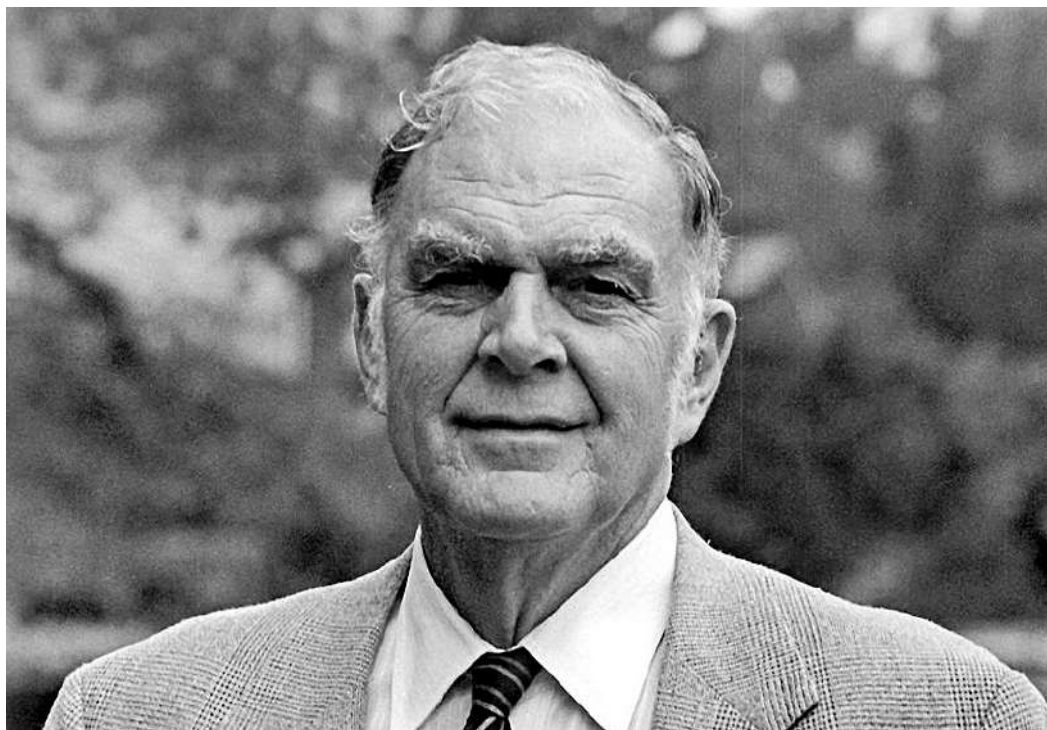


# Recuperando la memoria de Frank Sherwood Rowland (1927-2012)

MARÍA ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA

Científico estadounidense que contribuyó al descubrimiento de la relación existente entre las emisiones gaseosas de clorofluorocarbonos (CFC) y la progresiva degradación de la capa de ozono. Sus investigaciones le valieron, junto al mexicano Mario Molina y el neerlandés Paul Crutzen, el Premio Nobel de Química de 1995



**N**ació el 28 de junio de 1927, el segundo de tres hijos, en la pequeña ciudad de Delaware, en el centro de Ohio. Sus padres se habían mudado allí el año anterior cuando su padre obtuvo el cargo de profesor de Matemáticas y presidente del departamento en la Ohio Wesleyan University. Toda su educación primaria y secundaria la cursó en las escuelas públicas de su ciudad natal, que contaba con un excelente plantel de maestros. Ya desde entonces fue animado por sus profesores a dedicarse al estudio de las ciencias. Como confesó años después, el lado académico de la escuela secundaria le resultó fácil y lo disfrutó. En varios veranos de su adolescencia, el profesor de ciencias de la escuela secundaria le confió durante sus vacaciones de dos semanas la operación de la estación meteorológica voluntaria local, una parte auxiliar del servicio meteorológico de los EE. UU.: medida de las temperaturas máximas y mínimas y precipitación total. Esta fue su primera exposición a la experimentación siste-

mática y la recopilación de datos.

Su casa estaba llena de libros y todos eran voraces lectores. Su lectura favorita se centraba en ese momento en la historia naval, que complementaba con modelos a escala realistas y batallas navales simuladas utilizando un elaborado sistema matemático para calificar cada buque de guerra y los efectos del combate en ellos. Durante su segundo año en la escuela secundaria, su profesor de matemáticas, que también se ocupaba de los entrenamientos de tenis y baloncesto, le animó a jugar al tenis, lo que le llevó al equipo universitario de tenis, y a una década completa de intensa competencia atlética. En su último año, jugó en el equipo universitario de baloncesto.

En 1943, unas semanas antes de cumplir dieciséis años, se graduó en la High School y, al contrario que sus otros compañeros de promoción, no participó en la Segunda Guerra Mundial, ya que prefirió incorporarse a la Universidad, en la que se graduó en 1945, a la edad de dieciocho años. Durante estos años de guerra, solo 30 o 40 hombres civiles

estaban en el campus, además de unos 200 oficiales navales en formación y 1000 mujeres. Con tan pocos hombres disponibles, jugó en los equipos de baloncesto y béisbol, redactando además gran parte de la página de deportes del periódico de la Universidad.

Casi al término de la Segunda Guerra Mundial decidió enrolarse en la armada, y se alistó en un programa para capacitar a operadores de radar. Tres años más tarde decidió terminar sus estudios universitarios, para lo cual se decantó por la Universidad de Chicago; consiguió una beca de la Comisión de Energía Atómica (AEC, de sus siglas en inglés), llegando a doctorarse en química. Sus padres tenían la firme convicción de que la Universidad de Chicago, a la que ambos habían asistido, no era solo la mejor opción para el trabajo de posgrado, sino la única opción.

En el Departamento de Química de dicha facultad le asignaron – al azar -- como mentor a Willard F. Libby (premio Nobel en 1960 por el desarrollo del procedimiento de datación del carbono-14),

quien le introdujo en su equipo, dedicado al estudio de la química radiactiva. Como manifestaría años después, Libby fue un excelente supervisor de investigación: apoyó, alentó, pero nunca dejó que nadie olvidara que el pensamiento crítico intensivo, junto con el trabajo duro e incesante en los experimentos, se encuentran tras todos los avances en la investigación. En Chicago, Rowland tuvo la oportunidad de estudiar con científicos tan prestigiosos como Harold Clayton Urey, Maria Goeppert-Mayer y Enrico Fermi, que habían recibido o iban a recibir el premio Nobel.

Su tesis doctoral versó sobre el estado químico de los átomos de bromo radiactivo producidos por un ciclotrón. El proceso nuclear no solo crea un átomo radiactivo, sino que lo libera de todos sus enlaces químicos. Estos átomos altamente energéticos existen solo en concentraciones muy, muy bajas, pero posteriormente pueden rastrearse por su eventual desintegración radiactiva. Al terminarla, en 1952, marchó a la Universidad de Princeton con el cargo de instructor del Departamento de Química. Ese mismo año Rowland se casó con Joan Lundberg, estudiante en su misma universidad, con la que tuvo dos hijos: Ingrid (Princeton, 1953) y Jeffrey (Huntington, 1955).

Durante los dos veranos siguientes estuvo trabajando en el Departamento de Química del Brookhaven National Laboratory. Experimentó con una mezcla en polvo de glucosa y carbonato de litio dentro del flujo de neutrones del reactor nuclear de Brookhaven en lo que fue el primer paso para lograr la síntesis en un solo paso de la glucosa marcada con tritio radiactivo, experimento del que se hizo eco un artículo publicado en la revista *Science*. También experimentó en un nuevo subcampo de la química ató-

mica del tritio. Estos trabajos atrajeron el interés de la AEC que decidió subvencionar la continuación de la investigación en la química de trazadores.

Desde 1956 fue profesor asistente de la Universidad de Kansas, que acababa de terminar un nuevo edificio de química que incluía instalaciones especiales para radioquímica. Allí formó su propio grupo de investigación, al que se unieron numerosos estudiantes de todo el mundo, incluyendo Europa y Japón. Durante los siguientes ocho años, las investigaciones de este equipo acerca de las reacciones de los átomos de tritio fueron muy productivas.

En 1965 se mudó de nuevo, esta vez al campus de California Irvine (UCI), para hacerse cargo del departamento de Química, en el que continuó investigando junto a su equipo gracias al apoyo financiero de la AEC (que duraría hasta 1994, año en que la NASA pasó a constituir el principal soporte económico). La química de "átomos calientes" siguió desempeñando un papel importante en sus investigaciones en la Universidad de California Irvine. Sin embargo, cada pocos años ampliaba sus líneas de investigación con algún aspecto nuevo y desafiante de la química: primero, fotoquímica de trazadores radiactivos, usando tritio y carbono-14; luego la química del cloro y el flúor utilizando los isótopos radiactivos  $^{38}\text{Cl}$  y  $^{18}\text{F}$ .

Cuando decidió en 1970 retirarse de la presidencia del departamento de Química, se implicó en la búsqueda de una nueva vía de investigación en química. Dado que el estado del medio ambiente se había convertido en un tema candente de discusión, en 1971 viajó a Salzburgo, Austria, para asistir a una reunión de la Agencia Internacional de Energía Atómica sobre las aplicaciones ambientales de la radiactividad. Después, en el tren a

Viena, coincidió con un oficial de la AEC. En el transcurso de la conversación, se enteró de que una de las responsabilidades consistía en la organización de una serie de talleres de Química-Meteorología con el objetivo de fomentar una mayor simbiosis entre estos dos campos científicos. Por su parte el oficial se enteró del interés de Rowland en la ciencia atmosférica debido a su asociación con el trabajo de Libby y al apoyo durante 14 años de su trabajo por parte de la AEC.

En febrero de 1972, Rowland asistió en Fort Lauderdale (Florida) a una conferencia impartida por el científico británico James Lovelock, quien dos años antes había sido el primero en detectar clorofluorocarbonos (CFC) en la atmósfera. Sus observaciones a bordo del crucero Shackleton a la Antártida, mostraron la presencia en ambos hemisferios- norte y sur- de las concentraciones traza del clorofluorocarbono  $\text{CCl}_3\text{F}$ . La selección de esta molécula se justificaba porque se sospechaba que podría ser un excelente trazador de los movimientos de las masas de aire ya que su inercia química evitaría una eliminación temprana de la atmósfera. Como se verá estos encuentros iban a cambiar el curso de su carrera, ya que a raíz de ello comenzó a interesarse por el efecto de los clorofluorocarbonos en la atmósfera.

Como cinético químico y fotoquímico, sabía que una molécula así no podía permanecer inerte en la atmósfera para siempre, aunque solo fuera porque la fotoquímica solar a gran altura la descompondría. Sin embargo, se podrían imaginar muchos otros posibles destinos químicos, y se preguntaba si alguno de estos podría ocurrir.

A modo de recordatorio, los CFC son compuestos fabricados por el hombre que se habían utilizado ampliamente



*“Los científicos pueden plantear los problemas que afectarán al medio ambiente con base en la evidencia disponible, pero su solución no es responsabilidad de los científicos, es de toda la sociedad”.*

**-DR. MARIO MOLINA**  
Premio Nobel de Química

## Recuperando la memoria de Frank Sherwood Rowland (1927-2012)

como refrigerantes en refrigeradores y automóviles, propulsores en aerosoles y limpiadores de componentes electrónicos. Una de las razones de su popularidad estribaba en su aparente estabilidad química: nada en la atmósfera de la Tierra parecía provocar que se desintegraran en sus átomos constituyentes de cloro, flúor y carbono. Sin embargo, nadie estaba seguro de lo que sucedía con estos compuestos después de su uso y liberación a la atmósfera.

A principios de 1973, Rowland presentó su propuesta anual a la AEC siendo

pocos meses, se percataron de que no se trataba solo de una cuestión científica, desafiante y atrayente, sino de un problema ambiental potencialmente grave que involucraba un debilitamiento sustancial de la capa de ozono estratosférico.

En 1974 Rowland y Molina publicaron en la revista *Nature*, un estudio que alertaba sobre el peligro que representaban para la capa de ozono los CFC empleados en aerosoles y sistemas de refrigeración. Al ascender a la capa de ozono y por efecto de los rayos ultravioletas, los CFC liberan átomos clorados. Rowland y

extremadamente dañina para la Tierra y sus seres. En los humanos, contribuye al cáncer de piel, a deficiencias del sistema inmunitario y al daño ocular. Alarmados por el peligro potencial de la destrucción del ozono, los científicos también comenzaron a alertar a las comunidades científica y política sobre el problema. A fines de la década de 1970, Estados Unidos, Canadá, Noruega y Suecia prohibieron el uso de CFC en aerosoles.

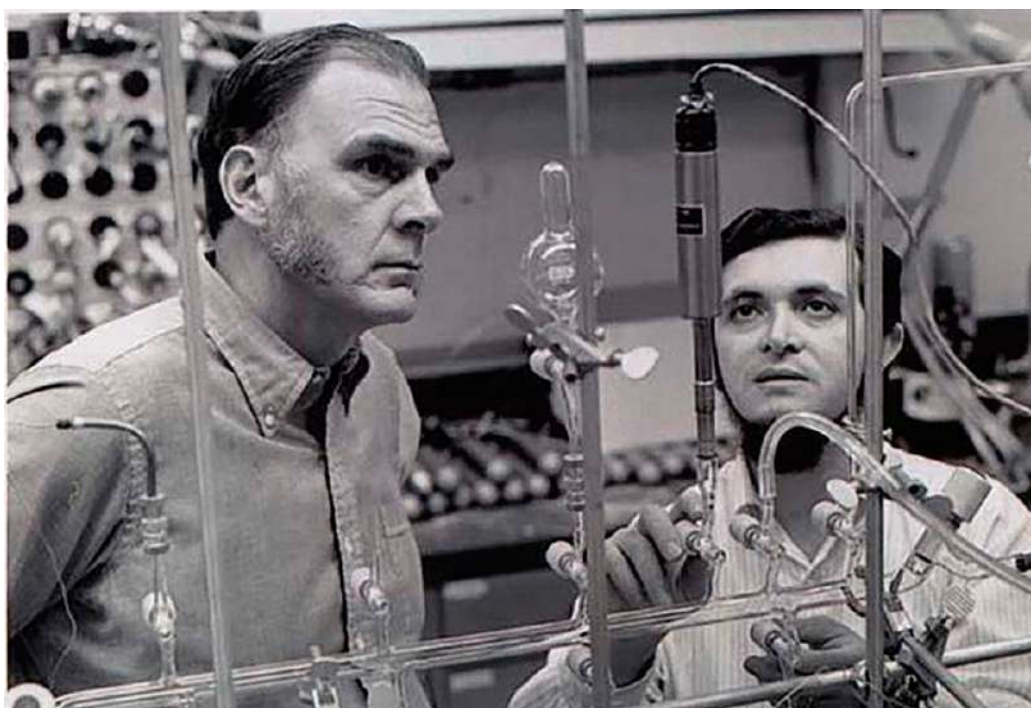
Desde 1973, el trabajo de su grupo de investigación se iba involucrando progresivamente más en química at-

mosférica y menos en radioquímica, de tal forma que hasta 1995 el único uso importante de radioisótopos estuvo dirigido a problemas asociados con la química atmosférica. Este trabajo de investigación se llevó a cabo en la UCI por un grupo sólido y trabajador de investigadores asociados de posdoctorado y posgrado, junto con algunos especialistas técnicos de alta capacitación.

En muchos sentidos, la comprensión de la química atmosférica aún se encontraba en una etapa temprana. La precisión y la sensibilidad instrumentales necesarias para tratar con especies químicas en concentraciones tan bajas

solo han estado disponibles progresivamente durante las últimas décadas y, por supuesto, la composición de trazas de la atmósfera es muy variable en todo el mundo.

Según sus cálculos, si la humanidad continuaba utilizando los CFC, la capa de ozono desaparecería en unas décadas, predicción que llevó a ciertas limitaciones del uso de los CFC a finales de los años setenta y a la firma, en 1987, del Protocolo de Montreal para la protección de la capa de ozono. Al otorgarles el Nobel de Química de 1995, la Academia sueca de Ciencias subrayó que gracias a la labor de Rowland, Molina y Crutzen había sido posible tomar decisiones preventivas y



Sherwood Rowland y Mario Molina en la Universidad de California, 1974

aprobada y financiada. El trabajo de su grupo de investigación continuaba con varios experimentos de radioquímica, aunque abordando una nueva dirección: ¿qué sucedía con los CFC en la atmósfera? En ese mismo año, el científico mexicano Mario Molina, quien acababa de completar su trabajo de doctorado como químico especializado en láser en la Universidad de California Berkeley, se unió al grupo de investigación como investigador asociado postdoctoral. Para su investigación colaborativa, se le ofrecieron varias áreas y Mario eligió la más alejada de su experiencia previa, y ambos comenzaron a estudiar el destino atmosférico de las moléculas de los CFC. En

Molina descubrieron que los CFC permanecían estables en la atmósfera inferior, pero comenzaban a descomponerse a altitudes extremadamente elevadas (de 13 a 19 kilómetros sobre la superficie de la Tierra). A esta altitud existe un isótopo del oxígeno,  $O_3$ , conocido como ozono. Una delgada capa de este gas rodea la Tierra, actuando como un escudo natural contra la radiación ultravioleta del sol. Rowland y Molina descubrieron que el cloro liberado por los CFC interactuaba con el  $O_3$  y generaba una reacción en cadena en la que se podían eliminar 100 000 moléculas de ozono con un solo átomo de cloro. La radiación ultravioleta normalmente absorbida por la capa de ozono puede ser



prohibir la emisión de gases perniciosos, aunque se estimaba que se necesitaría más de cien años para regenerar los daños causados en la atmósfera.

Es claro que hasta la publicación de Rowland y Molina en 1974 en la revista *Nature*, nadie imaginaba que esas pequeñas moléculas fueran tan perjudiciales para la capa de ozono. De hecho en 1976 la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos reconoció la validez de sus conclusiones, lo que provocó que en 1978 el país norteamericano prohibiese el uso de estos compuestos para preservar el medio ambiente.

Su investigación le convirtió en una de las voces primeras y más combativas e incansables contra el cambio climático y la importancia de las investigaciones sobre el clima y la atmósfera. “Si crees que algo que has descubierto puede afectar al medio ambiente, ¿no es vuestra responsabilidad hacer algo al respecto?” apuntaba el propio Rowland en la mesa redonda sobre el cambio climático celebrada en la Casa Blanca en 1997. “Si no somos nosotros, ¿quién? Si no es ahora, ¿cuándo?”. En palabras del decano de la Universidad de California, Kenneth C. Janda, “él salvó al mundo de una catástrofe todavía mayor, y lo hizo desde el compromiso con la ciencia, la verdad y la humanidad, con integridad y elegancia”.

Además de su trabajo sobre el ozono, la investigación de Rowland abarcó una amplia gama de problemas de química atmosférica. Publicó más de 300 artículos que identificaron productos químicos que producen *smog* en grandes áreas urbanas, explicó las variaciones estacionales en la distribución de productos químicos atmosféricos e investigó los efectos del gas metano, que, según él, estaba teniendo un efecto de calentamiento en la atmósfera terrestre. También participó entre 1982 y 1984 en un comité de la Casa Blanca para evaluar el problema de la lluvia ácida.

A medida que la historia del agotamiento de la capa de ozono comenzó a circular en la prensa convencional, Rowland, Molina y otros científicos que



De izquierda a derecho: Ralph Cicerone, Paul Crutzen, F. Sherwood Rowland y Mario J. Molina, en Berlín (1982). Cortesía de la Colección Rowland. <https://centromariomolina.org/ralph-j-cicerone-1943-2016/>

exploraban el problema fueron criticados cada vez más por los líderes de la industria. La controversia sobre el papel de los CFC en el agotamiento del ozono se prolongó durante décadas, pero la comunidad científica finalmente llegó a un consenso: los CFC estaban destruyendo la capa de ozono, creando muchos efectos potencialmente dañinos para la Tierra y sus habitantes.

Uno por uno, los países de todo el mundo acordaron prohibir la producción de CFC. En 1987, la investigación de Rowland y Molina se utilizó como base para el Protocolo de Montreal de las Naciones Unidas, que pedía la prohibición del uso y la producción de todos los gases que dañan la capa de ozono para 1996. Sin embargo, incluso con la prohibición vigente, se predijo que la capa de ozono tardaría al menos 100 años en restaurarse por completo. A Rowland y Molina se les atribuyó el haber evitado lo que habría sido una crisis ambiental mortal.

Los muchos honores de Rowland incluye el Premio Mundial Tyler en Ecolo-

gía y Energía, el Premio de la Sociedad Química Estadounidense por Avances Creativos en Ciencia y Tecnología Ambientales, y numerosos doctorados honorarios. Fue miembro de la Academia Nacional de Ciencias y de la Academia Estadounidense de las Artes y las Ciencias y miembro electo de la Academia Estadounidense para el Avance de las Ciencias y la Unión Geofísica Estadounidense. Fue nombrado Profesor Bren de Química en la UCI.

El químico murió en su casa de Corona del Mar (California), el 10 de marzo de 2012, tras una larga batalla con el Parkinson. Sherry Rowland, como era conocido por sus amigos, será recordado como una de las principales voces por el medio ambiente, luchando por crear conciencia en la sociedad sobre los riesgos y consecuencias del cambio climático.

## Agradecimiento

A Juan M. Cisneros por contagiar su entusiasmo por el estudio del ozono.

## Referencias

- Fernández, Tomás y Tamaro, Elena. «Biografía de Frank Sherwood Rowland». En *Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea* [Internet]. Barcelona, España, 2004. Disponible en [https://www.biografiasyvidas.com/biografia/r/rowland\\_frank.htm](https://www.biografiasyvidas.com/biografia/r/rowland_frank.htm) [fecha de acceso: 10 de marzo de 2023].
- <https://www.muyminteresante.es/ciencia/5323.html>
- [https://www.suschem-es.org/detalle\\_noticia.asp?id=2617](https://www.suschem-es.org/detalle_noticia.asp?id=2617)
- <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1995/rowland/biographical/>
- Galíndez, M, y Mogollón, C. Los refrigerantes y el trabajo de los científicos Rowland y Molina. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*. 14(1), 51-63, 2020. <https://revistas.uclv.org/index.php/pcyt>
- <https://kids.britannica.com/students/article/F-Sherwood-Rowland/313299>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ID6xnAVvPbQ>