



RESEÑA BIOGRÁFICA

Mario Molina: Un científico socialmente comprometido.

Mario Molina: A socially committed scientist.

Mario Molina: Um cientista socialmente comprometido.

Federico Velázquez de Castro González

Asociación Española de Educación Ambiental, España
velazquezdecastrofederico@gmail.com

Reseña biográfica

Recibido: 31/5/2024

Aceptado: 12/12/2024

Publicado: 14/12/2024

RESUMEN

En el presente artículo se comenta la trayectoria de uno de los científicos más relevantes del siglo XX, el doctor Mario Molina. Oriundo de México, tras obtener allí su licenciatura, amplía sus estudios superiores en California, incorporándose a un grupo de trabajo sobre química atmosférica, en el que participó en una investigación trascendental: cómo unos productos de excelentes propiedades (incluida la ausencia de toxicidad) y utilizados en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales, podían ser destructores del ozono estratosférico si alcanzaban las capas altas de la atmósfera. Este descubrimiento le llevó a recibir el Premio Nobel de Química, pero su mérito se amplió al implicarse socialmente para que fuera posible la prohibición de los productos responsables. También es destacable su retorno a México para trabajar por la mejora de su país. Este perfil profesional que rehúye el aislamiento y elige dar un objetivo social a sus conocimientos para que se reviertan en una mejora de la población (especialmente de los más desfavorecidos), es hoy sumamente necesario para abordar los importantes desafíos ambientales.

Palabras clave: clorofluorocarburos, ozono, partículas, Protocolo de Montreal

ABSTRACT

This article discusses the career of one of the most important scientists of the 20th century, Dr. Mario Molina. Originally from Mexico, after obtaining his degree there, he continued his higher education in California, joining a working group on atmospheric chemistry, where he participated in a transcendental investigation: how products with excellent properties (including the absence of toxicity) and used in residential, commercial and industrial applications, could be destroyers of stratospheric ozone if they reached the upper layers of the atmosphere. This discovery led him to receive the Nobel Prize in Chemistry, but his merit was extended by his social involvement so that the prohibition of responsible products was possible. Also noteworthy is his return to Mexico to work for the improvement of his country. This professional profile that shuns isolation and chooses to give a social objective to his knowledge so that it is reverted to an improvement of the population (especially the most disadvantaged), is extremely necessary today to address important environmental challenges.

Keywords: chlorofluorocarbons, Montreal Protocol, ozone, particulate matter

RESUMO

Este artigo discute a carreira de um dos cientistas mais importantes do século XX, o Dr. Mario Molina. Natural do México, após obter sua graduação lá, expandiu sua formação superior na Califórnia, integrando um grupo de trabalho sobre química atmosférica, no qual participou de uma investigação transcendental: como produtos com excelentes propriedades (incluindo a ausência de toxicidade) e usado em aplicações residenciais, comerciais e industriais, eles podem ser destruidores da camada de ozônio se atingirem as camadas superiores da atmosfera. Essa descoberta lhe rendeu o Prêmio Nobel de Química, mas seu mérito foi ainda mais reforçado por seu envolvimento social para tornar possível a proibição de produtos responsáveis. Também é digno de nota seu retorno ao México para trabalhar pela melhoria de seu país. Esse perfil profissional, que foge do isolamento e opta por dar uma finalidade social ao seu conhecimento para que ele possa ser utilizado para melhorar a vida da população (principalmente a mais desfavorecida), é extremamente necessário hoje para enfrentar importantes desafios ambientais.

Palavras-chave: clorofluorcarbonos, material particulado, ozônio, Protocolo de Montreal

INTRODUCCIÓN

Aunque existe una tradición importante, aún son minoría los científicos que se implican en los problemas sociales de su tiempo, interviniendo, a veces con cierta heterodoxia, en debates que afectan directamente a la salud humana o a la naturaleza, por citar algunas de las áreas más relevantes. Sin embargo, nos interesa el perfil comprometido de los hombres y mujeres de ciencia porque su mensaje, sustentado en investigaciones y conocimientos, no sólo aportan luz y autoridad, sino que pueden liderar iniciativas necesarias para el bien de la comunidad.

Mario Molina se inserta en esta línea, pues además de trabajar sobre temas de gran impacto ambiental -la acción de los clorofluorocarburos (CFC) sobre la capa de ozono- supo llevar a los distintos actores a mesas de negociación para conseguir acuerdos, cuya urgencia estaba fuera de toda duda. Volvió a su país de origen, dejando atrás importantes ofertas profesionales, preocupado por elevar el currículum escolar, especialmente en cuanto a la asignatura de Química se refiere. Intervino, finalmente, con voz autorizada en el periodo de pandemia para promover el uso de las mascarillas.

Es importante que personas con este perfil sean reconocidas en el ámbito científico y social. En el primero, para que sirvan de ejemplo y referente; en el segundo, para que la sociedad comprenda que la ciencia práctica es una de las herramientas imprescindibles para interpretar la realidad y contribuir a su mejora.

Vida profesional

José Mario Molina-Pasquel Henríquez nació en Ciudad de México el 19 de marzo de 1943. Desde su infancia se sintió atraído por la química y, tras su paso por la enseñanza media, eligió la carrera de Ingeniería Química en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), interesándose por la fisicoquímica (que en España se conoce como química-física). Realizó su trabajo de licenciatura en 1965, comenzando posteriormente estudios de doctorado en la Universidad californiana de Berkeley, sobre el conocimiento de la dinámica molecular mediante el empleo del láser. Obtiene el doctorado en 1972.

Entra en el grupo del profesor Sherwood Rowland en la Universidad de Irvine (California) con quien iniciará una investigación orientada a conocer el destino de los clorofluorocarburos (CFC), lo que supuso su trabajo

postdoctoral, cuyas conclusiones impulsaron el Protocolo de Montreal de 1987. Entre 1989 y 2004 fue profesor del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

La capa de ozono y los CFC

Situada entre los 22 y 25 kilómetros de altura, se encuentra lo que conocemos como capa de ozono (ozonósfera). Contiene la mayor parte del ozono atmosférico y su origen habría que situarlo hace 1.500 millones de años, cuando la proporción de oxígeno era solo el 1% de la actual, aunque no sería hasta 700 millones de años después cuando estaría plenamente constituida. Su presencia supuso la formación de un escudo protector más frente a las radiaciones penetrantes emitidas por el Sol, en este caso las fracciones B y C de la radiación ultravioleta.

El primer CFC se descubrió en 1923, en el departamento de investigación de la empresa General Motors, cuando se buscaban refrigerantes que mejorasen aspectos problemáticos (como las fugas o incendios) del dióxido de azufre y el amoníaco, empleados frecuentemente entonces. Su descubrimiento fue muy prometedor, hasta el punto de que se fabricaron 20 nuevos productos de la misma familia. Los CFC son compuestos químicos sencillos derivados del metano o etano, donde los átomos de hidrógeno han sido sustituidos completamente por halógenos, especialmente cloro. En los años 70 del siglo XX, su uso se había extendido a más de tres mil aplicaciones, entre ellas la refrigeración en todas sus formas, propulsores de espráis, espumas, disolventes, extintores, usos médicos y militares, etc., con una producción de mil millones de toneladas anuales (se encontraban en las líneas de producción de todas las grandes compañías químicas), de las que un millón se verterían como pérdidas a la atmósfera.

¿Qué contribuyó a su auge? Todo eran buenas noticias: gran estabilidad, alta eficiencia, ausencia de toxicidad, fácil manejo y bajo coste. Fue entonces, junto con S. Rowland, cuando emprendieron una investigación sobre el destino de estos productos. En el aire se encontraban por debajo de la proporción esperada, y en cuanto al agua, eran insolubles. Tampoco el suelo ofrecía valores significativos. Hay que recordar que los tiempos de residencia atmosférica de los CFC son muy dilatados -alrededor de 100 años- por lo que, allí donde estuvieran, deberían acumularse. Sin embargo, quedaba otra posibilidad, y esta fue la novedad de la investigación de Molina-Pasquel: debido a los largos tiempos mencionados, podrían ser inyectados en la estratosfera, puesto que la capa separadora -la tropopausa- permite intercambios en ambas direcciones. Una vez allí se encontrarían con su único sumidero, la radiación ultravioleta de onda corta, que podría descomponerlos liberando cloro que, a través de una serie de reacciones catalíticas, reaccionaría con el ozono destruyéndolo.

El mundo en alerta

En 1973 enviaron un artículo a la revista *Nature*, en el que se detallaba esta hipótesis, siendo rechazado por alarmista. Afortunadamente, una de sus revisoras, Susan Salomon, estaba involucrada en una línea de trabajo similar, lo que les permitió aunar esfuerzos, y así el 28 de junio de 1974 el artículo pudo publicarse bajo el título: "*Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*".

El impacto fue enorme. La Academia de Ciencias de Estados Unidos realizó estudios que mostraban que para 2050 habría desaparecido hasta un 13% del ozono estratosférico. La vida corría peligro, de entrada, se esperaba un aumento en el número de cánceres de piel (como de hecho ocurrió más adelante), lesiones oculares y trastornos inmunológicos. Animales, plantas y materiales se verían también afectados; preocupando la reducción de las cosechas y la acción sobre el fitoplancton. Se convirtió así en el primer problema global al que la humanidad tuvo que enfrentarse.

La gran industria se revolvió, defendiendo la inocuidad de sus productos. La responsabilidad recaería, según argumentaban, en los ciclos solares o los vientos estratosféricos. En 1975 se publicó un artículo en *Science*, promovido por la industria, que Molina tuvo que rebatir. Desde su primer artículo publicó dos docenas de textos relacionados con el ozono, incluidos los que refutaban las posiciones de las grandes compañías, cuyas “teorías” hubo que ir desmontando. Una vez demostrada la responsabilidad de los CFC había que actuar.

El Protocolo de Montreal

Debido al alto nivel de riesgo que la situación mostraba, Molina-Pasquel comenzó a promover un protocolo que limitase la fabricación de estos compuestos. Aún no existía una evidencia científica completa, pero el tiempo apremiaba, por eso lleva el resultado de sus investigaciones a los medios de comunicación y a los responsables políticos. Estas iniciativas “más allá de la ciencia” podían poner en riesgo su reputación profesional, mas, aun así, se implicó. Se pide la aplicación del Principio de Precaución (aceptado por la Unión Europea), promoviendo un encuentro amplio de todos los sectores que abarcaran aspectos científico-técnicos, sociales, económicos, políticos y éticos. Molina-Pasquel mantiene un compromiso ético con la ciencia, que ha dirigido sus movimientos anteriores, vinculándola con los intereses generales.

El Protocolo de Montreal fue firmado en 1987 por 43 países y está considerado como uno de los mejores logros ambientales. Un acuerdo que deseamos se imitara en relación con otros impactos, especialmente el cambio climático. Según la primera versión del Protocolo, para el año 2000 debería reducirse en un 50% la producción y consumo de los CFC. Sin duda era un logro, pero para algunos aún insuficiente, de hecho, los datos que, desde tierra y aire se registraban cada año sobre las concentraciones de ozono, advertían de la seriedad del problema y de la necesidad de adoptar medidas más contundentes (el “agujero de ozono” antártico era una de sus manifestaciones más preocupantes). Fue así, en la revisión del Protocolo en Londres (1992) cuando se decidió unánimemente la prohibición total de su fabricación, comercio y consumo para 1996, fecha que Estados Unidos y la Unión Europea adelantarían un año. Quedaban exentos los “usos esenciales” (médicos o militares), y los países del Sur dispondrían de una prórroga de 10 años. Pero el 98% de la producción total quedaba suprimida.

De vuelta a México

Mario Molina dejó la comodidad de su estatus, como profesor emérito con salario vitalicio, para cambiar su residencia y su vida volviendo a México con el objetivo de combatir la contaminación atmosférica y el cambio climático. Nunca se olvidó de su país, al que trató de apoyar hasta los últimos días de su vida. Su contribución fue importante, en la zona metropolitana del Valle de México para eliminar el plomo, reducir el dióxido de azufre y medir la presencia de partículas.

A partir de 2001 coordinó un equipo de científicos mexicanos y estadounidenses para abordar el problema de la contaminación metropolitana en el centro del Distrito Federal. Pidió la regulación del transporte pesado, responsable en gran medida de la emisión de las partículas PM_{2,5} (es decir, de diámetro inferior a 2,5 micras), demostrando que afectaban al desarrollo de los niños; estas partículas son responsables del 1,5% de las muertes por todas las causas que se producen en el mundo.

Cuestionaba el “derecho humano” a tener un vehículo, como algunos jueces dictaminaban, sino que, más bien, el verdadero derecho era a un medio ambiente sano. La jurisprudencia hoy ha cambiado, en el sentido orientado por Molina, restringiendo, entre otras medidas, la circulación de los vehículos antiguos.

Trata de convencer al gobierno de Felipe Calderón, puesto que su reforma energética no iba en sintonía con las exigencias ambientales del momento. Apoya las energías renovables y promueve leyes desde 2008, mostrándose crítico con los biocombustibles para que no compitieran con la producción de alimentos ni sustituyeran áreas naturales ricas en biodiversidad.

Aplaude la constitución del Sistema Nacional de Cambio Climático, de hecho, México fue el cuarto país del mundo en aprobar una ley en este sentido, siguiendo las recomendaciones internacionales. Con todo, estaba convencido que el presidente López Obrador, no era consciente de la gravedad del problema.

Presidió en México, desde 2004, el Centro Mario Molina, institución de investigación y promoción de políticas públicas fundamentadas en evidencias científicas.

Durante la pandemia

Fue un firme defensor del uso de las mascarillas (o “cubrebocas”, como también se las conoce), consciente de su importante papel protector. Más tarde observó que el SARS-COV-2 podía transmitirse en un mecanismo similar, a través de las partículas PM2,5, según los datos que se iban recogiendo en Europa, Nueva York y China; lo que reforzó su posición frente al gobierno para que estableciera la obligación de que los ciudadanos llevaran este medio protector, invitando al presidente López Obrador a que diera ejemplo utilizándola.

Reconocimientos profesionales

Mario Molina recibió, junto a F.S Rowland y P. Crutzen, el Premio Nobel de Química en 1995 por sus decisivas investigaciones sobre la protección de la capa de ozono. Formó parte del Consejo de Asesores de Ciencia y Tecnología de los presidentes Bill Clinton y Barack Obama. Recibió 40 doctorados honoris causa, fue Premio Tyler de Energía y Ecología en 1983 y Premio Sasakawa de las Naciones Unidas.

Falleció de un ataque al corazón el 7 de octubre de 2020 a los 77 años. Todos los que en aquella época trabajábamos desde la universidad y otros entornos cívicos sobre las temáticas que abordó, reconocemos sinceramente su labor y agradecemos el ejemplo transmitido, al promover el encuentro de la ciencia con la sociedad, a la búsqueda siempre del interés común.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Bazúa, E. y Durán M. C. (2022). Mario Molina, un formador de nuevas generaciones y un investigador de nuestro tiempo. *Educación Química*, 32, 7-26. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.4.80328>

Contreras, J. C., Jiménez, D. y Pichardo, J. (2015). Mario Molina y la saga del ozono, ejemplo de vinculación ciencia-sociedad. *Andamios*, 12(29). <https://acortar.link/cO4JgG>

Landero, K., Ortega-Andeane, P., Reyes-Lagunes, I. y Sosa-Echeverría, R. (2014). Air Pollution in Mexico City: attribution and perception of causes and effects. *Psychology*, 5(1), 91-117. <https://doi.org/10.1080/21711976.2014.881665>

Molina, M. J. y Rowland, F. S. (1974). Stratospheric sinks for chlorofluoromethanes: chlorine atoms catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810-812. <https://doi.org/10.1038/249810a0>

Solorio, I. (2021). Leader on paper, laggard in practice: policy fragmentation and the multilevel paralysis in implementation of the Mexican Climate Act. *Climate Policy*, 21(9), 1-15. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.1894084>

Velázquez de Castro, F. (2001). *El ozono, cuándo protege y cuándo destruye*. Editorial McGraw Hill.

Velázquez de Castro, F. (2023). *Aspectos clave del cambio climático: crisis, pandemias y futuro*. Editorial Acribia.