



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

Contaminantes Climáticos de Vida Corta

DIRECCIÓN GENERAL DE OBSERVATORIO
DE AMENAZAS Y RECURSOS NATURALES





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

Contaminantes Climáticos de Vida Corta

Contaminantes climáticos de Vida Corta

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
El Salvador, Centroamérica

Fernando Andrés López Larreynaga

Ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Jacqueline Yamileth Rivera Ayala

Directora General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales

Folleto educativo

Elaboración

Julia Carolina Monterrosa V.
Especialista en Calidad del Aire
Dirección General de Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales

Edición y diseño

Gerencia de Comunicaciones y Educación Ambiental

Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Kilómetro 5½ carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, San Salvador,
El Salvador, Centroamérica.

Teléfono: (503) 2132-6276

Sitio web: www.ambiente.gob.sv

Correo electrónico: medioambiente@ambiente.gob.sv

Youtube: [/medioambientesv](https://www.youtube.com/channel/UCv3v3v3v3v3v3v3v3v3v3v3)

Facebook: [MedioAmbienteSLV](https://www.facebook.com/MedioAmbienteSLV)

X: @MedioAmbienteSV

Instagram: @medioambientesv

Contenido

I. Atmósfera y contaminación	6
II. ¿Cuáles son los contaminantes de la atmósfera?	8
• Los Gases de Efecto Invernadero (GEI)	8
• Los contaminantes criterio del aire	9
• Los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC)	9
III. Los CCVC en la atmósfera	10
¿Cuáles son los principales CCVC?	11
• Carbono negro u hollín	11
• Metano (CH_4)	13
• Ozono (O_3)	15
• Hidrofluorocarbonos (HFC)	16
Períodos de vida y alcance de los CCVC	18
Si estos contaminantes tienen vida corta ¿por qué es importante reducirlos?	19
IV. Referencias bibliográficas	22



I. Atmósfera y contaminación

La contaminación atmosférica es provocada por la emisión, al aire, de grandes cantidades de gases y sustancias perjudiciales a la salud y al medio ambiente; generalmente por la concentración de la población en ciudades y zonas de desarrollo de actividades humanas que demandan -cada vez más- el consumo de energía y materiales para su transporte, cocción de alimentos, iluminación, calefacción o refrigeración, entre otros; afectando las condiciones climáticas, los ecosistemas, la salud y provocando muchas muertes prematuras a nivel global.

La atmósfera terrestre está formada por varias capas, como puede verse en la Figura 1, estas son: la Tropósfera, que es la capa más cercana a la superficie de la Tierra (hasta 10 km de altura sobre la superficie de la Tierra); la Estratósfera (10 a 30 km); la Mesósfera (30 a 50 km); la Termósfera (50 a 400 km); y la Exósfera (más allá de 400 km).

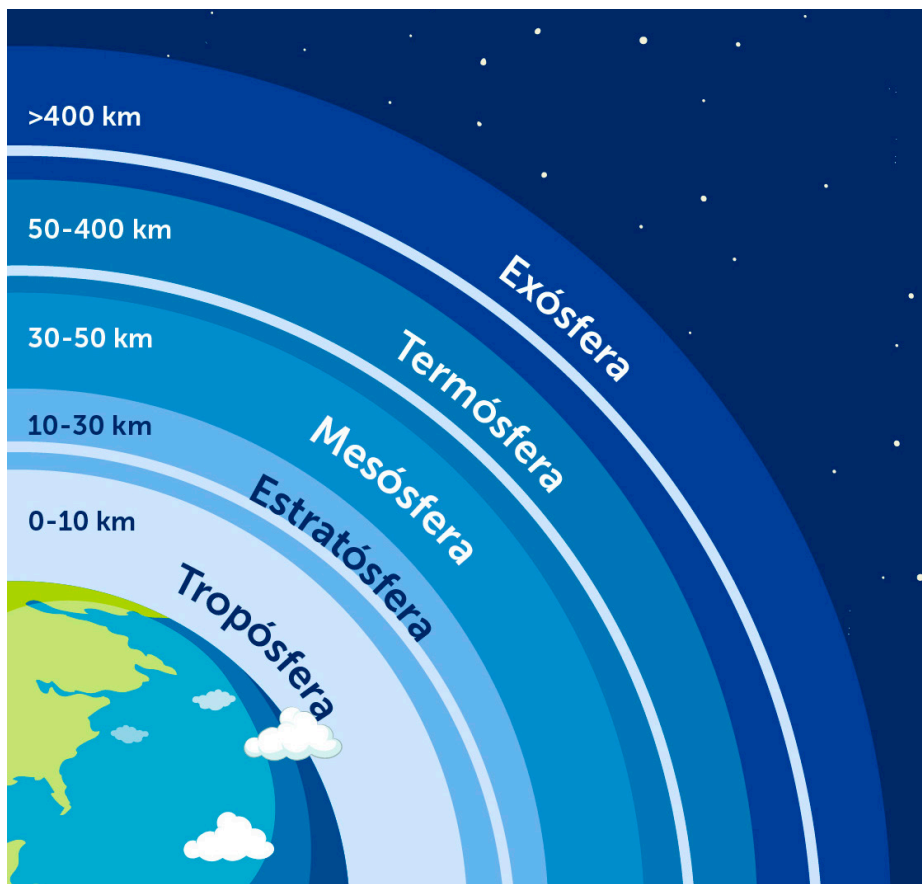


Figura 1. ilustración que muestra las capas que forman la atmósfera de la Tierra.
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente

La capa de Ozono se encuentra ubicada sobre la Tropósfera (como parte de la Estratósfera, a una altura entre los 15 a 50 km sobre la superficie de la Tierra), en esta zona es en la que se encuentra la mayor concentración de moléculas de Ozono (O_3). La principal función de esta capa es preservar la vida del planeta, haciendo las veces de escudo contra la radiación ultravioleta proveniente del sol (rayos UV).

La destrucción de la capa de Ozono se da cuando se altera el nivel de este presente en la atmósfera, generalmente por la acción humana a través de productos y procesos que liberan gases dañinos a la atmósfera, siendo una de las formas de contaminación atmosférica, a la vez que daña la salud; ya que los rayos solares que no son filtrados por la capa de Ozono, generan quemaduras y problemas visuales en el ser humano, así como la muerte de algunos organismos unicelulares.

En términos generales, la contaminación atmosférica se da principalmente en la Tropósfera, que es la capa más cercana a la superficie de la Tierra, y por lo tanto, la más afectada por las actividades humanas en cuanto a gases, sustancias y compuestos emitidos por diferentes fuentes; los cuales -al concentrarse- contribuyen al calentamiento del planeta, representando un peligro para los ecosistemas, la agricultura, la salud humana y la economía, debido a sus efectos nocivos.

¿En qué afecta la contaminación del aire a nuestra salud?

En función del tipo de contaminación atmosférica a la que el ser humano se exponga, puede tener diferentes problemas de salud, ya que pueden ser afectados múltiples órganos y funciones del cuerpo, desde afectaciones menores hasta enfermedades graves que pueden llevar a la muerte, entre ellas están: irritación de ojos y mucosas; fatiga, dolor de cabeza y ansiedad; alergias, enfermedades respiratorias; también, daños en el sistema nervioso central; daños a nivel cerebral; daños cardiovasculares; daños en el aparato reproductor; daños en hígado, bazo y otros órganos importantes.

Principales causas de la contaminación atmosférica

Entre los principales causantes de la contaminación atmosférica se encuentran las emisiones de gases dañinos generados por los vehículos de transporte, la quema de combustibles fósiles, las emisiones industriales y de procesos no controlados, la quema de bosques; el empleo de aerosoles y la radiación, los equipos de refrigeración no eficientes.



Figura 2. Diferentes actividades humanas de poblaciones concentradas en las ciudades, generan gases que contaminan la atmósfera.

II. ¿Cuáles son los contaminantes de la atmósfera?

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI)

A los gases que atrapan el calor en la atmósfera se les llama Gases de Efecto Invernadero (GEI) y tienen una larga duración en la atmósfera.

Los principales son Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO_2), Clorofluorocarbonos (CFC), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafluoruro de Azufre (SF_6), entre otros.

Principales GEI que contaminan la atmósfera

Dióxido de Carbono

Metano

Óxido Nitroso

Ozono Troposférico

Clorofluorocarbonos

Figura 3. Principales GEI que contaminan la atmósfera.

Las principales fuentes de emisión de los GEI son: el transporte por el uso de combustibles fósiles cuando la combustión no es completa; los procesos industriales en la fabricación de productos y generación de residuos; así como diferentes actividades agroindustriales, prácticas agrícolas, la deforestación y degradación de suelos, y el uso de productos químicos diversos. En la Figura 4 se muestran en forma esquemática.



Figura 4. Principales fuentes de generación de GEI.

Los contaminantes criterio del aire

Los contaminantes criterio del aire, son aquellos contaminantes regulados a los que se les ha establecido un límite máximo permisible de concentración en el aire ambiente; son sustancias que se liberan a la atmósfera en grandes cantidades provenientes de diversas fuentes. Estos contaminantes representan un peligro para la salud y para el medio ambiente. Entre ellos están los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Óxidos de Azufre (SO_x), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), Amoníaco (NH_3), Gases Orgánicos Totales (GOT), Gases Orgánicos Reactivos (GOR).

Los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC)

Estos contaminantes atmosféricos, llamados también forzadores climáticos de vida corta, son contaminantes altamente potentes; pero, su duración o permanencia en la atmósfera es relativamente corta.

III. Los CCVC en la atmósfera

Los CCVC son sustancias (gases y compuestos químicos) que alteran directamente el clima terrestre, teniendo un impacto después de ser emitidos a la atmósfera, con efectos negativos a la salud, la agricultura y los ecosistemas. Es de destacar que los CCVC de origen antropogénico contribuyen, de forma importante, al calentamiento del planeta.

Aunque estos contaminantes tienen una vida relativamente corta en la atmósfera, que va desde unos pocos días hasta unas cuantas décadas, se debe tomar en cuenta que si no son controlados, pueden llegar a ser los responsables de un significativo porcentaje de la contaminación climática mundial hacia el año 2050, lo cual alerta sobre la importancia de tomar medidas para reducir su presencia en la atmósfera y evitar su emisión en las próximas décadas; ya que al atenuarlos, se puede lograr reducir gran parte de la afectación al calentamiento global causado por las actividades humanas.

En la Figura 5 se esquematizan algunos beneficios al reducir la emisión de los Contaminantes Climáticos de Vida Corta.

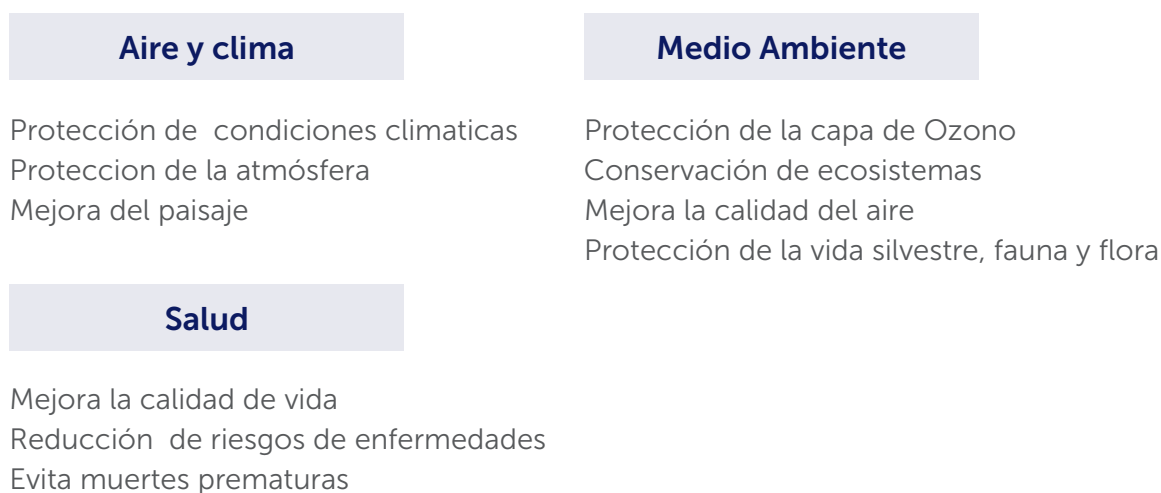


Figura 5. Beneficios de reducir las emisiones atmosféricas de los CCVC.

¿Cuáles son los principales CCVC?

Destacados como los que más afectan la calidad del aire y contribuyen al calentamiento global, son: el Carbono negro (BC), el Metano (CH_4), el Ozono troposférico (O_3) y los Hidrofluorocarbonos (HFC).

Carbono negro u hollín

El Carbono negro (BC por sus siglas en inglés), conocido también como hollín, es un peligroso contaminante del aire, un compuesto que contribuye -en gran medida- al calentamiento global; además, representa uno de los principales factores de contaminación atmosférica y de riesgo para la salud. Se forma a partir de la combustión incompleta de combustibles fósiles, así como también de la combustión incompleta de biomasa, siendo emitido a la atmósfera junto con otros contaminantes como producto de una mala combustión.

La proporción de Carbono negro y otros contaminantes varía dependiendo de la fuente emisora y el tipo de combustible. En un aire contaminado, el BC sumado a otros contaminantes conforman la mayor parte del material particulado $\text{PM}_{2.5}$ que se genera.

Las principales fuentes de emisión de Carbono negro son el transporte, algunos procesos industriales, la quema de biomasa en la cocción de alimentos y en la calefacción de hogares; también las pequeñas industrias artesanales, y otras pequeñas fuentes de generación como la combustión en plantas de generación eléctrica y calderas industriales; la quema de residuos sólidos a cielo abierto, la quema de residuos agrícolas, además de los incendios forestales.



Figura 6. Emisiones contaminantes generadas por combustión incompleta de los combustibles fósiles.

En el caso del transporte, los gases de escape de los vehículos que utilizan combustibles fósiles, especialmente combustible diésel, pueden llegar a representar hasta el 99% de las emisiones de Carbono negro de ese sector.

El Carbono negro u hollín es una pequeña partícula negra y el mayor componente del material particulado de espesor de 2.5 micrones (PM2.5), o aún partículas más pequeñas que permanecen suspendidas en la atmósfera como componente del humo o la neblina, siendo la principal causa ambiental de enfermedades y muertes prematuras ocasionadas por una mala calidad del aire; además, para el medio ambiente es un peligroso contaminante, ya que cuando las partículas de Carbono negro están suspendidas en la atmósfera, contribuyen al calentamiento global por la absorción de radiación solar entrante que convierten en calor. El Carbono negro es un contaminante local del aire, pero también puede ser transportado por los vientos a grandes distancias de su sitio de generación, afectando regiones lejanas del planeta.

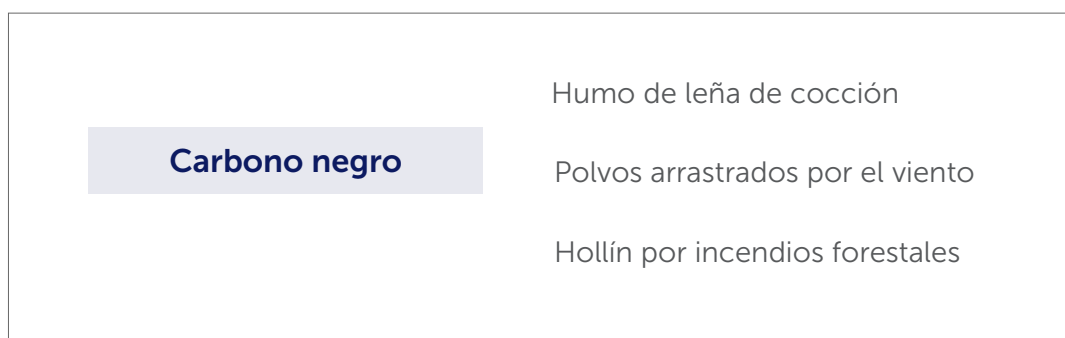


Figura 7. Carbono negro u hollín generado por diferentes fuentes.

El Carbono negro puede afectar directamente al medio ambiente, deteriorando la salud de los ecosistemas al depositarse sobre las hojas de las plantas incrementando su temperatura; al concentrarse en la atmósfera disminuyendo o atenuando la luz solar que llega al planeta o también modificando los patrones de lluvia, teniendo consecuencias graves para los ecosistemas, interrumpiendo o modificando los ciclos ambientales fundamentales para la agricultura, como ejemplo, la alteración del ciclo de los vientos monzones, con cambios drásticos en el clima de algunas regiones del mundo. Al depositarse sobre el hielo y la nieve, el Carbono negro los oscurece y hace menos reflectantes, lo que aumenta su capacidad de absorción de luz y calor, y provoca el deshielo; eso último es justamente lo que pasa en las regiones del Ártico y glaciares, así como en el Himalaya, particularmente sensibles a los efectos del Carbono negro.

Las partículas de Carbono negro también afectan la salud, provocando reacciones inflamatorias y otras afectaciones a los pulmones, al torrente sanguíneo, al corazón y al cerebro.

Metano (CH_4)

El Metano es un poderoso gas con un tiempo de vida media en la atmósfera, de poco más o menos 12 años.

Aproximadamente el 60% del Metano a nivel mundial es emitido por actividades humanas como las prácticas agropecuarias (especialmente la producción de arroz y las prácticas ganaderas), la producción y distribución de combustibles fósiles y el manejo de los residuos (tanto sólidos como aguas residuales). El restante 40% de las emisiones de Metano son de origen natural (como la combustión de la leña y el carbón), además del Metano generado en tierras húmedas, pantanos y otras fuentes naturales.



Figura 8. La práctica ganadera es una de las actividades humanas emisoras de metano.

Aunque la duración del Metano en la atmósfera es relativamente corta, es muy eficaz a la hora de atrapar el calor. A pesar de que existen procesos naturales en el suelo y reacciones químicas en la atmósfera que ayudan a eliminar el Metano en ella, el que se libera a la atmósfera -antes de quemarse- es perjudicial para el medio ambiente por su facilidad de atrapar el calor, contribuyendo de esa forma al calentamiento del planeta, la afectación del clima y al deterioro de la calidad del aire; ya que el Metano produce más energía calorífica y lumínica, por masa, que cualquier otro combustible fósil como el carbón o la gasolina refinada a partir del petróleo.

Las emisiones de Metano contribuyen significativamente a la formación de Ozono troposférico; la exposición crónica al Ozono favorece el asma y otras enfermedades respiratorias crónicas, y puede dañar el desarrollo pulmonar infantil.

El Metano, al quemarlo, emite Carbono negro -un componente del material particulado fino- que penetra fácilmente en el ser humano y afecta la salud provocando enfermedades cardiovasculares, respiratorias y pulmonares; altera la respuesta del sistema inmunológico, causando complicaciones pulmonares y cuadros de asma, incluso causa cáncer. Es uno de los contaminantes de mayor presencia en zonas urbanas y de alta concentración de poblaciones, afectando principalmente a los grupos más vulnerables como los infantes, las personas adultas mayores y las que tienen afectaciones crónicas respiratorias.

Ozono (O_3)

El Ozono es un gas que afecta de forma positiva o negativamente a los seres vivos, según la capa de la atmósfera donde se encuentre.

En las capas altas de la atmósfera, específicamente en la Estratósfera, el Ozono actúa como un filtro o escudo que protege al planeta del daño de la radiación solar ultravioleta, ayudando -de esta forma- a preservar la vida en el planeta, tal y como se explica en la parte I de este documento.



Figura 9. El Ozono estratosférico actúa como un filtro o escudo que protege al planeta de la radiación solar ultravioleta, pero en la tropósfera es un gas irritante que puede perjudicar la salud y el medio ambiente.

En la atmósfera baja (Tropósfera), el Ozono es un potente gas de efecto invernadero y un contaminante altamente dañino que tiene efectos adversos en la salud humana y de los ecosistemas. El Ozono troposférico es un gas irritante que reduce la capacidad de las plantas para absorber CO_2 , alterando con ello su crecimiento y variedad; daña la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y también la salud y productividad de los cultivos (por ello amenaza la seguridad alimentaria), pues el O_3 reduce la capacidad neta de captación de Carbono de los ecosistemas terrestres y disminuye su productividad.

El Ozono troposférico es conocido como un gas secundario porque en lugar de ser emitido directamente, se forma cuando los gases precursores se oxidan al entrar en contacto con la luz solar; algunos ejemplos de estos gases precursores son los Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes al Metano (COVNM) y los Óxidos de Nitrógeno (NOx). Se puede formar debido a las actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y también por fenómenos naturales o provocados como los incendios forestales.

Por ser un oxidante altamente reactivo provoca problemas de salud como irritación respiratoria (al afectar los pulmones), ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares; también daños a la vegetación, ya que interfiere en la fotosíntesis y la producción, afectando así la seguridad alimentaria.

Es el principal componente de la niebla tóxica fotoquímica urbana, que es altamente peligrosa para la salud de las personas, ya que al ser inhalado puede empeorar la bronquitis y los enfisemas, desencadenar asma y daños permanentes en el tejido pulmonar.

Hidrofluorocarbonos (HFC)

Los Hidrofluorocarbonos (HFC) son un grupo de poderosos GEI de origen antropogénico. La mayoría de los HFC se encuentran dentro de equipos para enfriar y refrigerar, como los aires acondicionados, refrigeradores domésticos y otros aparatos de refrigeración, por lo que las emisiones de HFC son el resultado del desgaste, mantenimiento defectuoso o fugas al final de la vida útil de estos equipos; así también se encuentran como parte de extintores de incendios, componentes de productos de uso doméstico e industrial como espumas, solventes y aerosoles.



Figura 10. Los Hidrofluorocarbonos (HFC) son un grupo de poderosos GEI de origen antropogénico, como espumas, solventes y aerosoles.

Muchos HFC son contaminantes climáticos muy potentes con una vida atmosférica promedio de 15 años. Aunque los HFC actualmente representan menos del 2% del total de los GEI existentes, su impacto en el calentamiento global puede ser de cientos a miles de veces mayor por unidad de masa, que el del Dióxido de Carbono (CO_2) que es el principal GEI.

Los HFC solo se han comercializado desde principios de la década de 1990 y su abundancia en la atmósfera es actualmente pequeña; sin embargo, se encuentran entre los gases de más rápido aumento a medida que acrecienta la demanda de equipos de refrigeración y aire acondicionado, particularmente en los países en desarrollo.

Los HFC se están acumulando en “bancos” o sitios de almacenamiento de equipos viejos, con el riesgo de seguir ingresando a la atmósfera a través de fugas, por lo que es imprescindible realizar una acción rápida para reemplazar su uso por tecnologías que limiten su deterioro y acumulación.

A continuación un esquema en el que se resumen algunas características de estos CCVC.

Carbono negro	Metano
Se encuentra en el material particulado	Gas de corta duración en la atmósfera.
Altera el clima al absorber radiación directamente de la atmósfera	Alto potencial de calentamiento
Ozono troposférico	HFCs
Se forma en la atmósfera por procesos fotoquímicos	Alta permanencia en la atmósfera
Emisiones de gases de los escapes de los vehículos y uso de solventes contribuyen a la formación de este contaminante	Es producto de actividades humanas
	Se forma por el uso de espumantes y productos aerosoles, y de mal uso y daños de equipos de refrigeración

Figura 11. Características de los principales CCVC.

Períodos de vida y alcance de los CCVC

Estos CCVC tienen diferentes tiempos de vida para permanecer en la atmósfera desde su emisión, tal como se detalla en la Figura 12. Además, su alcance en el planeta puede ser local si solo afecta la zona donde se generan; regional si afecta una región aledaña desde el punto de emisión, o global si logra tener una afectación en lugares muy lejanos del planeta, desde el punto donde fue generada la emisión a la atmósfera.

Carbono negro	Metano
Tiempo de vida en la atmósfera: pocos días a semanas	Tiempo de vida en la atmósfera: aprox 12 años aproximadamente
Alcance: local y regional	Alcance: global
Ozono troposférico	HFCs
Tiempo de vida en la atmósfera: varias semanas	Tiempo de vida en la atmósfera: aprox 15 años aproximadamente
Alcance: local y regional	Alcance: global

Figura 12. Permanencia en la atmósfera y alcance de los principales CCVC.

Si estos contaminantes tienen vida corta ¿por qué es importante reducirlos?

Si bien, estos contaminantes tienen poca permanencia en la atmósfera, son gases y sustancias de alta potencia de contaminación que perjudican la calidad del aire, los ecosistemas, el clima, la salud, la economía y la seguridad alimentaria.

Es importante establecer estrategias y planes para reducir lo más pronto posible los CCVC, para contribuir a respirar un aire más limpio, principalmente en las ciudades y zonas urbanas de gran concentración poblacional, contribuyendo así a reducir la contaminación atmosférica en espacios abiertos y cerrados, y mantener el suministro de alimentos y los medios de vida de las personas en centros poblacionales.

Si se toman medidas rápidas y generalizadas para reducir los CCVC de la atmósfera, se apuesta a la disminución de las emisiones dañinas a la atmósfera.

La reducción de los CCVC generará beneficios cuantiosos para el clima, el medio ambiente y la salud, además de contribuir a honrar los compromisos internacionales como el Acuerdo de París y dar cumplimiento a medidas dirigidas a evitar la generación de residuos, al aprovechamiento de los recursos basado en principios de la Economía Circular, a un desarrollo socioeconómico que ayude a cubrir las necesidades de las comunidades en condición de mayor vulnerabilidad y a realizar acciones coherentes con las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) que son compromisos de país.

La acción rápida e inmediata sobre los CCVC ofrece beneficios que incluyen:

- Mejorar la calidad del aire
- Reducir las vulnerabilidades de la salud humana
- Contribuir a reducir la temperatura global
- Evitar muertes prematuras cada año por contaminación atmosférica
- Evitar pérdidas de cultivos
- Mejorar la seguridad alimentaria
- Impulsar la productividad agrícola
- Fortalecer el desarrollo económico
- Fomentar la innovación tecnológica



IV. Referencias bibliográficas

- Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA). Infografía Cómo afecta el metano en nuestra salud. <https://aida-americas.org/es/infografia-como-afecta-el-metano-nuestra-salud>
- Banco Mundial. 2013. Artículo Reducción de Contaminantes climáticos de vida corta: Un beneficio para el desarrollo y el clima.
- Coalición Clima y Aire Limpio (CCAC), página web <https://www.ccacoalition.org/>
- Ecología Verde. 2022. Curiosidades de la Tierra y el Universo. Post Troposfera: Qué es? Características e importancia, por Josefina Bordino. <https://www.ecologiaverde.com/troposfera-que-es-caracteristicas-e-importancia-3712.html>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Forzantes Climáticos de Vida Corta. México
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. 2016. Artículo "Coalición Clima y Aire Limpio propone medidas para reducir contaminantes de corta vida que impactan en el cambio climático" <https://mma.gob.cl/coalicion-clima-y-aire-limpio-propone-medidas-para-reducir-contaminantes-de-corta-vida-que-impactan-en-el-cambio-climatico/>.
- Página web Concepto. <https://concepto.de/capa-de-ozono/>
- Terra Australis. 2020. Revista Geográfica de Chile. Vol.56 (2020) 14-21, ISSN: 0378-8482 – EISSN: 0719-9562. Short Life Climate Pollutants (CCVC). A vehicle for improving air quality and mitigating Climate Change. Chile.
- Velders G.J.M. et al. 2009. Artículos académicos.





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE

Contaminantes Climáticos de Vida Corta