

LOS CONTAMINANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA. UN VEHÍCULO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE Y MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

SHORT LIFE CLIMATE POLLUTANTS. A VEHICLE TO IMPROVE AIR QUALITY AND MITIGATE CLIMATE CHANGE

Sr. Daniel Oscar Lipp¹

RESUMEN

Este informe es un aporte para la agenda de cambio climático por su contribución a aminorar sus efectos sobre la salud humana y los ecosistemas. La propuesta del autor, si bien no la única, consiste en reducir los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), esencialmente ligados al creciente uso de distintas actividades. Esta expresión hace hincapié al corto tiempo de vida que suelen permanecer algunos contaminantes en la atmósfera a *contrario sensu* de otros que permanecen siglos en desaparecer. Se proponen algunas medidas de mitigación para estos contaminantes de vida breve que podrían ser desde luego ampliadas y perfeccionadas por quienes tienen el poder decisorio en estas cuestiones. El documento concluye con sugerencias sobre los próximos pasos que podrían darse en esta materia cuya preocupación es de toda la humanidad.

Palabras claves: Contaminantes climáticos de vida corta-Cambio climático- Calentamiento global-Gases de efecto invernadero-Contaminantes del aire-Coalición del clima y del aire limpio.

ABSTRACT

This report makes a significant contribution to the climate change agenda for its contribution to reducing its effects on human health and ecosystems. The author's proposal, although not the only one, consists of reducing short-lived climate pollutants (CCVC), essentially linked to the increasing use of different activities. This expression emphasizes the short lifetime that some pollutants tend to remain in the atmosphere *contrary sensu* of others that remain for centuries to disappear. Some mitigation measures are proposed for these short-lived pollutants that could certainly be expanded and refined by those with decision-making power on these issues. The document concludes with suggestions on the next steps that could be taken in this matter, which is the concern of all humanity.

Keywords: Short-lived climate pollutants - Climate change - Global warming - Greenhouse gases - air pollutants - Climate and clean air coalition.

¹ Presidente de GAEA Sociedad Argentina de Estudios Geográficos

INTRODUCCIÓN

El hombre a través de sus actividades y accionar desaprensivo ha incorporado a la atmósfera numerosas sustancias cuya contribución al calentamiento global es ya incuestionable. Se está cambiando drásticamente el clima de la Tierra en apenas algo más de un siglo que debemos descartar como posibles causas parámetros de la órbita terrestre o procesos geológicos y atribuirle al hombre una destacada actuación en este escenario.

Desde luego, de no mediar una reducción sustantiva de las emisiones de gases de efecto invernadero, esta catástrofe ecológica no tendrá precedentes.

El cambio climático constituye en la actualidad uno de los más grandes desafíos que deberá enfrentar la humanidad en las próximas décadas, de hecho, hay acertadas pruebas de las cuales algunas ya se pueden avizorar. Esto manifiesta la necesidad urgente de hacer frente a esta potencial fuente de catástrofes que atañen no sólo al medioambiente sino a la misma vida del hombre. Algunos países han tenido la firme intención de mitigar este evento adoptando compromisos basados en las emisiones de ciertos gases que, si bien alteran el balance de radiación una vez en la atmósfera, su vida es relativamente breve, entre unos días y unas pocas décadas, a diferencia del dióxido de carbono (CO_2), que permanece en la atmósfera durante siglos. Estos gases contribuyen fuertemente al cambio climático y también degradan la calidad del aire. Se le llaman contaminantes climáticos de vida corta, pues tienen una vida útil relativamente breve en la atmósfera, que va desde algunos días hasta alrededor de una década. Los más importantes son el carbono negro (CN), el metano (CH_4), el ozono troposférico (O_3) y los hidrofluorocarburos (HFCs) (Hoffman, 2016).

En cambio, el CO_2 , a diferencia de los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), su tiempo de desaparición de la atmósfera es muy prolongado. De hecho, durante los primeros cien años desde su emisión, sólo la mitad del CO_2 se elimina, permaneciendo una fracción significativa en la atmósfera por varios milenios. Las actuales concentraciones atmosféricas de (CO_2) y de (CH_4), exceden de un modo muy significativo los valores preindustriales y los ocurridos durante los últimos

650.000 años. Las muestras de hielo antártico pudieron corroborar este enorme lapso de tiempo. Los incrementos de estos gases desde 1750 se deben principalmente a las emisiones relacionadas con el uso de combustibles fósiles, la agricultura y el cambio en el uso del suelo. El CO_2 es el más preocupante en este sentido ya que su concentración se incrementó desde la era preindustrial desde un valor de 280 ppm hasta 379 ppm en el año 2005. En cambio, las concentraciones de CH_4 se incrementaron desde un valor de 715 ppb, de la era preindustrial, hasta un valor actual de 1774 ppb (Benavides et. al. 2007). Gran cantidad de las emisiones de metano están asociadas a las actividades agrícolas. Sólo con fines comparativos el CO_2 , de larga duración en la atmósfera, es el responsable de al menos la mitad del calentamiento global. En la Figura 1 se muestran las emisiones anuales en $\text{CO}_2\text{eq.}$, por países, de los principales gases de efecto invernadero, la mayoría de los cuales tienen una vida relativamente breve en la atmósfera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información básica con la que se contó para realizar este estudio se apoya en el análisis de los datos obtenidos por diferentes fuentes bibliográficas. Además, esta búsqueda nos proporcionó ordenar la información recopilada para el enfoque y tratamiento del estudio. El acceso a los sitios Web nos permitió verificar y cotejar información de los diversos organismos vinculados a la temática. Se consultaron también diversas fuentes de información secundaria y se elaboraron gráficos para la comunicación de los resultados obtenidos. Los pasos se corresponden a los del método científico, requisito insustituible para alcanzar el objetivo propuesto.

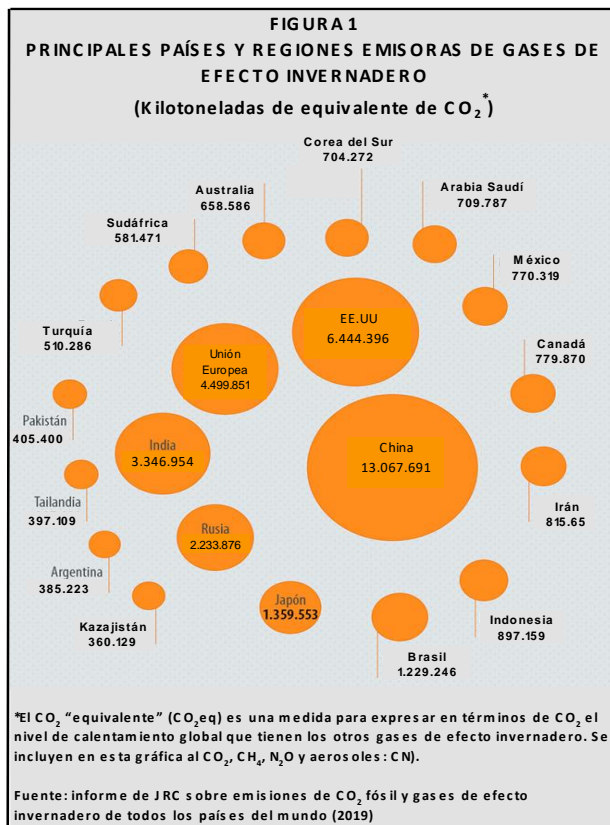
LOS CONTAMINANTES CLIMÁTICOS DE VIDA CORTA (CCVC)

El cambio climático, además de un tema científico urgente por resolver, se ha introducido en la conciencia popular desde comienzos de los años noventa. Mediciones sistemáticas durante décadas señalan que las concentraciones de gases llamados de invernadero (GEI) aumentan significativamente desde comienzos de la Era

Industrial, fines del siglo XVIII, como consecuencia del creciente uso de combustibles fósiles y la destrucción de las selvas tropicales. Esto dio lugar a un incremento de la temperatura de la Tierra y a un abanico de incertidumbres de cómo reaccionará la atmósfera ante tales vicisitudes. El llamado efecto invernadero es el responsable de las agradables temperaturas que se registran en la mayor parte de la superficie terrestre y que, de hecho, la hacen habitable.

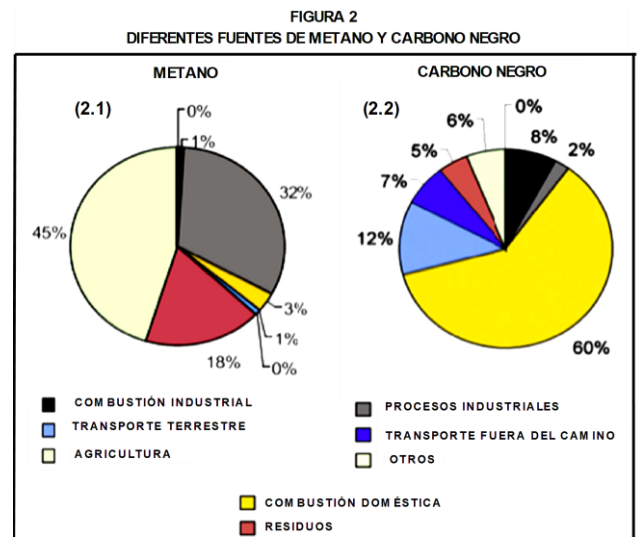
Sin embargo, las emisiones de CO₂, causantes de aquel efecto, tuvieron un crecimiento de tipo exponencial desde el comienzo de la era industrial,

y a las mismas debemos sumarles las causadas por la deforestación. Ello hizo y hará que la radiación saliente al espacio exterior sea menor y que desde luego la temperatura aumente. Sin embargo, además del CO₂, existen otros gases trazas que también contribuyen al calentamiento global: los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC). Uno de ellos, es el CH₄.



El CH₄ es un poderoso gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento veinte veces

mayor que el CO₂. Alrededor del 60% de las emisiones mundiales de CH₄ provienen de las actividades humanas. El CH₄ permanece en la atmósfera aproximadamente unos doce años. Las fuentes más importantes de CH₄ son la extracción y quema de petróleo y gas, los vertederos de basura, los cultivos de arroz y las minas de carbón. La ganadería y especialmente la industrializada son otra fuente importante de emisión de CH₄ (NOTICIAS ONU, 2019). Según Isaksen (ISAKSEN, *et. al.*, 2009) sus porcentajes de emisiones pueden observarse en la Figura 2.



Fuente: Isaksen., Granier, Myhre, *et al.* (2009)

Las represas hidroeléctricas, particularmente las construidas en zonas tropicales, también contribuyen significativamente a la generación de CH₄ debido a la descomposición de materia orgánica sumergida en los embalses. De hecho, hay más de 250 represas planeadas solo para la Amazonía. Según un estudio científico, el CH₄ de los embalses representa más del 4% del cambio climático atribuido al hombre.

De acuerdo con una reciente evaluación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), se espera que las emisiones antropogénicas de CH₄ aumenten un 25% para el año 2030 respecto de los niveles del 2005, impulsadas por el aumento de las minas de carbón, producción de petróleo y gas, desechos agrícolas y municipales (FAO, 2015). El incremento esperado sería aún mayor de considerarse las emisiones de CH₄ que las grandes represas generan en zonas tropicales.

Otra especie importante es el carbono negro (CN). La reducción del CN puede ser la forma más rápida de mitigar el calentamiento global. Está formado generalmente por agregados de partículas microscópicas de carbón rodeadas por compuestos orgánicos y pequeñas cantidades de sulfatos y nitratos. Se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles como el diésel y el combustóleo, así como por la quema de leña y otra biomasa. La Figura 2.2 representa los porcentajes emitidos de CN según Isaksen (*Idem*, 2009)).

Además, se lo considera el segundo mayor contribuyente al calentamiento global después del CO₂. El CN absorbe la luz solar directamente en la atmósfera, reduciendo el albedo de la nieve y el hielo a través de la deposición e interactuando con las nubes. Los distintos atributos climáticos del CN y de los gases de efecto invernadero (GEI) dificultan la interpretación con los parámetros de medición comúnmente usados para comparar sus impactos climáticos. Debido a que el CN se mantiene en la atmósfera por sólo algunas semanas, el reducir sus emisiones podría ser la forma más rápida de mitigar el cambio climático en el corto plazo. Asimismo, puede dar tiempo valioso a quienes elaboran las políticas para tratar el tema de emisiones de CO₂ en los plazos mediano y largo (Semarnat, 2015).

El ozono (O₃) también es un gas que contribuye al calentamiento global, y que a la vez afecta negativamente la salud. Desde ya debemos dejar sentado que nuestra preocupación aquí nada tiene que ver con el O₃ estratosférico que hoy parece estar en peligro, ni los procesos fotoquímicos que dan allí lugar a su formación. Importa la atención aquí al O₃ de superficie, o troposférico, en contacto con el suelo, y directamente vinculado a la contaminación urbana. El O₃ de superficie puede tener dos orígenes diferentes: un origen estratosférico debido al intercambio entre la troposfera y la estratosfera, y un origen fotoquímico a partir de precursores naturales y antropogénicos.

El transporte o intercambio estratosférico representa sólo una pequeña fracción del observado a nivel del suelo. En cambio, el de formación fotoquímica, formado cerca del suelo, representa la contribución más importante al O₃ troposférico. La formación de O₃ a nivel del suelo depende fundamentalmente de la intensidad de la radiación solar, encontrándose también otras

causales que han demostrado estar asociadas: las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs). Las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x= NO+NO₂) y de COVs dan lugar allí a una compleja serie de reacciones químicas que tienen como resultado la formación de O₃. El O₃ troposférico puede permanecer en la atmósfera desde algunos días hasta unas pocas semanas. En las capas bajas de la atmósfera aparece como resultado de las actividades humanas que generan monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Debido a su corto tiempo de vida, no alcanza una distribución uniforme en todo el globo (Stoker, et. al., 1981).

Los hidrofluorocarbonos (HFC) son también gases con un poderoso efecto invernadero, y se están incrementando aceleradamente en la atmósfera, ellos entraron al mercado en reemplazo de los clorofluorocarbonos y los hidroclorofluorocarbonos cuando la comercialización de éstos fue limitada por el Protocolo de Montreal.

Las emisiones de este contaminante comenzaron como respuesta a lo estipulado por el Protocolo de Montreal en 1989, el cual buscaba reducir las emisiones de clorofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos, que contribuían fuertemente a la destrucción de la capa de ozono.

El uso de los HFC se hace en sistemas de aire acondicionado, refrigeración y aerosoles, por lo que se trata exclusivamente de fuentes antropogénicas. Si bien el Protocolo de Montreal ha sido efectivo en reducir las emisiones de CFC y HCFC que dañan la capa de ozono, por el contrario, el efecto que ha tenido en el mayor uso de los HFC resulta preocupante por las razones antes vistas.

ESCENARIOS DE MITIGACIÓN

Los CCVC cubren una amplia gama de gases cuyas emisiones pueden ser tanto naturales como antropogénicas. Sin embargo, estas emisiones resultan muy inciertas, ya que dependerán de cuanto nos esforcemos en reducirlas. Por ello cuando se habla de cambio climático, se debe hacer referencia obligada a los escenarios de emisiones, esto es, a cuánto queremos reducir los CCVC para que tengamos un clima acorde con la vida. Debe subrayarse antes que estas emisiones, con excepción del CN, se incluyen en los llamados

GEI. El IPCC ha planteado cuatro escenarios diferentes asumiendo distintos niveles de esfuerzo de reducción de las emisiones de GEI a nivel global. En cada uno de estos escenarios se tendrían diferentes impactos del cambio climático. En un extremo se encuentran escenarios sin verdaderos esfuerzos de mitigación, esto es, escenarios que mantendrían el ritmo de las emisiones actuales y en el otro extremo corresponderían a escenarios con un mayor esfuerzo de mitigación (Figura 3).

FIGURA 3
ESCENARIOS DE MITIGACIÓN

LAS OPCIONES QUE ENFRENTAMOS HOY			
Se mantiene el ritmo de las emisiones actuales	Algo de mitigación	Fuerte mitigación	Mitigación agresiva
Las emisiones continúan incrementándose a tasas actuales. RCP8.5 La temperatura es probable que no exceda 4°C	Las emisiones crecen hasta el año 2080 y después caen. RCP6.0 La temperatura es probable que exceda 2°C	Las emisiones se estabilizan a la mitad de las emisiones de hoy en el 2080. RCP4.5 Lo más probable es que la temperatura no exceda 2°C	Las emisiones se reducen a la mitad para el 2050 RCP2.6 No es probable que la temperatura exceda 2°C

Fuente: University of Cambridge 2013

El Quinto Informe del IPCC denomina a estos escenarios de emisión con el nombre de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su forzamiento radiativo para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5 Wm⁻² (IPCC, 2013) (Figura 4). Esto se mide en Watts por metro cuadrado (Wm⁻²). Se estima que en el período comprendido entre 1750 y 2000, este forzamiento radiativo atribuido al aumento de los gases de efecto invernadero en su conjunto, ha alcanzado el valor de 2,43 Wm⁻², 1,46 Wm⁻² debido al CO₂; 0,48 Wm⁻² debido al CH₄; 0,34 Wm⁻² debido a los halocarbonos y 0,15 Wm⁻² debido al N₂O. Por otra parte se calcula que la cantidad total de O₃ en la troposfera ha aumentado en un 36 % desde el período previo a la industrialización a causa particularmente de las emisiones antropogénicas de diversos gases que forman O₃. Existen también otros gases que no tienen un efecto directo de forzamiento radiativo, pero influyen en la formación y destrucción del O₃, el cual tiene un efecto absorbente de la radiación terrestre. Estos gases son referidos como precursores del O₃ e incluyen al CO, los NOx y los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVNM). En cuanto al agotamiento observado en la capa de ozono estratosférico desde 1750 al año 2000 ha causado un forzamiento radiativo negativo de -0,15 Wm⁻² (IPCC, 2013) (Figura 5).

FIGURA 4
CONCENTRACIÓN DE CO₂ PARA LOS DISTINTOS ESCENARIOS DE EMISIÓN

	FR	Tendencia del FR	[CO ₂] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m ²	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m ²	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m ²	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m ²	creciente	936 ppm

Fuente: Tomado de la guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC.WGI. "Cambio Climático: Bases Físicas", 2013.

Hay una gran variedad de impactos que comenzarán a ser evidentes, de hecho, están ocurriendo ya, de seguir con estas emisiones cuya contribución al calentamiento global son sustantivas. Debemos subrayar sin embargo que dichos impactos si bien son comunes a los que se atribuyen al vertiginoso incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) no se debe olvidar que además de su responsabilidad como contribuyentes al cambio climático se suma los perjuicios que ocasionan en la salud. Por ejemplo, el CN y el O₃ troposférico son potentes contaminantes del aire con impactos perjudiciales en la salud pública. Estas sustancias son causantes de numerosas patologías respiratorias y muertes prematuras en todo el mundo. El CN puede afectar directa o indirectamente al sistema pulmonar y los bronquiolos e incrementar el riesgo de padecer infecciones respiratorias, contribuyendo a aumentar la tasa de muertes prematuras y de numerosas enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Evaluaciones recientes demuestran que la rápida implementación de medidas para reducir las emisiones de CN como la adopción generalizada de combustibles limpios, tienen el potencial de prevenir cada año a partir del 2030 más de dos millones de muertes prematuras por contaminación del aire.

En cuanto al O₃ sus impactos se asocian con enfermedades tales como la bronquitis, enfisema, asma y cicatrices permanentes en el tejido pulmonar. Se estima que el O₃ es responsable cada año de alrededor de 150 mil muertes prematuras en el mundo. Los niños, los adultos mayores y las personas con enfermedades en los pulmones o cardiovasculares, se encuentran en mayor riesgo de sufrir efectos adversos en su salud (CCAC, 2015).

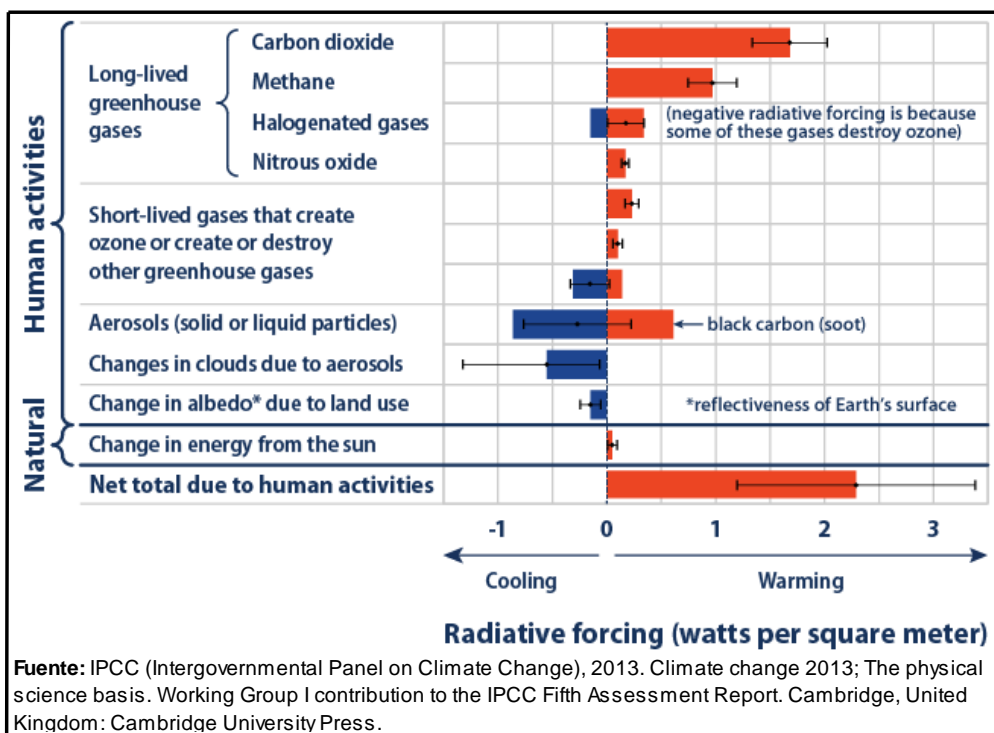
Los CCVC también están dañando los ecosistemas. El ozono puede ser transportado por los vientos dominantes desde su origen en las zonas industriales hasta zonas rurales, que pueden distar cientos de kilómetros de los focos de emisión, y contribuir a las disminuciones en el crecimiento, productividad y calidad del material vegetal y el rendimiento de los cultivos. Las concentraciones ambientales de O₃, afectan de manera particular al aparato fotosintético, incluso antes de que se manifiesten los síntomas visibles. Las evidencias fisiológicas del daño por O₃ se traducen en una reducción en la absorción del CO₂ asociado a una disminución de la conductividad estomática y de la

capacidad de fijar CO₂ por las células del mesófilo foliar (Ciompi et al., 1997). Actualmente, las pérdidas relativas al rendimiento de cosechas por la exposición al O₃ troposférico se observan en el trigo, la soya, el arroz y el maíz (HARMENS H. et al. 2011). Al reducirse la calidad de las cosechas también se afecta desde luego la seguridad alimentaria. Se ha demostrado que la exposición prolongada al O₃ troposférico disminuye los carbohidratos y aumenta las concentraciones de proteína en el trigo y la papa. También puede disminuir el valor nutricional de las plantas forrajeras; lo que podría dar lugar a una menor producción de leche y carne, afectándose con ello a algunas de las poblaciones más vulnerables del mundo.

MEDIDAS CONDUCTENTES A MITIGAR LOS CCVC

Es evidente que cualquier intento en mitigar seriamente el cambio climático no se hará sin la reducción de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), en especial una sustancial reducción del CO₂, cuyo tiempo de desaparición de la atmósfera es de entre 100 y 150 años y del N₂O con una vida media de 120 años (IPCC, 1997). Este tiempo de vida es el que les otorga a ambos una implicancia internacional pues se distribuyen prácticamente por todo el globo.

FIGURA 5
Forzamiento radiativo causado por actividades humanas desde 1750-2011



Sin embargo, existen evidencias concluyentes que una marcada reducción de los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), cuya desaparición en la atmósfera es relativamente breve, contribuiría enormemente a las posibilidades de mantener el aumento de temperatura de la Tierra en menos de 2° C, con respecto a los niveles previos a la industrialización.

La Coalición del Clima y del Aire Limpio (CCAC, por sus siglas en inglés) considera que, si se toman medidas rápidas y generalizadas para reducir estos tóxicos, es probable que puedan bajarse las emisiones de CH₄ en 25% y CN en 75%, y eliminar los hidrofluorocarbonos de alto potencial de calentamiento global por completo en los próximos 25 años.

La Coalición del Clima y Aire Limpio es el único esfuerzo global que une a las organizaciones de gobierno, la sociedad civil y el sector privado comprometidas a mejorar la calidad del aire y proteger el clima en las próximas décadas a través de la reducción de los contaminantes climáticos de vida corta. La misma fue originada inicialmente por el PNUMA y los gobiernos de Bangladesh, Canadá, Ghana, México, Suecia y Estados Unidos. Actualmente la integran más de 60 miembros. En América Latina, son parte de la Coalición Chile, Colombia, Paraguay, Perú, Uruguay y República Dominicana. Todos los socios de la Coalición reconocen que su trabajo es complementario a los esfuerzos globales para reducir el CO₂, en particular bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Su accionar se basa en medidas de rápida implementación que daría beneficios a corto plazo: (1) reducir las emisiones de carbono negro de motores y vehículos diésel, (2) mitigar el carbono negro y otros contaminantes en la producción de ladrillos, (3) reducir los CCVC del sector de residuos sólidos municipales, (4) promover tecnología y estándares alternativos a los HFCs, (5) acelerar la reducción de emisiones de CH₄ y CN de la producción de petróleo y gas natural, (6) abordar los CCVC en la agricultura y (7) reducir los CCVC de cocinas y sistemas de calefacción domiciliarios. Las iniciativas restantes tratan de esfuerzos transversales para reducir las emisiones de los CCVC: (8) abordar el financiamiento de la mitigación de los CCVC, (9) apoyar a los distintos países en la planificación de acciones para reducir los CCVC y (10) llevar a cabo evaluaciones regionales de los CCVC (CCAC, 2015).

La Coalición ha contribuido al logro de ciertos avances para mitigar las emisiones de los CCVC en sus países socios. Chile incluyó la mitigación de los CCVC como parte de sus Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (INDC por sus siglas en inglés) Para cumplir con dicho compromiso, un próximo paso sería incluir a los CCVC entre los contaminantes a controlar por el sistema de monitoreo de calidad del aire, que en términos generales ha sido competente para mantener informada a la ciudadanía del aire que respira. Colombia es país socio de esta Coalición a partir de 2012 y desde entonces tiene una participación activa con la que ha logrado desplegar diferentes iniciativas. Por ejemplo, actualmente, se lleva a cabo una campaña de medición de CN en

chimeneas de industrias ladrilleras. Con estas mediciones se espera obtener factores de emisión para las diferentes tecnologías de hornos, validar los proyectos de reconversión tecnológica y continuar la cooperación para seguir promoviendo la transformación tecnológica y formalización del sector.

CONCLUSIONES

Nuestros conocimientos actuales sobre el clima del futuro son totalmente inciertos, por lo que debemos ser precavidos. En primer lugar, porque la tasa de emisión de gases invernadero en el futuro se desconoce en absoluto ya que dependerá de los comportamientos humanos que definirán las elecciones que la sociedad realice en materia de utilización de combustibles fósiles. Teniendo en cuenta esto, en vez de una única estimación acerca de la tasa de emisión de gases invernadero, se ha propuesto un conjunto de hipótesis sobre los factores que afectan la futura composición de la atmósfera que se denominan escenarios de emisión de CO₂. En segundo lugar, aunque se conociera con precisión la tasa de emisión de gases invernadero, persistiría la incertidumbre ya que todavía no es posible calcular con bastante certeza cuál será la respuesta del sistema climático a las variaciones en la composición de la atmósfera. Sabemos, por tanto, que es casi imposible predecir que ocurrirá con nuestro sistema climático si se llegara a incrementar los gases de invernadero que de hecho se espera hacerlo con el crecimiento de la economía mundial. Pero lo peor no está ahí, es no ponernos de acuerdo sobre qué hacer para que aquello no ocurra, para protegerse de los peligros que se avecinan. Es aquella incertidumbre la que no facilita asumir las determinaciones, por ejemplo, de cuánto invertir, cuánto conviene gastar en obtener protección o en aras de lograr unos beneficios futuros para nuestros hijos. En cuanto a los contaminantes climáticos de vida corta, que es el tema que nos ha tocado asumir, todavía aún los países no se han puesto de acuerdo qué decisión tomar al respecto. El controlar estos contaminantes representa sin duda una oportunidad que debemos aprovechar en la lucha contra los efectos de este desafío global. Sin embargo, a más de una década La Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes Climáticos de Vida Corta aún está muy lejos de cumplir los compromisos que se había impuesto. Por lo que antecede nos permite

inferir que además de un problema científico que está lejos de encontrarse resuelto, es decir de qué modo el calentamiento global se expresará en el clima de cada región, acecha un problema político-económico que es cuánto se justifica invertir en morigerar este evento. Pero hay también un problema político que es cómo tomar la decisión colectiva de hacerlo.

Las repercusiones que resultan del cambio climático serán inevitables, nos enfrentamos a él, si no lo estamos haciendo ya, con un verdadero abanico de incertidumbres. Pero es posible en alguna medida mitigarlo, sino adaptarse a él, por lo que se debe lograr desde luego que estos gases que lo provocan no crezcan más allá de lo recomendable. Por otro lado, si no se hiciera nada y la inacción cundiera las consecuencias estarían a la vista. Los posibles cursos de acción o pasos a seguir para prevenirlo consisten en establecer límites máximos obligatorios de los gases provocadores del cambio climático, prevenir o contrarrestar la deforestación y el secuestro de carbono (crear repositorios subterráneos o submarinos de CO₂) y sería aconsejable un empleo creciente de fuentes no convencionales de energía (desde la fisión nuclear hasta las llamadas energías renovables). Si bien no se puede definir una única medida que resuelva este problema, todo parece indicar que sí hay soluciones técnicamente prometedoras y que serían económicamente convenientes aplicarlas.

REFERENCIAS

Aida (2019). Combatiendo a los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC). Recuperado en <https://aidaamericas.org/es/combatiendo-los-contaminantes-clim-ticos-de-vida-corta-ccvc>

Benavides Ballesteros H. et. al. (2007) Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Ideam Meteo/008-2007. Colombia.

Coalición de Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (2015). Hora de Actuar. Segunda edición. Recuperado en <https://www.ccacoalition.org/en>

FAO Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (2015.). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos

de los datos para los países en desarrollo. Roma., 174-178.

Harmens H. et al. (2011) Air Pollution and Vegetation: ICP Vegetation Annual Review 2010/2011. Centre for Ecology & Hydrology

Helena Molin Valdés. Clima y Calidad del aire. 2016 <https://mma.gob.cl/wpcontent/uploads/2016/11/Helena-Molin-Clima-y-calidad-del-aire.pdf>

Hoffman, Dirk. (2016) ¿Qué son los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC)? https://cambioclimaticobolivia.org/pdf/cc-20160516-_qu__son_l____.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Contaminantes climáticos de vida corta. (2018) <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/contaminantes-climaticos-de-vida-corta>

IPCC (1997). Documento técnico III. Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero: implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. Recuperado en <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-III-sp.pdf>

IPCC (2013). Quinto Informe de Evaluación Cambio climático. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación.

Isaksen, I. S. A., Granier, C., Myhre, G., et al. (2009). "Atmospheric composition change: Climate-Chemistry interactions." Atmos. Env.: 5138-5192.

Noticias ONU (2019). Cambio climático y medioambiente. Se alcanzan niveles récord de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Recuperado en <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465851>

SEMARNAT (2015). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020 2030. México.

Stoker, S. H., Seager S. L. (1981). "Química Ambiental. Contaminación del aire y del agua". Ed. Blume. Barcelona (España). 315 pp.