

Módulo 1

LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

Índice

**TEMA 1 - LA CAPA DE OZONO**

¿Qué es el ozono? .....	02
¿Qué es la capa de ozono? .....	02
¿Por qué es tan importante la capa de ozono? .....	02

**TEMA 2 – AGUJERO DE OZONO**

¿Qué es el agujero de ozono? .....	03
¿Cómo se destruye el ozono? .....	03
¿Qué efectos produce el agotamiento de la capa de ozono en la salud de los seres humanos y en el medio ambiente? .....	03

**TEMA 3 – SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO (SAO)**

¿Qué es una sustancia que agota la capa de ozono? .....	05
El agotamiento del ozono y el cambio climático .....	05
¿Cuáles son los usos más comunes de las SAO? .....	05
¿Cómo se liberan las SAO a la estratosfera? .....	07
¿Cuándo se va a recuperar la capa de ozono? .....	07

Los gráficos incluidos en el módulo poseen carácter ilustrativo al sólo efecto de su divulgación.

## Módulo 1

# LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

➔ [Tema 1](#) - [Tema 2](#) - [Tema 3](#)

## Tema 1

### LA CAPA DE OZONO

#### ¿Qué es el ozono?

El ozono es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno, cuya molécula es  $O_3$ . Las moléculas de oxígeno contenidas en el aire que respiramos están compuestas por dos átomos de oxígeno solamente ( $O_2$ ).

#### ¿Qué es la capa de ozono?

La capa de ozono es un término que se usa para describir la presencia de moléculas de ozono en la estratosfera. La capa se expande alrededor del globo completo de la Tierra como una burbuja y actúa como filtro de la radiación ultravioleta nociva (UV-B).

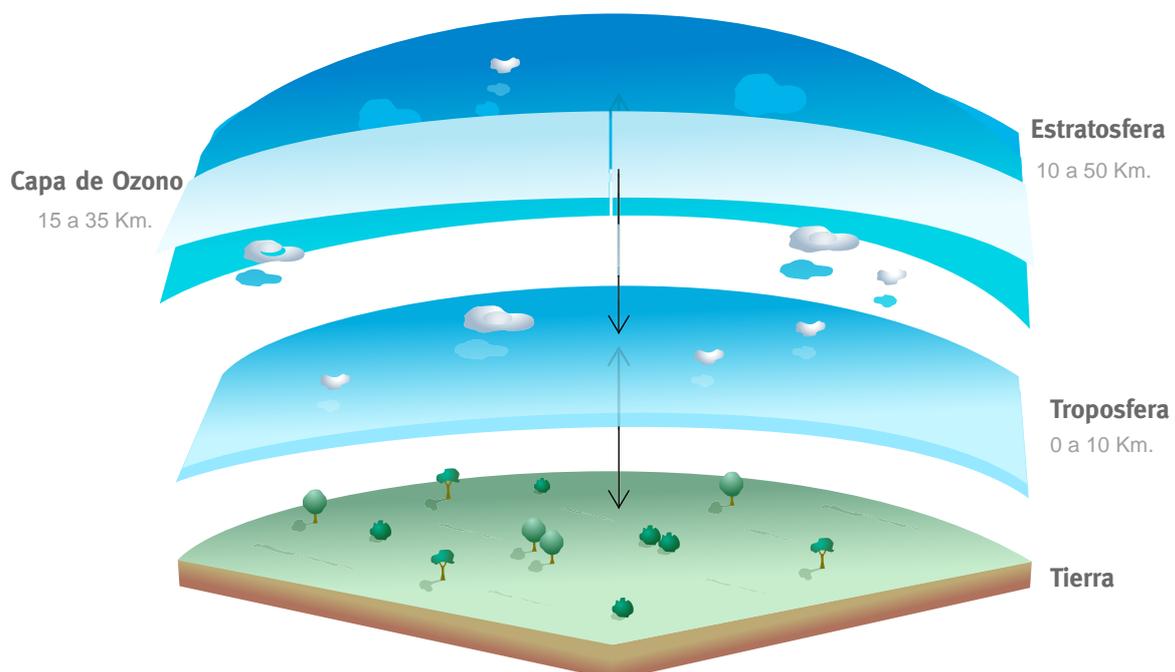
La estratosfera es aquella parte de la atmósfera que se encuentra a continuación de la troposfera. Comienza a una distancia comprendida entre 10 a 50 km. por encima de la superficie de la tierra.

#### ¿Por qué es tan importante la capa de ozono?

La capa de ozono es fundamental para la vida en la superficie del planeta. Actúa como filtro e impide que la radiación ultravioleta nociva (UV-B) llegue a la Tierra.

Los científicos clasifican la radiación UV en tres tipos o bandas: UV-A, UV-B y UV-C. La banda UV-C no llega a la superficie de la Tierra. La banda UV-B es filtrada parcialmente por la capa de ozono. La banda UV-A no es filtrada por la capa de ozono en absoluto. No obstante, la radiación UV-B es la responsable principal de los daños en la salud y de los impactos negativos en el medio ambiente.

La figura muestra las diferentes capas de la atmósfera terrestre y la ubicación de la capa de ozono.



## Módulo 1

## LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

➔ [Tema 1](#) - [Tema 2](#) - [Tema 3](#)

## Tema 2

## AGUJERO DE OZONO

**¿Qué es el agujero de ozono ?**

En los años 70 los científicos descubrieron que hay sustancias químicas que al ser liberadas agotan la capa de ozono. La concentración de ozono sobre la Antártida disminuyó entre los años 70 y 90 hasta en un 70% comparada con la concentración que normalmente se encuentra en la Antártida. Este fenómeno de gran escala se llama habitualmente agujero de ozono. Los científicos han observado concentraciones de ozono decrecientes sobre todo el globo.

Cuando el agotamiento de las moléculas de ozono es más rápido que la producción natural de nuevas moléculas para reemplazarlas, se produce lo que se conoce como déficit de ozono. **El agotamiento de la capa de ozono llevará a la reducción de su capacidad protectora y consecuentemente a una mayor exposición a la radiación UV-B.**

**¿Cómo se destruye el ozono?**

El equilibrio dinámico entre la creación y la descomposición de las moléculas de ozono depende de la temperatura, la presión, las condiciones energéticas y la concentración de las moléculas. El equilibrio se puede perturbar, por ejemplo, por reacción de las moléculas de sustancias que agotan la capa de ozono con las moléculas de ozono, produciendo la consecuente destrucción de estas últimas. Si este proceso de destrucción es rápido y la creación de nuevas moléculas de ozono es demasiado lenta como para reponer las moléculas de ozono destruidas, se perderá el equilibrio. Como resultado, disminuirá la concentración de las moléculas de ozono.

**¿Qué efectos produce el agotamiento de la capa de ozono en la salud de los seres humanos y en el medio ambiente?**

El incremento de la exposición a la radiación UV-B produce efectos sobre:

**Salud de los seres humanos**

- Supresión del sistema inmunológico por daño al ADN. Esto resulta en un aumento en la frecuencia y en el número de casos de enfermedades infecciosas.

- Cáncer de piel. Se sabe que la radiación UV-B produce cáncer de piel, tanto del tipo no melanoma (el menos peligroso) como melanoma virulento maligno cutáneo. El aumento de la radiación UV-B también daña los ojos, incluyendo cataratas, que en muchos países es una de las causas principales de ceguera.

**Plantas y Árboles**

- Reduce la calidad de la producción agrícola. El aumento de la radiación UV-B reduce la calidad de ciertos tipos de tomates, papas, remolachas dulces y soja.

- Daña los bosques. Las pruebas han mostrado que las semillas de las coníferas también se ven afectadas adversamente.

**Organismos Acuáticos**

- Afecta la red alimentaria acuática y marina. Daña el plancton, plantas acuáticas, larvas de peces, camarones y cangrejos.

- Daña la industria pesquera.

**Materiales**

- Pérdida de calidad en los materiales empleados en la edificación. Las pinturas, gomas, madera y plásticos pierden calidad por la radiación UV-B, particularmente los plásticos y las gomas que se usan a la intemperie.

- Daños severos en las regiones tropicales. Los efectos se ven aumentados por las altas temperaturas y por los altos niveles de luz solar. Estos daños podrían ascender a miles de millones de dólares por año.

Módulo 1

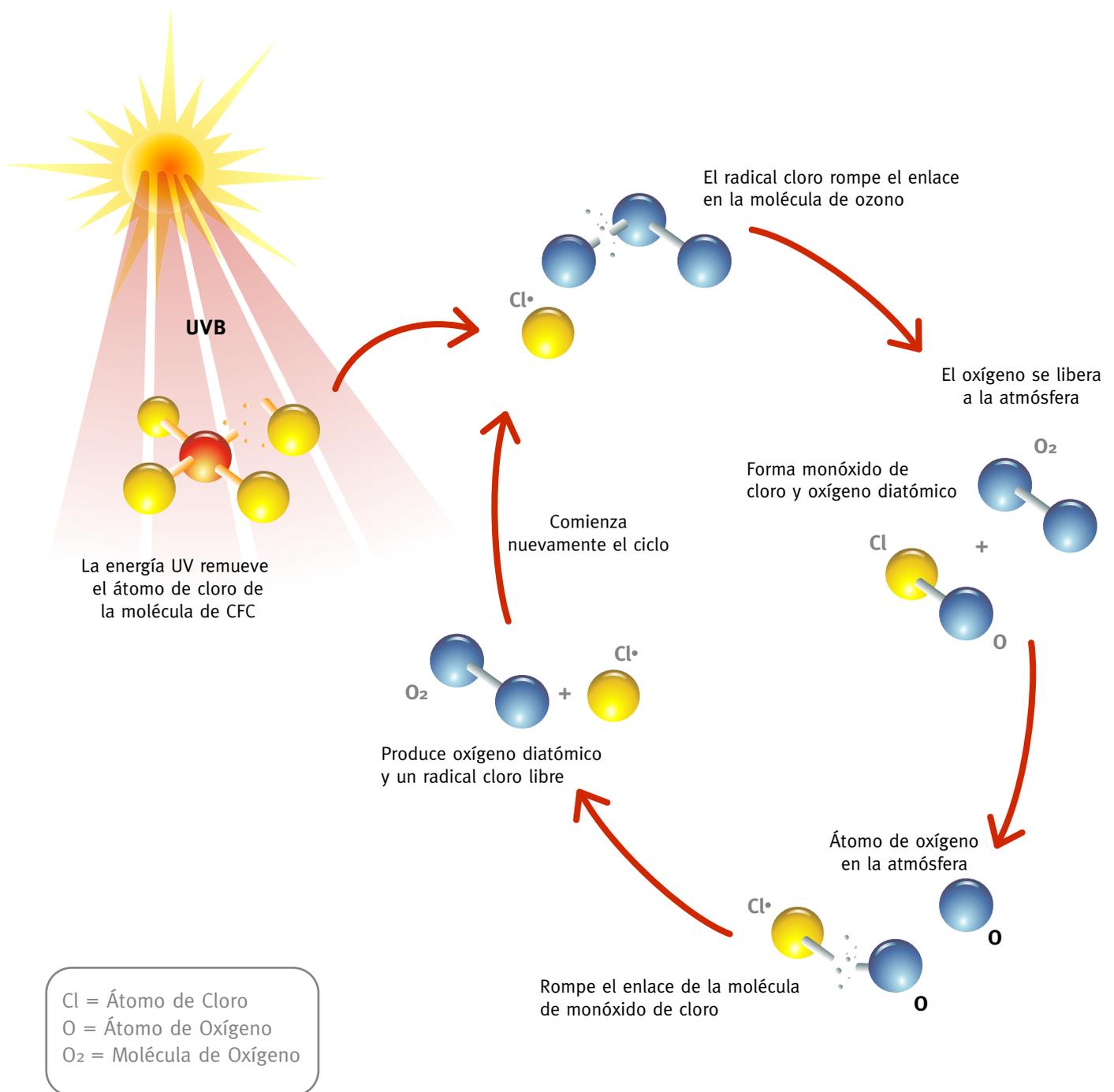
LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

➔ Tema 1 - Tema 2 - Tema 3

Tema 2

Dstrucción del ozono causada por los CFC

(el CFC es una de las sustancias que agotan la capa de ozono)



Módulo 1

LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

➔ Tema 1 - Tema 2 - Tema 3

Tema 3

SUSTANCIAS QUE AGOTAN LA CAPA DE OZONO (SAO)

¿Qué es una sustancia que agota la capa de ozono ?

Las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) son sustancias químicas que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera.

El poder destructivo de estas sustancias es enorme porque reaccionan con las moléculas de ozono en una reacción fotoquímica en cadena. Una vez destruida una molécula de ozono, la SAO está disponible para destruir otras más. La duración de la vida destructiva de una SAO puede extenderse entre los 100 y 400 años, dependiendo del tipo de SAO. Por consiguiente, una molécula de SAO puede destruir cientos de miles de moléculas de ozono.

En el marco del Protocolo de Montreal se identificó un número de **sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)** y se controla la producción y la utilización de las mismas.

Las SAO son básicamente hidrocarburos clorinados, fluorinados o brominados e incluyen:

- clorofluorocarbonos (CFC)
- hidroclofluorocarbonos (HCFC)
- halones
- hidrobromofluorocarbonos (HBFC)
- bromoclorometano
- metilcloroformo
- tetracloruro de carbono
- bromuro de metilo

La habilidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como potencial de agotamiento del ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1.

Algunos ejemplos de PAO:

Sustancias	Valor de PAO
CFC-12	1,0
Halon-1301	10,0
Tetracloruro de carbono	1,1
Metilcloroformo	0,1
HCFC-22	0,055
HBFC-22B1	0,74
Bromoclorometano	0,12
Bromuro de metilo	0,6

El agotamiento del ozono y el cambio climático

El calentamiento global de la atmósfera y cambio climático, es producido por la emisión de gases de efecto invernadero que atrapan el calor que sale de la Tierra, haciendo que la temperatura de la atmósfera aumente. Los gases de efecto invernadero incluyen: dióxido de carbono, metano, CFC, HCFC y halones. El potencial de calentamiento global de la atmósfera (PCG) es la contribución de cada uno de los gases de efecto invernadero en el calentamiento global de la atmósfera, relativa a la del dióxido de carbono cuyo PCG tiene por definición el valor 1. Normalmente se refiere a un intervalo de tiempo de 100 años (PCG 100).

Los impactos producidos por el cambio climático mundial pueden incluir un aumento en el nivel del mar, resultando en una pérdida valiosa de áreas costeras y en una mayor intrusión del agua de mar tierra adentro, así como efectos impredecibles en los ecosistemas y desastres naturales.

Algunas SAO son también gases de efecto invernadero. El agotamiento del ozono no es lo mismo que el cambio climático y el calentamiento global de la atmósfera. Son procesos relacionados pero obedecen a distintas causas.

¿Cuáles son los usos más comunes de las SAO?

Refrigerantes

En la mayoría de los países en desarrollo, el sector más grande que aún sigue empleando SAO es el de mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, donde los CFC y HCFC se utilizan como refrigerantes en los circuitos de enfriamiento. Las SAO se emplean como refrigerantes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en los de bombas de calor.

Los refrigerantes CFC se están reemplazando gradualmente por otras sustancias, que son menos nocivas para la capa de ozono, por ejemplo: refrigerantes HCFC (PAO y PCG>0), refrigerantes HFC (PAO=0 pero PCG>0) y refrigerantes hidrocarburos (PAO y PCG=0). Muchos refrigeradores domésticos emplean CFC-12. Los sistemas de refrigeración comercial que se usan para exhibir y almacenar alimentos frescos y congelados pueden utilizar como refrigerante: CFC-12, R-502 (mezcla de CFC-115 y HCFC-22) o HCFC-22. Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado que se emplean en los recipientes para el transporte en ruta y en ferrocarril y en los barcos de carga o de pasajeros pueden contener CFC-11, CFC-12, CFC-14, HCFC-22 o mezclas que contienen los CFC siguientes: R-500 (mezcla de CFC-12 y HFC-152a) y R-502 (mezcla de CFC-115 y HCFC-22).

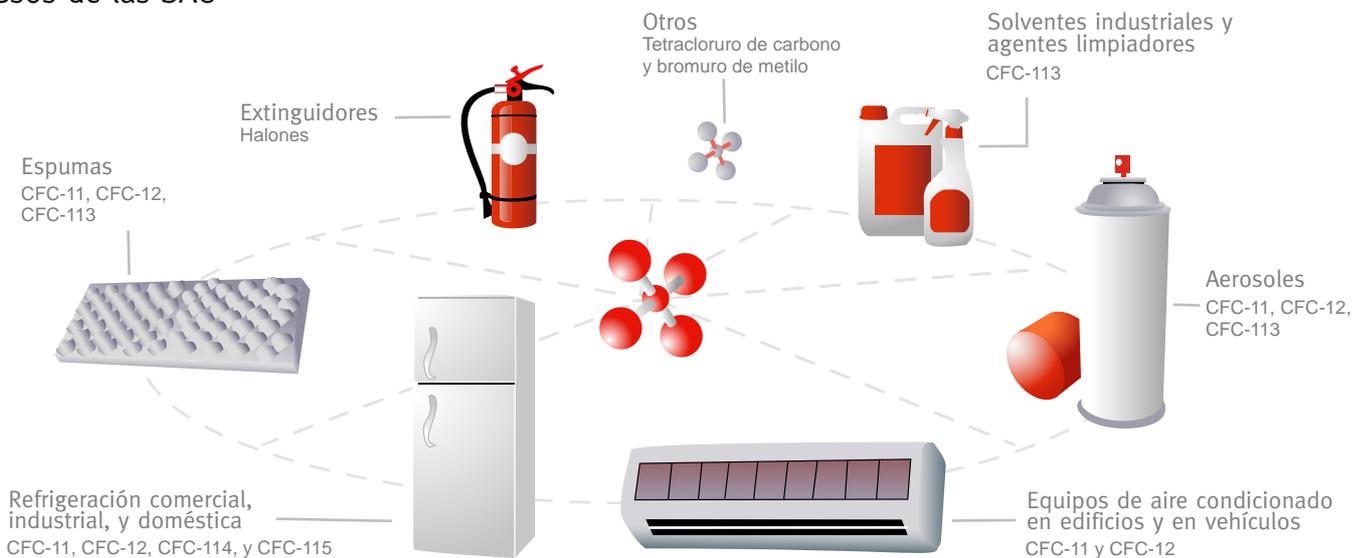
Módulo 1

LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

➔ Tema 1 - Tema 2 - Tema 3

Tema 3

Usos de las SAO



Los sistemas de aire acondicionado y de bombas de calor para edificios pueden contener grandes cantidades de HCFC-22, CFC-11, CFC-12 o CFC-114 como refrigerantes. La mayoría de los automóviles antiguos utilizan con frecuencia refrigerantes CFC para sus sistemas de aire acondicionado. Muchos de los refrigerantes utilizados para sustituir el CFC-12 están basados en mezclas que contienen HCFC.

Las SAO también se emplean como:

- **Agentes espumantes.** Con anterioridad a los controles regulatorios, el CFC-11 era el agente espumante más común en la fabricación de espumas de poliuretano, fenólicas, de poliestireno y poliolefinicas. Las espumas se emplean en una amplia variedad de productos y para el aislamiento. El CFC-11 se está reemplazando progresivamente con HCFC-141b o con sustancias alternativas que no agotan la capa de ozono.

- **Solventes de limpieza.** El CFC-113 se ha usado ampliamente como solvente de limpieza en los procesos de producción en los que se arman productos electrónicos, en la limpieza de precisión y en el desengrase general de metales durante la fabricación. También se emplea en la industria textil para la limpieza en seco y para la limpieza de manchas. Otros solventes que agotan la capa de ozono incluyen el metilcloroformo y el tetrachloruro de carbono.

- **Propulsores.** El CFC-11 y el CFC-12 fueron usados ampliamente como propulsores de aerosoles porque no son inflamables, no son explosivos y no tienen propiedades tóxicas. El CFC-14 se ha usado para distribuir productos que contienen alcohol. CFC-113 se ha usado y se usa en aerosoles destinados a la limpieza. Se pueden producir en forma altamente pura y son buenos solventes.

Los productos que vienen en aerosol incluyen lacas, desodorantes, espumas de afeitar, perfumes, insecticidas, limpiavidrios, limpiahornos, productos farmacéuticos, productos veterinarios, pinturas, gomas, lubricantes y aceites.

A mediados de los años 70, la utilización de propulsores CFC en productos en aerosol representaba el 60 por ciento de todo el CFC-11 y CFC-12 usado en el mundo. A finales de los años 70, los países comenzaron a prohibir o restringir la utilización de los CFC en los productos en aerosol.

- **Esterilizantes.** Las mezclas de CFC-12 y óxido de etileno se usan en la esterilización médica. El compuesto de CFC reduce la inflamabilidad y el riesgo de explosiones que presenta el óxido de etileno. La mezcla más común contiene 88 por ciento en peso de CFC-12 y se conoce comúnmente como 12/88. El óxido de etileno es particularmente útil para esterilizar objetos que son sensibles al calor y a la humedad, como por ejemplo catéteres y equipos médicos, que usan fibra óptica.

Módulo 1

LA CAPA DE OZONO Y LAS SAO

➔ Tema 1 - Tema 2 - Tema 3

Tema 3

• **Extintores de incendio.** Los halones y los HBFC fueron usados ampliamente como extintores de incendio y en la mayoría de los casos se los reemplaza por espumas o dióxido de carbono.

• **Fumigantes.** El bromuro de metilo ha sido y es usado extensamente como plaguicida para la fumigación del suelo con el propósito de proteger las cosechas y prevenir pestes. También se emplea en las aplicaciones exentas para cuarentena y preembarque, tal como veremos en el punto correspondiente a las exenciones para el uso y la producción de SAO.

• **Materias primas.** El HCFC y el tetracloruro de carbono se emplean comúnmente como materias primas en síntesis químicas. El tetracloruro de carbono se usa como agente de proceso para la producción de otros productos químicos. Las SAO que se usan como materias primas no suelen liberarse a la atmósfera y por ende no contribuyen al agotamiento de la capa de ozono.

El siguiente Cuadro muestra las principales SAO que se emplean en cada caso:

Refrigerantes	Refrigeradores domésticos, comerciales y para transporte; sistemas de aire acondicionado y bombas de calor; acondicionadores de aire para vehículos.
Agentes espumantes	Agente espumante CFC-11 para fabricar espumas de poliuretano, fenólicas, de poliestireno y poliolefinicas.
Solventes de limpieza	CFC-113, metilcloroformo, tetracloruro de carbono en producción de productos electrónicos, limpieza de precisión y desengrasado general de metales. También en la industria textil para limpieza en seco y para limpieza de manchas.
Propulsores	CFC-11, -12, -113, -114 para aerosoles tales como de desodorantes, espumas de afeitar, perfumes, limpiavidrios, lubricantes y aceites.
Esterilizantes	Mezclas de CFC-12 y óxido de etileno en esterilización médica.
Extintores de incendios	Halones y HBFC.
Fumigantes	Bromuro de metilo, plaguicida para la fumigación del suelo y en aplicaciones exceptuadas para cuarentena y previas al envío.
Materias primas	HCFC y tetracloruro de carbono se emplean como materias primas en síntesis química.

¿Cómo se liberan las SAO a la estratosfera?

Las SAO se liberan en la atmósfera de varias formas incluyendo las siguientes:

- uso tradicional de solventes de limpieza, pinturas, equipos para combatir el fuego y latas de aerosoles;
- despresurización y purga durante el mantenimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado;
- uso del bromuro de metilo en la fumigación del suelo y en las aplicaciones para cuarentena y preembarque;
- eliminación de productos y de equipos que contienen SAO, como por ejemplo espumas o refrigeradores; y
- circuitos de refrigeración que presentan fugas.

Una vez liberadas a la atmósfera las SAO se diluyen en el aire ambiental y pueden alcanzar la estratosfera mediante las corrientes de aire, los efectos termodinámicos y la difusión. Debido a su larga vida, la mayoría de las SAO alcanzarán la estratosfera en algún momento.

Debemos tener presente que lo que hoy se libera a la atmósfera se verá reflejado dentro de diez años. Por eso debemos comprometernos en el cuidado del medio ambiente, evitando y controlando el uso y la comercialización de las SAO.

¿Cuándo se va a recuperar la capa de ozono?

No existen previsiones exactas de cuándo se recuperará la capa de ozono. Los científicos presumen que la concentración de las moléculas de ozono en la estratosfera va a alcanzar niveles “normales” a mediados de este siglo, si todas las Partes en el Protocolo de Montreal y sus enmiendas cumplen con sus obligaciones de eliminación. Esto se debe parcialmente a la larga vida de las SAO y al tipo de reacción en cadena que destruye las moléculas de ozono.

Se anticipa que las incidencias de cáncer de piel y de cataratas van a demorar unos 20 a 50 años en disminuir hacia niveles “normales”, los cuales alcanzarán para finales de siglo. Independientemente del tipo de piel, los individuos se deberían aplicar una protección efectiva para la piel así como para los ojos para evitar daños en la salud. Esto es especialmente importante para los bebés y para los niños.

Es posible que los efectos del calentamiento global de la atmósfera vayan a retardar el proceso de recuperación de la capa de ozono. Por lo tanto, se debe prestar atención también a las emisiones de gases de efecto invernadero. Las investigaciones recientes sugieren que el hielo que se está derritiendo en la Antártida va a liberar cantidades significativas de SAO y de gases de efecto invernadero.