, Carlos Tamez

**Este manual no puede venderse o servir con fines de lucro  
Se puede copiar y distribuir si se cita la fuente  
Queda prohibida su venta**



**Impreso sobre papel 100% reciclado y sin cloro**

Si no te sirve más este manual, regálalo, reutiliza el papel o recíclalo

**Colección completa – 12 módulos**

- 
- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 1) Crisis ambiental | 7) Desechos                |
| 2) Salud ambiental  | 8) Aire                    |
| 3) Agua             | 9) Cambio climático        |
| 4) Biodiversidad    | 10) Capa de ozono          |
| 5) Bosques          | 11) Energía                |
| 6) Suelos           | 12) Promotores ambientales |
-



# Índice

<b>MÓDULO 10: CAPA DE OZONO .....</b>	<b>4</b>
1 PREÁMBULO.....	4
1.1 Situación actual global.....	4
1.2 Situación actual en América Latina.....	4
2 ¿QUE DEBEMOS SABER?.....	5
2.1 El ozono atmosférico.....	5
2.2 Destrucción de la capa de ozono.....	5
2.3 Efectos de la destrucción del ozono.....	8
2.4 Factores de destrucción del ozono.....	9
2.5 Plan de acción internacional.....	10
3 ¿QUE PODEMOS Y TENEMOS QUE HACER?.....	11
3.1 Respecto al ozono de alta altura.....	11
3.2 Respecto al ozono de nivel del suelo (ver módulo 8 - Aire).....	11
4 ¿QUÉ HEMOS APRENDIDO?.....	11
5 MAYORES INFORMACIONES.....	12
5.1 Enlaces.....	12
5.2 Sitios Internet de interés.....	12
6 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.....	13

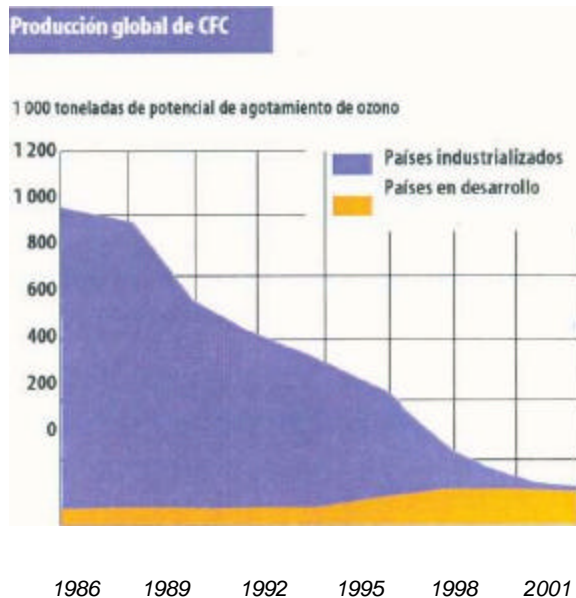


## MÓDULO 10: CAPA DE OZONO

### 1 PREÁMBULO

#### 1.1 Situación actual global

El consumo mundial de las sustancias agotadoras de ozono (SAO) más persistentes, los clorofluorocarbonos (CFC) disminuyó de 1.1 millón de toneladas en 1986 a 160,000 toneladas en 1996. Se espera que en el año 2050 la capa de ozono se recupere a niveles existentes antes de 1980. Sin la aplicación eficaz del Protocolo de Montreal sobre Substancias que Agotan la Capa de Ozono, los niveles de SAO serían cinco veces más elevados de lo que son actualmente y los niveles de radiación UV-B se habrían duplicado en las latitudes medias en el hemisferio norte.



Las emisiones de SAO llevarán a aumentos de la radiación UV-B que es probable que incrementen la frecuencia y la severidad de los efectos en la salud humana, especialmente en los ojos, el sistema inmunológico y la piel.

Por lo que se refiere al impacto total, hay evidencia de que el agotamiento del ozono interactúa con el cambio climático de varias maneras. Por ejemplo, la capa de ozono contribuye al mantenimiento del equilibrio térmico global y se considera actualmente que su agotamiento reduce el efecto de invernadero.

Por otra parte, una mayor exposición de la superficie de la Tierra a la radiación UV-B debida al agotamiento de la capa de ozono, podría alterar el ciclo de los gases de invernadero y acrecentar el calentamiento global. En particular, el crecimiento de la radiación UV-B podría suprimir la producción primaria de plantas terrestres y de plancton marino, reduciendo la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera que absorben [1].

#### 1.2 Situación actual en América Latina

A pesar del éxito obtenido en el control del agotamiento del ozono, un número importante de retos persiste. La producción de CFC en los países en desarrollo (Brasil, México y Venezuela en América Latina) se duplicó entre 1986 y 1996 y el consumo aumentó aproximadamente 10 por ciento. La elevada producción actual de CFC aumentará los niveles permitidos en los años próximos ya que los niveles de producción entre 1995 y 1997 se usarán para determinar el momento de la eliminación gradual de CFC en los países en desarrollo.



La producción cada vez mayor de otras sustancias que agotan el ozono como los halones, principalmente en los países en desarrollo, es un reto adicional para el control del agotamiento del ozono. Considerando que los halones pueden destruir hasta diez veces más ozono que los CFC, esta tendencia es particularmente alarmante.

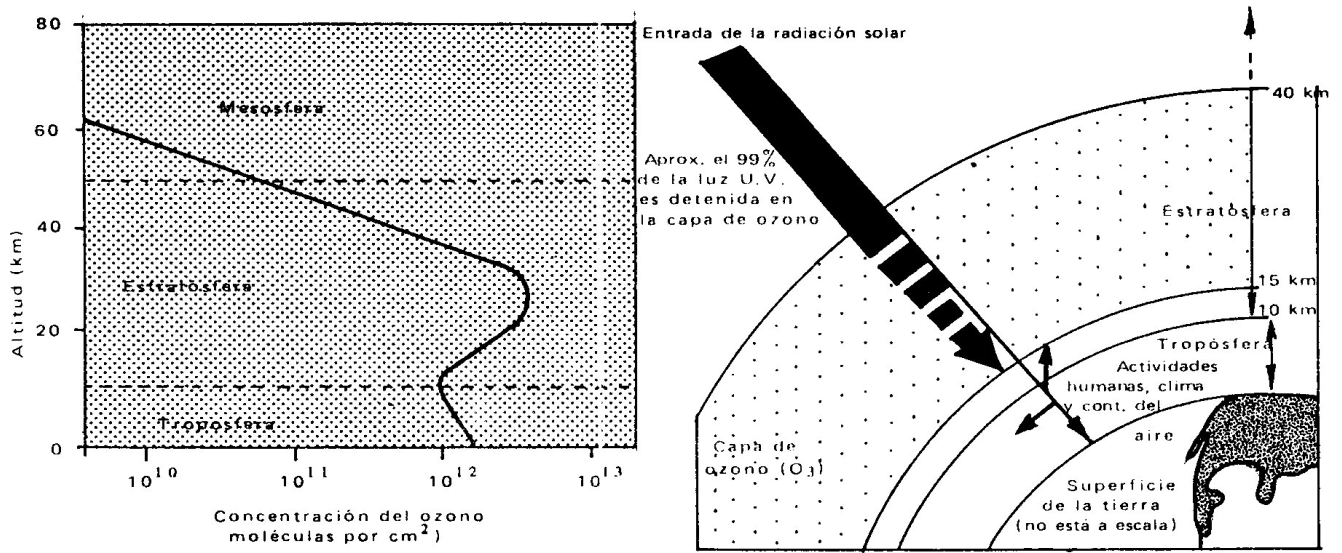
Además, un comercio ilegal cada vez mayor dificulta la eliminación de los CFC. El incentivo para el contrabando de CFC es muy grande, dado que todavía hay una demanda considerable en el mundo industrializado para equipos de refrigeración y enfriamiento. La importación ilegal de CFC vírgenes es más barata que la importación legal de CFC redados o nuevos de las limitadas reservas existentes. Las dimensiones del mercado negro global de CFC se calculan entre 20,000 y 30,000 toneladas al año [1].



## 2 ¿QUE DEBEMOS SABER?

### 2.1 El ozono atmosférico

El ozono (O<sub>3</sub>) es una forma del elemento oxígeno (O) que tiene tres átomos en cada molécula, en vez de dos como ocurre en las moléculas normales de oxígeno (O<sub>2</sub>). Se forma en la estratosfera por la acción de la radiación solar sobre las moléculas de oxígeno, mediante un proceso llamado fotólisis; que destruye las moléculas de O<sub>2</sub> para proveer el oxígeno atómico que, a su vez, combina con el oxígeno molecular para producir el ozono. El ozono se destruye naturalmente mediante una serie de ciclos catalíticos que involucran oxígeno, nitrógeno, cloro, bromo e hidrógeno.

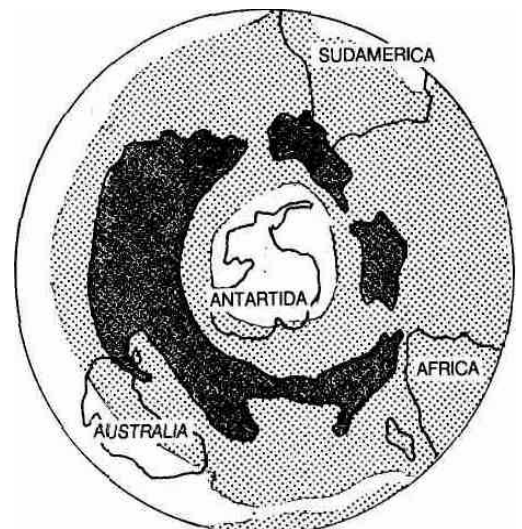


La estratosfera (10 a 50km de altura desde la superficie de la Tierra) contiene el 90% de todo el ozono existente en la atmósfera. Analizando verticalmente la atmósfera, la columna de ozono tendrá su máxima presión parcial en la estratosfera inferior a un nivel de 19 a 23km de altitud.

El ozono estratosférico se forma fundamentalmente por la radiación ultravioleta (UV). Las emisiones solares afectan al ritmo de formación del ozono. La energía del Sol liberada en las bandas UV del espectro, varía especialmente con el bien conocido ciclo solar un decenal. Las observaciones realizadas sobre varios ciclos solares desde el decenio de 1950, muestran que los niveles totales de ozono global disminuyen del 1 al 2% desde el máximo al mínimo de un ciclo solar típico. Los recientemente observados cambios de largo plazo en el ozono, son mucho mayores que esto. Por ello no pueden atribuirse a cambios en la actividad solar [4].

### 2.2 Destrucción de la capa de ozono

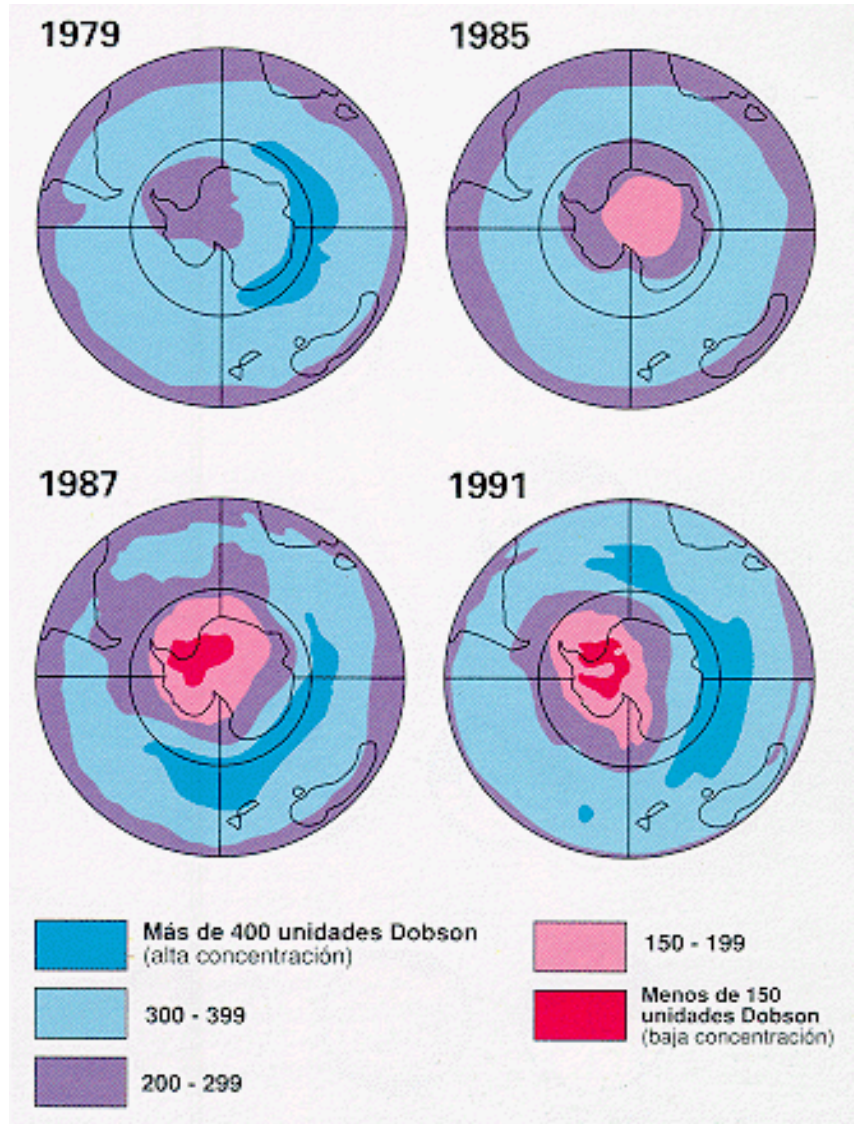
La pérdida de ozono es especialmente importante sobre el congelado continente Antártico porque el vórtice estratosférico circumpolar invernal impide el intercambio masivo de aire con las latitudes medias. Esto da lugar a muy bajas temperaturas (menores a -80°C) que favorecen la generación de nubes estratosféricas polares de partículas de hielo. Normalmente, el cloro y el bromo son "almacenados" en compuestos estables de depósito. Las partículas de hielo atraen el vapor de agua y absorben compuestos de nitrógeno, entonces caen con ellos a niveles inferiores de la atmósfera, deshidratando y desnitrificando el aire en la estratosfera. Con el regreso de la luz del sol, a principios de la primavera, estos compuestos de depósito se convierten en especies activas de bromo y cloro sobre la superficie de las nubes estratosféricas polares. Estas sustancias pueden romper las moléculas de ozono con una eficiencia asombrosa.





En octubre de 1987, las concentraciones de ozono sobre la Antártica cayeron a la mitad de su nivel normal (establecido entre 1957-1978), y el agujero se extendió sobre un área del tamaño de Europa. Desde entonces, la disminución se ha acelerado y los extremos alcanzados los últimos tres años incluyen:

- ? un valor bajo de ozono récord, de menos de 70% de deficiencia durante varios días
- ? el más grande agujero de ozono, siempre próximo a 24 millones de kilómetros cuadrados; y
- ? un déficit estacional de ozono total de más del 40% durante la primavera.



La destrucción de ozono es mayor en la más baja estratosfera. Durante la última parte de septiembre y octubre de los últimos tres años, el ozono en la Antártica fue prácticamente aniquilado entre los 13 y 20km de altura. La disminución del ozono durante la primavera, cuando la estratosfera antártica se aísla y está sumamente fría, es varias veces mayor a la disminución de ozono de la temporada estival.

El agujero de ozono se forma sólo sobre la Antártica, debido a la combinación única de condiciones de tiempo que favorecen las reacciones destructivas del ozono junto con la aparición de la luz solar en primavera.

Desde 1988, se han efectuado mediciones in extenso sobre la región polar ártica, incluyendo muchas desde aeronaves, globos y satélites especializados. Estas mediciones y otras, efectuadas desde el terreno, basadas en expediciones internacionales, revelaron que durante el período invierno-primavera, la estratosfera del Ártico tiene el mismo tipo de composición química perturbada, con concentraciones altas de bromo y compuestos de cloro destructivo, que ocasiona los problemas en la Antártica. Sin embargo, la destrucción de ozono sobre el Ártico

no es tan importante por dos razones: las temperaturas estratosféricas son raramente inferiores a  $-80^{\circ}\text{C}$  debido al intercambio frecuente de las masas de aire con las latitudes medias y, además, el vórtice Ártico normalmente se disipa cuando el invierno está ya avanzado, antes que la luz del sol pueda desencadenar la destrucción a gran escala de ozono.

Mientras quedaba demostrada la disminución del ozono polar, los científicos intensificaron sus investigaciones sobre la disminución de la capa de ozono a nivel global. Durante 1987-88, el Grupo internacional de estudio de las tendencias de ozono escudriñó las mediciones y estudios recientes hechos por satélites y por instrumentos de tierra ubicados alrededor del mundo. En el Informe de Ozono Na 18 de la OMM (1988) el veredicto fue:

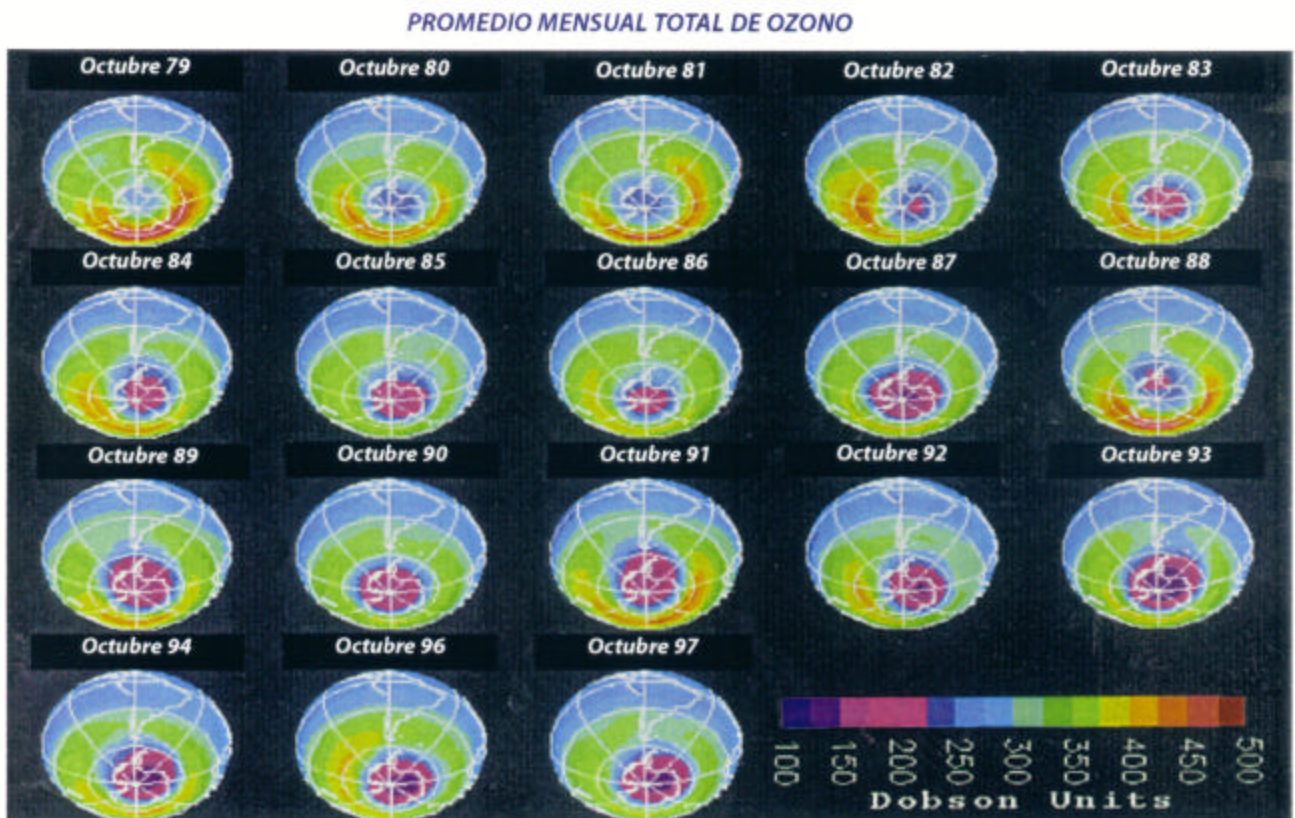
- ? La disminución de los niveles globales de ozono había ocurrido en varios porcentajes durante los recientes 17 años, esencialmente durante el periodo invierno-primavera, sobre las latitudes medias y polares;



- ? Los procesos naturales no podrían explicar la totalidad de la evidente pérdida de ozono cuya causa serían más bien los halocarbonos antropogénicos.

En el Informe sobre la Evaluación del Ozono publicado en 1991 las noticias fueron aún peores: los valores de ozono habían bajado significativamente no solamente en el periodo invierno-primavera, sino también durante el verano. La gente pasa mucho más tiempo al aire libre y la (UV-B es más alta durante el verano y, por consiguiente, la pérdida de ozono en esa época del año representa una amenaza mucho mayor a la salud humana.

La disminución continua del ozono total desde el decenio de 1970, es estadísticamente importante durante todo el año y en todas partes, excepto sobre el cinturón ecuatorial. Los datos cuya calidad ha sido controlada, entre los que figuran datos de satélites, muestran que la disminución acumulativa de ozono, sobre las latitudes medias y polares, está cerca del 10%. Tomando en cuenta la ya conocida variabilidad natural, la disminución en ambos hemisferios es especialmente fuerte durante el invierno y la primavera (más del 6 al 7% por decenio). Es la mitad que durante las estaciones de verano y otoño. Estudios detallados, muestran un aumento estadístico importante en el valor de disminución del ozono de aproximadamente 1.5 a 2.0% para el período 1981-1991, comparado con 1970-1980 [3] [4].



La imagen mostrada arriba representa concentraciones bajas de ozono cuantificadas en unidades Dobson. Las áreas con menos de 200 indican daños en la capa de ozono



### 2.3 Efectos de la destrucción del ozono

Aunque el ozono (Os) representa apenas una millonésima parte de la atmósfera terrestre, (se encuentra en equilibrio dinámico por medio de una serie muy compleja de reacciones químicas competitivas y mecanismos de transporte) cumple un papel fundamental en la regulación de la temperatura de nuestro medio ambiente. Absorbe los rayos ultravioleta componentes de la radiación solar, haciendo que la intensidad de éstos quede suficientemente menguada u opacada como para no perjudicar a los seres vivos que habitan la tierra. En otras palabras, la capa de ozono protege la vida en el planeta de los efectos perniciosos de los rayos ultravioleta, de ahí la importancia fundamental de no deteriorarla y de mantenerla sin alteraciones.

A medida que disminuye el ozono, la capa protectora de la tierra se va alterando y los rayos UV entran con más facilidad y mayor intensidad en las capas bajas de la atmósfera, lo que podría:

- ? Inicia y promueve el cáncer a la piel maligno y no maligno.
- ? El 90% de los cánceres de piel se atribuyen a los rayos UV-B y se supone que una disminución en la capa de ozono de un 1% podría incidir en aumentos de un 4 a un 6% de distintos tipos de cáncer de piel, aunque esto no está tan claro en el más maligno de todos: el melanoma, cuya relación con exposiciones cortas pero intensas a los rayos UV parece notoria, aunque poco comprendida y puede llegar a manifestarse hasta ¡20 años después de la sobre exposición al sol!
- ? Daña el sistema inmunológico, exponiendo a la persona a la acción de varias bacterias y virus.
- ? Provoca daño a los ojos, incluyendo cataratas.
- ? La exposición a dosis altas de rayos UV puede dañar los ojos, especialmente la córnea que absorbe muy fácil estas radiaciones. A veces se producen cegueras temporales y la exposición crónica se asocia con mayor facilidad de desarrollar cataratas.
- ? Hace más severas las quemaduras del sol y avejentan la piel.
  - o Aumenta el riesgo de dermatitis alérgica y tóxica.
  - o Activa ciertas enfermedades por bacterias y virus.
  - o Aumentan los costos de salud.
  - o Impacta principalmente a la población indígena.
  - o Reduce el rendimiento de las cosechas.
  - o Reduce el rendimiento de la industria pesquera.





- Daña materiales y equipamiento que están al aire libre [3].

**OJOS**

Se pueden desarrollar cataratas o nube. resultado visión borrosa y hasta ceguera

**PIEL**

Su exposición puede causar envejecimiento prematuro y varias formas de cáncer de la piel.

**SISTEMA INMUNOLOGICO**

Reducción en la respuesta inmunológica. Mayor susceptibilidad a las enfermedades.

**CULTIVOS**

Interferencia en la fotosíntesis pudiendo resultar un decremento en la producción.

**VIDA MARINA**

Los efectos de la radiación en el crecimiento del fitoplancton, se integra a la cadena alimenticia.

## 2.4 Factores de destrucción del ozono

Los principales factores que están modificando la capa de ozono de la estratosfera son:

- ? El uso de freones en los refrigeradores
- ? el uso de los atomizadores en aerosol (spray),
- ? los aviones supersónicos,
- ? los fertilizantes a base de nitrógeno y
- ? las explosiones nucleares [3].

### Clorofluorometanos y atomizadores

Los clorofluorometanos (freones), compuestos por cloro, flúor y metano que se usan como propelentes de aerosoles y como gases de enfriamiento en los refrigeradores, se descubrió que habían invadido la troposfera; como el freón es menos denso que el aire se eleva hacia la estratosfera, en donde se descompone por la luz UV con fuerte emisión de átomos de cloro libres

Un sólo átomo de cloro libre puede iniciar una extensa y compleja reacción en cadena que da como resultado la destrucción de millares de moléculas de ozono.

Diferentes investigaciones realizadas, ponen de relieve que los efectos de los gases, especialmente el freón y otros similares, harán sentir las primeras consecuencias serias a partir de los años noventa, si se siguen utilizando los spray como se ha hecho hasta ahora, pues el cloro podría asumir el control químico de la estratosfera con gravísimas consecuencias sobre los sistemas biológicos de la tierra [3].

### Reactores supersónicos

El ozono también está amenazado por los reactores supersónicos, a estos aviones que vuelan a la altura de la capa de ozono emiten en sus gases de escape óxidos de nitrógeno (NOx) que atacan al ozono. El óxido nítrico reacciona catalíticamente con el ozono y se regenera al final de la serie de reacciones.

Por cada kilo de combustible empleado por un Jumbo, se liberan 15gr de óxido nítrico, mientras que los supersónicos Concorde, producen unos 18gr por kg. Además, su escape contiene agua, CO<sub>2</sub> y materia pulverizada; se calcula que una flota de 500 aparatos supersónicos podrían aumentar en pocos años, el contenido de agua de la estratosfera en un 50%, lo que ocasionaría un aumento medio de la temperatura de la Tierra, de tal vez 0.2°C.

Esto podría destruir parte del ozono que la protege de la radiación UV. La materia pulverizada formaría entonces núcleos de cristales de hielo y aumentaría un poco el albedo estratosférico. Esto podría conducir a un enfriamiento de la temperatura, probablemente en una pequeña magnitud. Uno de los efectos visibles de esta



contaminación sería que el cielo se iría haciendo gradualmente más caliginoso y perdiera algo de su color azul. Por lo que no sabemos cual será el efecto neto del autotransporte supersónico [3].

### **Fertilizantes**

Los fertilizantes a base de nitrógeno constituyen otro de los posibles agentes modificadores de la capa de ozono, ya que liberan óxidos de nitrógeno que actúan en la estratosfera, con el riesgo de reducir seriamente la capa de ozono [3].

### **Explosiones nucleares**

Las explosiones nucleares también afectan a las capas de ozono de la estratosfera. Una guerra nuclear global podría reducir el ozono de un 20 a un 70%, con lo cual se acabaría la vida en el planeta, pues los que no hubieran muerto a causa de las explosiones y las radiaciones, lo harían como consecuencia de los efectos de los rayos UV emitidos por el sol [3].

## **2.5 Plan de acción internacional**

A través de los años, el interés continuado y el aumento de la información científica, condujeron a la progresiva aceptación internacional de la necesidad de adoptar medidas para proteger la capa de ozono. Los 21 artículos de la Convención de Viena comprometen a las Partes a proteger la salud humana y el medioambiente, de los efectos de la disminución del ozono. Dos anexos proveen a los Estados participantes las líneas de cooperación en la investigación atmosférica del ozono, observaciones, e intercambio de información y datos.

El Protocolo de Montreal que establece un hito sobre sustancias que agotan la capa de ozono, se adoptó en Montreal (septiembre de 1987). Este texto jurídico apelaba por la reducción del 50% de los CFC para el año 2000 (ver recuadro). El Protocolo contiene un exhaustivo catálogo para suspender la producción y el consumo, así como también medidas de control en la fabricación, exportación e importación de productos químicos que deterioran la capa de ozono. Las Partes al Protocolo también establecieron grupos de expertos sobre aspectos científicos, efectos ambientales y evaluaciones técnicas y económicas [4].



PROGRAMA DE ELIMINACIONES			
<b>1. PRODUCTOS QUÍMICOS COMPRENDIDOS EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL DE 1987</b>			
CFC (11, 12, 113, 114, 115)	Disminución respecto a los niveles de 1986 en:	20% 50%	al término de 1994 al término de 1999
<b>2. PROTOCOLO DE MONTREAL (ENMIENDA DE LONDRES – 1990)</b>			
CFC (13, 111, 112, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217)	Disminución respecto a los niveles de 1989 de:	20% 85% 100%	1993 1997 2000
Halones (1211, 1301, 2402)	Congelar en 1992 los niveles de 1986, luego disminución de:	50% 100%	1995 2000
Tetracloruro de carbono	Disminución respecto los niveles de 1989 de:	85% 100%	1995 2000
Metil Cloroformo	Congelar en 1993 Disminuir respecto a los niveles de 1989 de:	30% 70% 100%	1995 2000 2005
<b>3. REFUERZO ADICIONAL DEL PROTOCOLO DE MONTREAL (ENMIENDA DE COPENHAGUE – 1992)</b>			
CFC	Eliminación	100%	para finales de 1995
Halones	Eliminación	100%	para finales de 1993
Tetracloruro de Carbono	Eliminación	100%	para finales de 1995
Metil Cloroformo	Eliminación	100%	para finales de 1995
Bromuro de Metilo	Congelar a niveles de 1991		para finales de 1994
HCFC	Disminuir respecto a los niveles de 1989 de:	35% 90% 99.5%	para finales de 2004 para finales de 2014 para finales de 2019
	100%		para finales de 2029

### 3 ¿QUE PODEMOS Y TENEMOS QUE HACER?

#### 3.1 *Respecto al ozono de alta altura*

- ☒ Asegúrese de arreglar filtraciones en refrigeradores y sistemas de aire climatizado
- ☒ No consuma spray que no tengan un sello que garantice que no daña la capa de ozono.
- ☒ Protéjase debidamente de los rayos UV.
- ☒ Acerca de los spray también se pueden ocupar productos que funcionan con bombilla, los cuales no contienen químicos para propulsar el producto y por lo tanto son menos dañinos para nuestra atmósfera.



#### 3.2 *Respecto al ozono de nivel del suelo (ver módulo 8 - Aire)*

- ☒ Mantenga su automóvil en buen estado (revise los gases).
- ☒ Cuides que no se rebalse gasolina al llenar su tanque.
- ☒ Cuides que solventes y químicos estén bien sellados para evitar que se evaporen químicos volátiles a la atmósfera.

### 4 ¿QUÉ HEMOS APRENDIDO?












1. ¿Qué es la capa de ozono?



2. ¿Para que sirve la capa de ozono?
3. ¿Porque hablamos de la destrucción de la capa de ozono?
4. ¿Quiénes son responsables y porque?
5. ¿Cuáles serán los problemas a largo plazo?
6. ¿Cuáles serán los efectos sobre la salud humana?
7. ¿Cuáles serán los efectos sobre el clima y la agricultura?
8. ¿Qué ha hecho la comunidad internacional para enfrentar este problema?
9. ¿Qué podemos hacer para evitar la destrucción de la capa de ozono?
10. ¿Qué podemos hacer para protegernos de este fenómeno?

## 5 MAYORES INFORMACIONES

### 5.1 Enlaces

-  Ver módulo 2 – Salud ambiental
-  Ver módulo 3 - Agua
-  Ver módulo 4 - Biodiversidad
-  Ver módulo 5 - Bosques
-  Ver módulo 6 – Suelos
-  Ver módulo 7 – Desechos
-  Ver módulo 8 – Aire
-  Ver módulo 9 – Cambio climático
-  Ver módulo 10 – Capa de ozono
-  Ver módulo 11 – Energía
-  Ver módulo 12 – Promotores

### 5.2 Sitios Internet de interés



## 6 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

- [1] EL PNUMA en América Latina y el Caribe: Retos y Respuestas, PNUMA (programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México DF (México), 2000
- [2] Nuestro Futuro Común, Explicación al reporte Brundtland, Comisión mundial sobre el Medio Ambiente, Oxford University Press, Fundacion Friedrich Ebert, México DF (México)
- [3] Destrucción del Planeta y educación ambiental, Diodoro Granados Sanchez, Lourdes Perez Castañeda, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco (México), 1995
- [4] La Cambiante Capa de Ozono, Resumen D. Bojkov, Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1995
- [5] La Crise climatique, WWF, Gland (Suisse), 1997
- [6] Guía para comprender el Cambio Climático en Nicaragua, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), Programa Ambiental Nicaragua-Finlandia, Managua (nicaragua), Noviembre 1999