



Distr. general  
29 de agosto de 2019

Español  
Original: inglés



## Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

### 31ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono

Roma, 4 a 8 de noviembre de 2019

Tema 3 del programa provisional de  
la serie de sesiones de alto nivel\*

### Presentaciones de los grupos de evaluación sobre su síntesis de las evaluaciones cuatrienales de 2018

## Síntesis de los informes de evaluación de 2018 del Grupo de Evaluación Científica, el Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica

### Nota de la Secretaría

1. En el anexo de la presente nota se presenta un informe de síntesis en que se destacan las principales conclusiones de los tres informes de las evaluaciones cuatrienales de 2018 preparados con arreglo al artículo 6 del Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, a saber:

- *Evaluación científica del agotamiento del ozono: 2018 y Evaluación científica del agotamiento del ozono: 2018. Resumen*, preparados por el Grupo de Evaluación Científica<sup>1</sup>
- *Efectos ambientales e interacciones del agotamiento del ozono estratosférico, la radiación ultravioleta y el cambio climático. Informe de evaluación de 2018*<sup>2</sup>, preparado por el Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales
- *Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica. Informe de evaluación de 2018*, preparado por el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica<sup>3</sup>

2. El informe de síntesis es obra de los copresidentes de los grupos de evaluación. Los informes de evaluación se han publicado por separado en las páginas web de los respectivos grupos, en el sitio web de la Secretaría del Ozono<sup>4</sup> y en el portal web de la 31ª Reunión de las Partes en el Protocolo de Montreal para su examen por las Partes<sup>5</sup>. La Secretaría expresa su sincero agradecimiento a los tres grupos de evaluación por su labor.

\* UNEP/OzL.Pro.31/1.

<sup>1</sup> Disponible en <https://ozone.unep.org/science/assessment/sap>.

<sup>2</sup> Disponible en <https://ozone.unep.org/science/assessment/eap>.

<sup>3</sup> Puede consultarse en <https://ozone.unep.org/science/assessment/teap>.

<sup>4</sup> <https://ozone.unep.org/>.

<sup>5</sup> <http://conf.montreal-protocol.org/meeting/mop/mop-31/presession/SitePages/Home.aspx>.

## **Anexo**

### **Copresidentes de los grupos de evaluación**

#### **Grupo de evaluación científica**

David W. Fahey, División de Ciencias Químicas del Laboratorio de Investigación de Sistemas Terrestres del NOAA

Paul A. Newman, Centro Goddard de Vuelos Espaciales de la NASA

John A. Pyle, Universidad de Cambridge y Centro Nacional de Ciencias de la Atmósfera

Bonfils Safari, Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Rwanda

#### **Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales**

Janet F. Bornman, Investigación, Educación y Formación sobre Agricultura Resistente al Cambio Climático, Food Futures Institute, Murdoch University

Nigel D. Paul, Centro de Medio Ambiente de la Universidad de Lancaster

Min Shao, Universidad de Beijing

#### **Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica**

Bella A. Maranion, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América

Ashley Woodcock, Fundación del Servicio Nacional de Salud de la Universidad de Manchester

Marta Pizano, experta independiente

# Síntesis de los informes de evaluación de 2018 del Grupo de Evaluación Científica, el Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica

## Introducción

1. El Grupo de Evaluación Científica, el Grupo de Evaluación de los Efectos Ambientales y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica tienen encomendada la tarea de realizar evaluaciones periódicas en sus ámbitos de especialización para suministrárselas a las Partes en el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono. En el presente informe se ofrece una síntesis de alto nivel de los informes de evaluación de 2018 de los tres grupos.
2. En los informes de síntesis anteriores se puso de relieve que el Protocolo de Montreal había logrado frenar el aumento de las concentraciones en la atmósfera de sustancias que agotan el ozono y, con ello, reducir la disminución del ozono estratosférico y proteger el medio ambiente. La información actualizada que se ofrece en el presente informe pone de manifiesto que el Protocolo de Montreal sigue regulando con éxito las sustancias que agotan el ozono y reduciendo aún más sus concentraciones en la atmósfera. Los indicios de que la capa de ozono se recupera gracias a esas medidas son ya más evidentes, sobre todo en la estratosfera superior y en la región antártica.
3. En 2016, tras la publicación de los informes de evaluación de 2014, se aprobó la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, instrumento que establece calendarios para restringir la producción y el consumo de hidrofluorocarbonos (HFC). En la presente nota se destacan las cuestiones tecnológicas relacionadas con la Enmienda, junto con sus beneficios climáticos y ambientales, todo lo cual se examina con detalle en los distintos informes de evaluación del Grupo de Evaluación Científica<sup>6</sup>, el Grupo de Evaluación de Efectos Ambientales<sup>7</sup> y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica<sup>8</sup>.
4. Siguen siendo objeto de evaluación con arreglo al Protocolo de Montreal los efectos nada desdeñables de la disminución del ozono estratosférico y la radiación ultravioleta en la salud humana y el medio ambiente, la recuperación prevista del ozono estratosférico y el cambio climático. Dado que aún faltan varios decenios para que se recupere por completo la capa de ozono de las latitudes medias y superiores del hemisferio austral, la vigilancia a largo plazo del ozono total y de la radiación ultravioleta es indispensable para el seguimiento de los efectos conexos, incluidos los que puedan derivarse de cambios inesperados en la capa de ozono.

## Conclusiones principales

### I. Gracias a las medidas adoptadas en el marco del Protocolo de Montreal se ha reducido la concentración atmosférica de las sustancias controladas que agotan el ozono y ha empezado a recuperarse el ozono estratosférico

5. Desde las evaluaciones de 2014 no han dejado de reducirse las concentraciones atmosféricas de cloro y bromo troposféricos procedentes de sustancias que agotan el ozono de larga vida fiscalizadas con arreglo al Protocolo de Montreal. No dejan de verificarse avances en todos los sectores de consumo, comerciales, industriales, agrícolas, médicos y militares; en muchas aplicaciones de todo el mundo se han eliminado las sustancias que agotan el ozono. Por ejemplo, se ha logrado sustituir los inhaladores de dosis medidas que contenían clorofluorocarburos (CFC) por inhaladores sin CFC de muy diverso tipo sin perjuicio para los pacientes. La eliminación del HCFC-22 está prácticamente concluida en las Partes que no operan al amparo del artículo 5 y avanza a buen ritmo en las demás Partes. El año 2015 finalizó el plazo de eliminación de la producción y el consumo de los usos controlados del bromuro de metilo en las Partes que operan al amparo del artículo 5; en la actualidad se han eliminado cerca del 99 % de los usos controlados que se habían notificado a nivel mundial.
6. Los controles impuestos por el Protocolo de Montreal a las sustancias que agotan el ozono han contribuido considerablemente a evitar que el ozono estratosférico mundial sufriese una reducción más drástica. Las pruebas de las variaciones experimentadas por las concentraciones atmosféricas de las

<sup>6</sup> Puede consultarse en <https://ozone.unep.org/science/assessment/sap>.

<sup>7</sup> Puede consultarse en <https://ozone.unep.org/science/assessment/eeap>.

<sup>8</sup> Puede consultarse en <https://ozone.unep.org/science/assessment/teap>.

sustancias que agotan el ozono proceden de las mediciones ininterrumpidas a largo plazo que se efectúan en una red mundial de estaciones de vigilancia. Los datos extraídos de esas mediciones, combinados con la información sobre el tiempo de residencia de las sustancias que agotan el ozono, se usan para calcular y vigilar las emisiones anuales de esas sustancias. Posteriormente, esos guarismos se cotejan con las cifras de emisiones calculadas a partir de los datos notificados al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para poder evaluar el cumplimiento de los calendarios de eliminación fijados por el Protocolo de Montreal.

7. Resulta difícil detectar la recuperación del ozono estratosférico y atribuirla a un factor determinado a causa de la enorme variabilidad natural de las cantidades de ozono y de factores de confusión tales como el cambio climático y las variaciones del ozono troposférico. El agujero en la ozonfera de la Antártida sigue produciéndose cada año, pero la capa de ozono en general está recuperándose. En las demás regiones del planeta, el ozono estratosférico superior ha aumentado entre un 1 % y un 3 % por década desde 2000. Fuera de las regiones polares no se detectó ninguna tendencia significativa en el total del ozono de la columna de aire durante el período 1997-2016. Desde las evaluaciones de 2014 se han registrado unos promedios anuales inferiores en un 2 % aproximadamente a la media del período 1964-1980.

## **II. El Protocolo de Montreal contribuye a la sostenibilidad del medio ambiente y a la salud y el bienestar de las personas, en consonancia con muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8. El Protocolo de Montreal ha servido de acicate para intensificar la investigación sobre los riesgos para la salud que entrañan el cáncer de la piel y otras enfermedades resultantes de los niveles elevados de radiación solar ultravioleta, gracias a lo cual han aumentado los conocimientos sobre esas dolencias y han mejorado su diagnóstico y el tratamiento. Asimismo, se ha prestado más atención a los efectos ambientales del aumento de la radiación ultravioleta y a su interacción con los efectos de un cambio climático rápido.

9. Las variaciones de la radiación ultravioleta, del ozono estratosférico y del clima están vinculadas entre sí en virtud de una serie de procesos complejos cuya comprensión resulta difícil por la rapidez con que cambian las condiciones ambientales y por la naturaleza de los sistemas biológicos afectados por esos cambios.

10. El Protocolo de Montreal ha servido para proteger la salud y el bienestar de las personas frente a los aumentos excesivos de la dañina radiación ultravioleta (entre 280 y 315 nanómetros). Unos niveles moderados de exposición a la radiación ultravioleta son necesarios para la salud humana (por ejemplo, para la producción natural de vitamina D en la piel) y los cultivos (por ejemplo, para la producción de compuestos que aumentan la calidad nutricional y la resistencia contra las plagas y los agentes patógenos), pero los niveles de radiación ultravioleta elevados resultan perjudiciales, en particular para la piel y los ojos del ser humano, el suministro de alimentos y la integridad de nuestra infraestructura. La interacción de los efectos de la subida de las temperaturas, las sequías y los fenómenos meteorológicos extremos con los efectos de la radiación ultravioleta representa una amenaza para los ecosistemas y la agricultura, y pone en peligro la integridad estructural y la vida útil de algunos materiales de construcción como el plástico y la madera.

11. Más de la mitad del riesgo de contraer un melanoma maligno en las poblaciones de piel clara corresponde a la radiación ultravioleta, proporción que se habría multiplicado con creces si la reducción de la capa de ozono estratosférica hubiese sido más acusada. En muchos países que no operan al amparo del artículo 5, el cáncer más costoso es el de piel. Por ejemplo, se estima que los costos de los tratamientos de melanoma maligno en los Estados Unidos de América totalizaron 457 millones de dólares de los Estados Unidos en 2011 y se calcula que en 2030 ya habrán alcanzado los 1,6 millones de dólares.

12. Dado que la radiación solar ultravioleta con efectos biológicos es asimismo un importante factor de riesgo de cataratas y otras enfermedades oculares, con el Protocolo de Montreal también se ha evitado un aumento notable de la incidencia de la ceguera. En 2015, las cataratas dejaron invidentes a más de 12 millones de personas y ocasionaron deficiencias visuales a otros 52 millones, y la degeneración de la mácula afectó a 8,4 millones de personas de todo el mundo, aunque en este caso la causa principal fue el aumento de las longitudes de onda de la radiación ultravioleta.

13. Los cambios de las condiciones climáticas también inciden en otro regulador importante de la exposición a la radiación ultravioleta como es el comportamiento humano. El Protocolo de Montreal ha impulsado la creación de muchos programas de protección solar mediante la concienciación sobre

los daños que causa la exposición a niveles elevados de radiación ultravioleta resultante de la disminución del ozono estratosférico.

14. El Protocolo de Montreal también ha servido de estímulo para comprender mejor el papel de la radiación solar ultravioleta como factor de otros problemas ambientales acuciantes. Por ejemplo, la radiación ultravioleta, al causar la degradación y desintegración de muchos tipos de plástico, contribuye a la formación de los microplásticos, que como ya es sabido se acumulan en muchos organismos, entre ellos peces que se comercializan para consumo humano. Asimismo, en algunos casos, la radiación ultravioleta puede alterar la toxicidad de ciertos contaminantes presentes en los ecosistemas acuáticos, como los plaguicidas y compuestos procedentes de la combustión incompleta de carburantes, basuras, carne y plantas. Es posible que las variaciones futuras del ozono estratosférico y la radiación ultravioleta también interactúen con las alteraciones de los ciclos de desarrollo animal, vegetal y de los cultivos agrícolas relacionadas con el clima. Hoy por hoy se desconocen las consecuencias de la interacción entre esas variaciones futuras de la radiación solar ultravioleta y otros cambios ambientales, y sus diversos efectos.

15. Hace falta seguir investigando para adquirir una comprensión precisa de las consecuencias de esa interacción, pero no cabe duda de que los beneficios sociales de una recuperación del entorno de radiación ultravioleta con arreglo al Protocolo de Montreal contribuyen al logro de muchos Objetivos de Desarrollo Sostenible, en concreto los Objetivos 2 (hambre cero), 3 (salud y bienestar), 11 (ciudades y comunidades sostenibles), 13 (medidas contra el cambio climático), 14 (vida submarina) y 15 (ecosistemas terrestres).

### **III. Si se observa todo lo dispuesto en la Enmienda de Kigali, disminuirán considerablemente las emisiones de HFC previstas, cuya contribución al cambio climático antes de 2100 habría sido considerable**

16. Los HFC se usan cada vez más en sustitución de las sustancias que agotan el ozono en el sector de la refrigeración y el aire acondicionado, como propulsores de aerosoles y agentes espumantes. Si bien no contienen cloro ni bromo capaces de agotar el ozono, no dejan de ser gases de efecto invernadero. La Enmienda de Kigali, que se aprobó en 2016 y entró en vigor en 2019, establece calendarios para la eliminación de la producción y el consumo mundiales de determinados HFC. Aunque hoy por hoy el forzamiento radiativo correspondiente a los HFC atmosféricos es pequeño, la Enmienda de Kigali está concebida para evitar el aumento incontrolado de las emisiones y el calentamiento que traería consigo el incremento de la demanda previsto para los próximos decenios.

17. Conforme a lo previsto en el escenario de referencia de la evaluación de 2014, las concentraciones atmosféricas de la mayoría de HFC que se cuantifican en la actualidad van en aumento. Las emisiones de HFC en equivalente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que proceden tanto de Partes que operan al amparo del artículo 5 como de Partes que no operan de ese modo, aumentaron un 23 % entre 2012 y 2016.

18. En la actualidad, el forzamiento radiativo correspondiente a los HFC representa un 1 % (0,03 vatios por metro cuadrado (W m<sup>-2</sup>)) de los 3 W m<sup>-2</sup> generados por todos los gases de efecto invernadero de larga vida, esto es, el CO<sub>2</sub>, el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los halocarburos. Hoy el forzamiento radiativo por HFC es escaso, pero se ha estimado que, sin la enmienda de Kigali, habría llegado a 0,25 W m<sup>-2</sup> antes de 2050. Gracias a la Enmienda de Kigali, se prevé que el calentamiento medio mundial debido a los HFC se reduzca y pase de una base de referencia situada entre 0,3 °C y 0,5 °C a menos de 0,1 °C antes de 2100. Con una reducción de los HFC más rápida de la exigida en la Enmienda se frenaría en mayor grado el cambio climático debido a los HFC.

19. La reducción de los HFC prevista en la Enmienda de Kigali y las legislaciones regionales están llevando a la industria a apostar por alternativas a los HFC con menor potencial de calentamiento atmosférico y por aplicaciones innovadoras, sobre todo en materia de equipos de refrigeración, aire acondicionado y espumas. No obstante, la gama de opciones de productos con menor potencial de calentamiento atmosférico es limitada, lo que dificulta la búsqueda de la solución idónea para cada aplicación por cuanto deben tenerse en cuenta factores como la inflamabilidad, la toxicidad, la disponibilidad y las condiciones de funcionamiento (por ejemplo, altas temperaturas ambiente).

#### **IV. Si durante la reducción de los HFC se aumenta la eficiencia energética, podrán acelerarse e incrementarse los beneficios para el clima derivados de la Enmienda de Kigali**

20. La demanda de aire acondicionado no deja de aumentar y crecerá aún más con el cambio climático. Con unos aparatos de aire acondicionado más eficientes se reducirá el consumo de energía y la necesidad de construir más centrales eléctricas. El aumento de la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado de uso doméstico es particularmente importante para los países en desarrollo, inmersos como están en las fases iniciales de un aumento del consumo de aire acondicionado que se prevé considerable.

21. Se estima que cerca del 90 % del aumento de la eficiencia energética de los equipos de refrigeración y aire acondicionado obedecerá a la innovación tecnológica en materia de equipos, más que a cambios de refrigerante. Sin embargo, los cambios que se introduzcan en materia de refrigerantes durante la reducción de los HFC prevista en la Enmienda de Kigali brindarán la oportunidad de aumentar simultáneamente la eficiencia energética de los equipos de refrigeración y aire acondicionado, lo que a su vez contribuirá a reducir la creciente demanda mundial de energía. Los dos fenómenos van de la mano y constituyen sendos beneficios sociales de la reducción de los HFC.

22. Al elegir un refrigerante deben tenerse en cuenta los factores siguientes: su idoneidad para el uso previsto; su disponibilidad y costo; la disponibilidad y el costo del equipo de refrigeración y aire acondicionado correspondiente; el costo y la eficacia del mantenimiento; la eficiencia energética; la seguridad y la inflamabilidad; la facilidad de uso; y sus efectos en el clima y el medio ambiente. Desde 2014 se ha otorgado una designación y una clasificación de seguridad normalizadas a 35 refrigerantes nuevos, de los cuales 5 son puros y 30 son mezclas. Las investigaciones realizadas en condiciones de altas temperaturas ambiente han deparado una serie de refrigerantes alternativos viables con bajo potencial de calentamiento atmosférico. Hoy se tienen más presentes las dificultades aparejadas al diseño, la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento en condiciones de alta temperatura ambiente de equipos que, usando refrigerantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico, sean capaces de ofrecer un nivel elevado de eficiencia energética.

#### **V. El total mundial de emisiones de CFC-11 ha experimentado un aumento inesperado que no cuadra con la previsión de liberaciones derivadas de los bancos, lo que indica que existe una nueva producción mundial que no se ha notificado con arreglo al Protocolo de Montreal**

23. En respuesta a los controles del Protocolo de Montreal, la concentración de CFC-11 en la atmósfera no ha dejado de reducirse durante más de dos decenios. Con todo, dada su presencia considerable en la atmósfera y la lentitud con que disminuye habida cuenta de sus 52 años de tiempo de residencia, el CFC-11 seguirá siendo una fuente importante de cloro destructor del ozono estratosférico en los próximos decenios. Preocupa enormemente que en los últimos tiempos se haya ralentizado más de lo previsto la disminución del CFC-11, señal de que ha vuelto a fabricarse la sustancia.

24. Antes de su eliminación, el CFC-11 se utilizaba sobre todo como agente espumante, refrigerante y para otros usos de menor importancia o frecuencia, como en inhaladores médicos y en procesos de expansión del tabaco. Desde mediados de la década de 1980 se dispone de sustancias que no agotan el ozono capaces de sustituir al CFC-11 en todas esas aplicaciones. La producción de CFC-11 se suspendió en las Partes que no operan al amparo del artículo 5 en 1996 y en las Partes que operan de ese modo en 2010, excepto para algunos usos esenciales en estas últimas, salvedad que quedó sin efecto en 2014. No se ha notificado ningún uso de CFC-11 como sustancia intermediaria.

25. Según se desprende de las cuantificaciones de CFC-11 efectuadas por dos redes mundiales de observación independientes, las emisiones mundiales de la sustancia han aumentado desde 2012. En el período 2014-2016, las emisiones promediaron unos diez gigagramos ( $Gg\ a\ \text{año}^{-1}$ ) más que las del período 2002-2012, que ya habían sido más elevadas que los valores previstos para las emisiones de CFC-11 derivadas de los bancos estimados (es decir, el CFC-11 presente en equipos y productos). Lo más probable es que esas emisiones inesperadas se deban a una fabricación nueva que no se ha notificado al PNUMA y que, por tanto, contraviene el Protocolo de Montreal. El aumento de las emisiones tiene su origen, al menos en parte, en Asia Oriental, aunque no se ha cuantificado la contribución relativa de esa región al incremento general de las emisiones mundiales. Si se pretende

prever las pautas futuras de las emisiones de CFC-11, es indispensable conocer los usos que pudieran persistir de la substancia y las tasas de liberaciones procedentes de los bancos de CFC-11.

26. Es necesario seguir investigando para obtener una explicación detallada de las causas y consecuencias de esas emisiones no notificadas. El Grupo de Evaluación Científica y el Grupo de Evaluación Tecnológica y Económica están trabajando mano a mano para suministrar a las Partes información oportuna y actualizada sobre el asunto. En respuesta a la decisión XXX/3 de la 30ª Reunión de las Partes, los dos grupos colaboran de manera coordinada para suministrar más información sobre la vigilancia de la atmósfera y la elaboración de modelos en relación con las emisiones inesperadas de CFC-11, con la mira puesta en las posibles fuentes de emisiones de esa y otras sustancias fiscalizadas conexas.

## **VI. Gracias al conocimiento más preciso que hemos adquirido acerca de las fuentes de tetracloruro de carbono, se ha reducido considerablemente la disparidad existente entre las fuentes conocidas de emisiones y las estimaciones inferidas a partir de las observaciones atmosféricas**

27. Se han detectado emisiones considerables de tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ , CTC) que, según cuantificaciones recientes, superan los  $25 \text{ Gg año}^{-1}$ . Estas emisiones proceden sobre todo de la producción industrial de clorometanos, percloroetileno y cloro, y de emisiones fugitivas de la producción de cloro-álcali. El presupuesto global del CTC se conoce mucho mejor que antes, y se ha reducido considerablemente la gran disparidad que existía entre las estimaciones de emisiones basadas en los datos de la industria y las basadas en las observaciones, disparidad que hasta ahora carecía de explicación. Una mejora de los métodos de fabricación que permitiese reducir las emisiones fugitivas y un examen más exhaustivo de las instalaciones de producción de clorometanos y percloroetileno podrían traducirse en una reducción de las emisiones de CTC.

## **VII. Viene aumentando la concentración en la atmósfera de varias sustancias nocivas para el ozono que por separado revisten menor gravedad, pero cuya suma podría terminar afectando al ozono estratosférico**

28. Un pequeño porcentaje del total de cloro estratosférico corresponde en la actualidad al diclorometano (DCM,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) (tiempo de residencia: 180 días). De 2012 a 2016, el total de cloro derivado de gases primarios de sustancias de permanencia muy breve aumentó unas 20 partes por billón (ppb) hasta situarse en 110 ppb. El diclorometano es el componente principal del cloro de las sustancias de permanencia muy breve, no en vano se le atribuye la mayor parte del aumento del total de cloro derivado de esas sustancias que se registró entre 2012 y 2016. Dadas las tendencias del mercado en relación con la producción química y el uso de diclorometano, hoy por hoy no se prevé que la producción mundial de la sustancia ni su concentración en la atmósfera vayan a aumentar considerablemente en los próximos decenios.

29. El dicloroetano (EDC,  $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$ ) es otra sustancia de permanencia muy breve en la atmósfera (82 días). A tenor de las previsiones de consumo de EDC, la concentración atmosférica básica de la sustancia podría duplicarse antes de 2030, aunque se prevé que apenas tenga efectos en el cloro estratosférico dado lo exiguo de su tiempo de residencia.

30. Entre 2012 y 2016, según unos análisis basados en observaciones, la concentración atmosférica de los siguientes CFC de bajo nivel, en contra de lo esperado, se mantuvo estable, cuando no fue en aumento: CFC-13 (3 ppb, 640 años de tiempo de residencia); CFC-113a (0,7 ppb, 55 años de tiempo de residencia); CFC-114 (15 ppb, 189 años de tiempo de residencia); y CFC-115 (8,5 ppb, 540 años de tiempo de residencia).

31. La vigilancia de la concentración atmosférica de esos compuestos de menor entidad está justificada por la necesidad de evitar sorpresas futuras en cuanto a la disminución del ozono estratosférico.

### **VIII. La concentración de halones en la atmósfera disminuye lentamente, pero la demanda de halón-1301 no cesa y tal vez no pueda cubrirse en un futuro sin producir más cantidades de la sustancia**

32. La concentración total en la atmósfera de bromo derivado de halones ha disminuido desde el nivel máximo de 8,5 ppb que alcanzó en 2005 hasta las 7,7 ppb registradas en 2016. Entre 2012 y 2016 no dejaron de reducirse las concentraciones de halón-1211, halón-2402 y halón-1202. En cambio, la concentración de halón-1301 se incrementó en esos primeros años (aunque parece que se estabilizó antes de 2016), lo que indica que se ha emitido a la atmósfera más halón-1301 del previsto. No consta que se hayan fabricado halones desde hace dos decenios, por lo que las existencias de halón-1301 podrían ser considerablemente inferiores de las necesarias para cubrir las necesidades actuales.

33. La demanda de halones para usos de lucha contra incendios sigue viva y, de no adoptarse soluciones de reemplazo, terminará por desbordar las existencias. Persisten los usos de halones a largo plazo (por ejemplo, en instalaciones militares, nucleares, petroleras y de gas) y crece la demanda de halón-1301 en el sector de la aviación civil por la falta de sustitutos para las aplicaciones ignífugas de los compartimentos de carga y motor de las aeronaves nuevas. El aumento de las emisiones indica que las existencias de halón-1301 podrían agotarse antes de la fecha prevista en anteriores estimaciones (entre 2032 y 2054). Además, dados los desequilibrios regionales, ese agotamiento podría incluso adelantarse en el caso de las Partes que carecen de existencias específicas concebidas para el largo plazo. Por tanto, es más que probable que se presenten propuestas para usos esenciales a fin de volver a producir halón-1301 con vistas a cubrir esos importantes usos ignífugos, sobre todo en la aviación civil y la extracción de petróleo y gas.

### **IX. La cuantificación de los bancos de sustancias que agotan el ozono y de la persistencia de sus emisiones es fundamental para determinar el ritmo de recuperación de la capa de ozono**

34. Las estimaciones de los bancos (nombre que reciben las cantidades de sustancias que agotan el ozono presentes en los equipos y productos) se combinan con las observaciones de las sustancias que agotan el ozono atmosférico para pronosticar las emisiones futuras de sustancias que agotan la capa de ozono. Es fundamental conocer las fuentes, las cantidades absolutas y las tasas de liberación para prever las emisiones derivadas de los bancos. Por ejemplo, la cuantificación del banco relacionado con las emisiones no declaradas de CFC-11 que se han detectado recientemente dependerá del uso que se diera a ese CFC-11. Esta circunstancia resulta particularmente importante para la estimación de la cantidad total de CFC-11 que se produjo y de los efectos que podría tener en la recuperación del ozono estratosférico (véase el apartado V del presente anexo).

35. En el pasado habría sido muy oportuno recuperar y destruir los bancos de sustancias que agotan el ozono. En la actualidad, a medida que se reduce la proporción de sustancias que agotan el ozono presentes en bancos y que las sustancias se vuelven menos accesibles, esa labor de recuperación y destrucción resultará más difícil y menos viable desde el punto de vista económico y reportará menos beneficios ambientales. No obstante, si pudieran eliminarse los bancos conocidos de CFC, halones y HCFC, se contribuiría a paliar la disminución futura del ozono en una medida ligeramente mayor que mediante la eliminación total de la producción de CTC, HCFC y bromuro de metilo en los cuatro próximos decenios.

### **X. La reducción del ozono estratosférico y el cambio climático están vinculados porque las sustancias que agotan el ozono son potentes gases de efecto invernadero y el cambio climático modifica el ozono estratosférico**

36. La causa principal de los cambios que se produjeron en el clima del verano austral a fines del siglo XX fue muy probablemente el enfriamiento de la estratosfera inferior debido a la disminución del ozono. Uno de esos cambios es la variación de la circulación troposférica del hemisferio meridional, que pasó a dirigirse hacia el polo, con los consiguientes efectos en la temperatura de la superficie y las precipitaciones. Cada vez hay más pruebas de que esas alteraciones climáticas están afectando a los ecosistemas y la agricultura australes, y no faltan ejemplos de efectos positivos y negativos en la diversidad biológica y la productividad de los organismos acuáticos y terrestres. Se



prevé que los efectos ecológicos se corrijan a medida que la región antártica se recupere de la grave pérdida de ozono estratosférico. Por otro lado, no se ha establecido un vínculo inequívoco entre la reducción del ozono estratosférico y unos cambios climáticos de larga duración en la superficie del hemisferio septentrional.

37. Las variaciones de los niveles de las sustancias que agotan el ozono inciden directamente en el clima, ya que esas sustancias, además de nocivas para el ozono, también son potentes gases de efecto invernadero. El forzamiento radiativo total de las sustancias fiscalizadas que agotan el ozono y de sus sustitutos sigue estando rigurosamente controlado por el Protocolo de Montreal y sobre todo por la Enmienda de Kigali. De no ser por el Protocolo de Montreal, el forzamiento radiativo de esas sustancias habría aumentado hasta representar cerca del 40 % del forzamiento del CO<sub>2</sub> antes de 2020. Hoy, gracias al Protocolo, el forzamiento radiativo de los CFC ronda el 14 % del forzamiento del CO<sub>2</sub>. La suma del forzamiento radiativo de los CFC y los HCFC se ha mantenido estable durante unos dos decenios y empieza a disminuir a la par que las concentraciones atmosféricas de ambos grupos de compuestos.

38. Las iniciativas de geoingeniería que se emprendan en el futuro para mitigar el cambio climático mediante la generación de aerosoles estratosféricos capaces de reflejar la luz solar podrían ocasionar unas alteraciones del ozono estratosférico que aún no comprendemos del todo.

## **XI. El ritmo y la magnitud de la recuperación del ozono estratosférico dependerán de las concentraciones que presenten en el futuro las sustancias que agotan el ozono y los gases de efecto invernadero**

39. Las variaciones futuras del ozono estratosférico obedecerán a procesos complejos. Se prevé que, conforme disminuyen las sustancias que agotan el ozono, el total del ozono de la columna de aire en las latitudes medias del hemisferio boreal y en las del austral regrese a los valores de 1980 en la década de 2030 y a mediados del siglo XXI, respectivamente; que el agujero en la ozonosfera de la Antártida se cierre de forma gradual y que el total del ozono de la columna de aire primaveral recupere los valores de 1980 en la década de 2060.

40. Según las previsiones, en la segunda mitad del siglo XXI, los factores fundamentales de las variaciones del ozono estratosférico ya no serán las sustancias que agotan el ozono, cuya influencia habrá disminuido en gran medida, sino los principales gases de efecto invernadero, es decir, el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, a causa de sus efectos en el clima y la química atmosférica. Se prevé que en 2100, de no reducirse considerablemente los niveles de gases de efecto invernadero pronosticados para el futuro, la columna estratosférica de ozono habrá disminuido en los trópicos cerca de un 3 % respecto de los valores de 1980. En cambio, en las latitudes medias y en el Ártico, las predicciones apuntan a que el ozono estratosférico se recuperará y terminará superando los valores medios del período 1960-1980.

41. Además de seguir restringiendo las futuras concentraciones atmosféricas de sustancias que agotan el ozono, el Protocolo de Montreal, máxime tras la aprobación de la Enmienda de Kigali, ha hecho y seguirá haciendo una contribución importante a la prevención del cambio climático mediante el control de los HFC.

## **XII. Han dejado de disminuir las concentraciones atmosféricas de bromuro de metilo**

42. El uso controlado del bromuro de metilo se ha reducido más de un 99 % desde que en 1991 alcanzara su nivel máximo de 64.000 toneladas. Sin embargo, las concentraciones de bromuro de metilo en la atmósfera han dejado de disminuir, lo que podría indicar que sigue usándose una cantidad de la sustancia superior a la que se notifica para aplicaciones de cuarentena y previas al envío (exentas). Se calcula que existen alternativas de disponibilidad inmediata para el 40 % de las aplicaciones de cuarentena y previas al envío notificadas, pero no se han adoptado porque esos usos están exentos en virtud del Protocolo. Además, cerca del 70 % de las emisiones de bromuro de metilo derivadas de las aplicaciones de cuarentena y previas al envío notificadas podrían evitarse mediante la recuperación o destrucción en el caso de las aplicaciones de cuarentena y previas al envío para productos básicos, y mediante la instalación de películas protectoras en el caso de los usos de la sustancia para la fumigación de suelos previa a la siembra que se hayan catalogado como usos para aplicaciones de cuarentena y previas al envío. Las consiguientes reducciones de las concentraciones atmosféricas de bromuro de metilo beneficiarían a la capa de ozono a corto plazo.

### **XIII. La producción de espuma sigue aumentando a medida que las sustancias que agotan el ozono se sustituyen por agentes espumantes de nulo potencial de agotamiento del ozono y bajo potencial de calentamiento atmosférico**

43. Gracias a la notable mejora de la concepción y disponibilidad de aditivos, agentes espumantes, equipos y formulaciones, se han podido comercializar espumas a base de agentes espumantes de bajo potencial de calentamiento atmosférico.
44. En las Partes que operan al amparo del artículo 5, el crecimiento del sector de la construcción y del manejo, procesamiento y transporte de mercancías perecederas (por ejemplo, mediante una cadena de refrigeración), unido a la aplicación de criterios de eficiencia energética más eficaces en materia de construcción de edificios, ha dado origen a un aumento constante de la demanda de materiales de aislamiento térmico.
45. Según las previsiones, la producción mundial total de polímero de espuma aumentará hasta totalizar 29 millones de toneladas antes de 2023. La producción de espumas utilizadas en aislamientos crecerá en consonancia con la construcción mundial y con las innovaciones que se suceden sin pausa en materia de elaboración, transporte y almacenamiento de alimentos refrigerados. Se calcula que la demanda de agentes espumantes para poliuretano y poliestireno expandido supera las 400.000 toneladas, a las que hay que añadir las 10.000 toneladas que exige la fabricación de otros tipos de espuma.
46. La sustitución del HCFC-141b por hidrocarburos en la fabricación de espuma aislante se ha podido llevar a cabo en la gran mayoría de empresas grandes y en algunas de tamaño medio cuya masa crítica es suficiente para justificar la inversión en tecnologías de hidrocarburos. Sin embargo, la gestión de la transición hacia el uso de agentes espumantes inflamables en la fabricación de espuma sigue siendo un problema para muchas pequeñas y medianas empresas, tanto en las Partes que operan al amparo del artículo 5 como en las demás.

### **XIV. El Protocolo de Montreal solo seguirá protegiendo el ozono estratosférico si siguen cumpliéndose sus disposiciones**

47. El incumplimiento del Protocolo de Montreal (por ejemplo, en lo que respecta a las emisiones de CFC-11: véase el apartado V del presente anexo) y los aumentos inesperados de sustancias no reglamentadas que agotan el ozono (por ejemplo, el bromuro de metilo en aplicaciones de cuarentena y previas al envío y el diclorometano) agravan la reducción de la capa de ozono y pueden retrasar considerablemente su recuperación. Cuanto más cuantiosas sean las emisiones y más tiempo persistan, mayores efectos tendrán en la capa de ozono. Por tanto, el cumplimiento de las disposiciones del Protocolo de Montreal es indispensable para garantizar la recuperación de la capa de ozono y acelerar al máximo esa recuperación. El descubrimiento de emisiones no notificadas de CFC-11 pone de manifiesto el valor de las redes globales de vigilancia a largo plazo en la medición de los niveles atmosféricos de las sustancias que agotan el ozono y los presupuestos globales derivados de esas mediciones.
48. En cuanto a las sustancias que agotan el ozono distintas del CFC-11, no se dispone de muchas más opciones para acelerar la recuperación de la capa de ozono, fundamentalmente porque todas las decisiones cuya contribución podría ser sustancial ya se han adoptado. Las opciones que quedan reportarían unos beneficios entre escasos y moderados en relación con el ozono. Tres posibilidades son la eliminación completa de las emisiones controladas e incontroladas de sustancias que agotan el ozono; la recuperación y destrucción de los bancos de CFC, halones y HCFC no deseados o excedentes; y la reducción de la producción y el consumo de HCFC y bromuro de metilo (por ejemplo, en las aplicaciones de cuarentena y previas al envío).