

Mario Molina

De la recerca al compromís ambiental

Joan Albaiges

Químic. Investigador del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)

Mario Molina (1943), enginyer químic mexicà, doctorat per la Universitat de Berkeley, ha dedicat la seva carrera científica al coneixement dels processos químics que controlen la formació i descomposició de l'ozó a l'atmosfera. Precisament per haver descobert les causes de la formació del forat d'ozó antàrtic, va rebre l'any 1995, conjuntament amb Rowland i Crutzen, el premi Nobel de Química.

«La ciència per ella mateixa no és ni bona ni dolenta», respon Mario Molina, premi Nobel de química l'any 1995, en ser interpellat sobre l'impacte del progrés industrial en el medi ambient i en la nostra salut. «El que la societat fa amb la ciència, és a dir la tecnologia, ja és una altra història.»

Roald Hofmann, premi Nobel de química l'any 1981, sembla coincidir en la mateixa apreciació: «No hi ha molècules dolentes, hi ha negligència o maldat en els éssers humans», escriu en el recorregut imaginatiu, gairebé poètic, que fa per la química en el seu llibre *The same and not the same*¹. I comenta alguns exemples. La talidomida, tan desastrosa com és en els primers estadis de l'embaràs, ha mostrat la seva utilitat en el tractament dels processos inflamatoris associats a la lepra, i fins hi tot hi ha indicis sobre la seva capacitat per inhibir la replicació del VIH de la SIDA. L'òxid nítric, el NO, és un contaminant atmosfèric que contribueix a la formació de l'ozó, però també és un neurotransmissor fonamental en el nostre organisme. Precisament l'ozó, actor principal de l'obra científica del nostre personatge, i productor del nefast *smog* fotoquímic, causat principalment pels escapaments dels cotxes, és també un protector de la radiació solar. Per això es diu que hi ha un ozó "bo" i un ozó "dolent", el primer produït per la naturalesa i situat a l'estratosfera, entre 15 i 50 km d'altitud, el segon produït per l'activitat humana a la troposfera. L'ozó estratosfèric actua de filtre de les radiacions ultravioleta de longitud d'ona inferior a 300 nm, que són molt perilloses per a les diverses formes de vida a la Terra. Per la seva banda, l'ozó troposfèric, que representa només un 10% del que envolta la Terra, però la concentració del

qual ha anat augmentant els darrers decennis a l'hemisferi nord i sobretot a les grans ciutats, contribueix a l'efecte hivernacle i comporta un risc per a la salut. Aquesta ambivalència del progrés científic ha estat viscuda de manera intensa i compromesa per Mario Molina al llarg de la seva carrera investigadora. Una carrera dedicada al coneixement dels processos químics que controlen la formació i descomposició de l'ozó a l'atmosfera, i que van fer-lo mereixedor del Nobel de química, junt amb Rowland i Crutzen, per haver descobert les causes de la formació del forat d'ozó antàrtic, veritable taló d'Aquil·les de l'univers.

Aquesta ambivalència del progrés científic ha estat viscuda de manera intensa i compromesa per Mario Molina al llarg de la seva carrera investigadora



El seu treball en el grup de Pimentel, de qui guarda un excel·lent record com a mestre, va versar sobre la distribució de l'energia interna en els productes de les reaccions fotoquímiques

Vaig conèixer-lo en un congrés a Oaxaca (Mèxic), l'any 1993, on havíem estat convidats per exposar els nostres treballs. La seva presentació, centrada en l'efecte dels cloro-fluorocarbonis, els CFC, sobre l'ozó estratosfèric, més enllà del seu indubtable valor científic, va ser alhora didàctica i exigent d'una major consciència de la societat industrial enfront de la problemàtica ambiental. Em va sorprendre com combinava el rigor científic amb la capacitat de comunicació i la preocupació pels problemes reals de l'ambient. «El que realment em motiva», ha dit sovint, «és fer recerca fonamental i veure que no és incompatible amb fer quelcom de beneficiós per a la societat. Fer les dues coses és una experiència molt gratificant.»

Els inicis

Mario Molina va néixer a Ciutat de Mèxic, el 1943, en el si d'una família benestant. Després de passar uns anys d'escola primària a Suïssa, seguint un costum familiar, i d'aprendre a tocar el violí amb destresa, va cursar els estudis d'enginyeria química a la UNAM, on es va graduar el 1965. Ell mateix confessa que gran part d'aquesta orientació va ser deguda a la fascinació que des de molt petit li va produir l'experimentació científica, fins al punt de convertir un bany en desús de casa seva en un laboratori, on passava hores i hores entretingut amb jocs de química, amb l'ajuda d'una tia seva que era química.

El coneixement de l'alemany li va facilitar fer un postgrau de dos anys, en cinètica de les polimeritzacions, a la Universitat de Friburg, i ampliar els seus coneixements en diverses àrees de la química física. Finalment, el 1968, va marxar cap a la Universitat de Berkeley per fer el doctorat en el grup del professor Pimentel, amb l'objectiu d'estudiar la dinàmica molecular utilitzant làsers químics, que uns anys abans havien estat descoberts en el seu grup. En aquesta estada va conèixer Luisa Tan, que després esdevindria la seva esposa i col·laboradora. El seu treball en el grup de Pimentel, de qui guarda un excel·lent record com a mestre,

va versar sobre la distribució de l'energia interna en els productes de les reaccions fotoquímiques. Va haver de familiaritzar-se amb l'ús dels làsers químics i la interpretació dels senyals de l'emissió làser. Aquells eren els anys dels moviments estudiantils contra la guerra del Vietnam, i va haver de confrontar-se amb el fet que els seus útils de recerca, els làsers químics, fossin també emprats com a armes. Això el va fer qüestionar-se sobre la responsabilitat social del científic, un tema que és sovint present en el seu discurs. Per què fem el que fem? Es podrien esmerçar millor els recursos de què disposem? La ciència és bona o dolenta? «En tot cas», deia, «vull estar implicat en recerques que siguin beneficioses per a la societat, i no amb finalitats destructives.»

En acabar el doctorat a Berkeley, l'any 1972, ell i la seva esposa es van traslladar a Irvine (Califòrnia) a treballar en el grup de Rowland, que havia estat pioner en la recerca de les propietats químiques dels àtoms amb excés d'energia translacional i produïda per processos radioactius. Rowland li va oferir de treballar en un projecte consistent en l'estudi del comportament a l'atmosfera, de certs compostos químics industrials, summament inerts, els CFC (principalment FCl_3 i CF_2Cl_2), que James Lovelock havia demostrat que s'hi estaven acumulant, encara que, aparentment, sense cap efecte negatiu.²

Efectivament, els freons tenien unes propietats singulars. Es podien comprimir i vaporitzar amb facilitat i eren pràcticament inalterables amb el temps, cosa que els feia aptes per a moltes aplicacions, sense que se'n pogués esperar cap problema en el seu ús. L'any 1930 el seu inventor inhalava vapors de CFC i bufava sobre una espelma encesa per mostrar com aquests compostos no eren ni tòxics, ni inflamables. Fins als anys 80 els CFC van fer possible l'aparició de noves tecnologies i productes com els moderns refrigeradors, l'aire condicionat als cotxes i a les cases, els materials plàstics esponjats, emprats entre d'altres com a aïllants, el rentat en sec, o bé l'emmagatzematge en dipòsits a pressió de

farmacs, cosmètics, insecticides, colorants i molts altres productes, per ser dispensats en forma d'aerosol. La seva producció es duplicava cada cinc anys. «Com podia imaginar», diu Molina, «que l'ús d'uns productes tan comuns com els desodorants fossin els causants d'un problema d'abast tan global?»

La descoberta

Així explica ell mateix l'evolució dels esdeveniments.³ «Tres mesos després d'arribar a Irvine, Rowland i jo vam desenvolupar la teoria de la fotodissociació de l'ozó per als CFC. En principi, però, els resultats no semblaven ser gaire interessants, perquè, de fet, els CFC eren transparents a la radiació ultravioleta de la baixa atmosfera i, per tant, els seus efectes eren poc rellevants. Vam saber, però, que els freons podien migrar cap a les capes altes de l'atmosfera, i fins i tot arribar a l'estratosfera, on, allà sí, podrien ser destruïts per la radiació solar de longitud d'ona més curta, i produir radicals Cl i ClO, que iniciarien una sèrie de processos de conseqüències extraordinàries, la principal de les quals era la destrucció de la capa d'ozó estratosfèric que envolta la Terra i que ens protegeix precisament de la radiació solar ultravioleta més perillosa. I vam ser conscients de la gravetat del problema quan vam constatar que d'acord amb les quantitats de CFC produïdes industrialment i sense un control de les emissions, en poques dècades es podia reduir en un 30 o 40% l'ozó que es troba a uns 40 km d'alçada. Un efecte molt superior al poder destructor dels òxids de nitrogen, d'origen antròpic o natural, que havia estat descobert per Crutzen uns anys abans.⁴ Els resultats eren tan sorprenents que la primera cosa que vam pensar va ser que ens havíem equivocat en els càlculs. Davant la magnitud del problema vam decidir intercanviar informació amb els col·legues experts en recerca atmosfèrica i vam anar a Berkeley per parlar-ne amb el professor Johnston, conegut pels seus treballs sobre l'impacte dels vols supersònics en la capa d'ozó estratosfèric. Johns-

ton ens va informar que feia alguns mesos que dos científics, Cicerone i Stolarski, havien arribat a conclusions similars pel que fa al paper catalític dels àtoms de clor a l'estratosfera, en relació amb les emissions d'àcid clorhídric dels volcans o de l'ús de perclorat amònic en els transbordadors espacials. Convençuts, finalment, de la correcta interpretació de les nostres dades vam publicar els resultats a la revista *Nature*, el juny del 1974.⁵»

Era la primera vegada que es tenia evidència dels efectes adversos d'una activitat industrial a escala global. Amb tot, la descoberta va tenir un ressò més aviat limitat. El 1977, alguns països com els EUA, Canadà i Suècia van començar a prohibir l'ús d'aerosols a base de CFC, i poca cosa més, ja que l'estratosfera quedava molt lluny de les preocupacions de la gent i dels polítics. El fet, però, va constituir un important precedent de l'aplicació del principi de precaució, que estableix la necessitat d'actuar, fins i tot sense proves concloents, si hi ha indicis de possibles danys irreversibles. Sortosament, la constatació feient de la gravetat del problema vindria anys després. D'altra banda, la descoberta es produïa deu anys abans que el moviment ecologista s'organitzés i tingués una certa capacitat d'influència. És per això que davant l'absència d'organitzacions a través de les quals advocar per un canvi, van decidir no només comunicar-ho als col·legues científics, sinó també als mitjans de comunicació. Era l'única manera d'aconseguir que tota la societat s'impliqués en el problema i adoptés les mesures necessàries per a mitigar-lo. «Va ser aleshores quan vaig adonar-me», diu Molina, «que havia deixat de dur el barret de científic per parlar com un ciutadà preocupat.»

Mentrestant, Molina era promogut com a professor de la universitat i això va fer que hagués d'establir el seu propi grup de treball, en el qual va col·laborar la seva esposa Luisa. La seva passió pel treball experimental, que havia conreat des de petit, es va veure dificultada per l'activitat acadèmica que havia de dur a terme. És per això que, després de sis anys a Irvine, el 1982

Era la primera vegada que l'Acadèmia Sueca concedia el premi Nobel a una activitat de recerca relacionada amb l'impacte de l'home sobre el medi

va decidir acceptar una posició no acadèmica al Jet Propulsion Laboratory del Califòrnia Institute of Technology. Allí tindria un grup més petit, però podria realitzar el seu somni de continuar experimentant amb les seves pròpies mans.

Aquella situació d'aparent desinterès per les repercussions ambientals dels CFC va esvaïr-se ràpidament l'any 1985, quan Farman i els seus col·laboradors del British Antarctic Survey van publicar les sorprenents dades sobre la depressió estacional de la capa d'ozó a l'Antàrtida.⁶ En deu anys, del 1980 al 1990, les concentracions d'ozó mesurades durant la primavera austral, a l'octubre, a la Halley Bay Station, havien caigut de 300 a 150 unitats Dobson, molt més del que es podia preveure, i deixant pràcticament sense protecció de la radiació solar un territori tan gran com els mateixos EUA. El més sorprenent era que uns productes consumits majoritàriament a l'hemisferi nord deixaven sentir els seus efectes tan lluny com al pol sud, la qual cosa podia ajudar a prendre consciència dels límits del nostre planeta i de la necessitat de preocupar-se per la seva salut global. Però, per què l'efecte estava tan localitzat, en l'espai i en el temps?

Els models de circulació atmosfèrica de l'ozó, que han estat estudiats durant més de 50 anys, partint de les observacions de Dobson (1920), impliquen un transport vertical des de la troposfera cap a l'estratosfera en els tròpics i un flux advection cap a latituds més grans, especialment en augment a la primavera. D'altra banda, a l'hivern es formen uns núvols (*polar stratospheric clouds*, PSC) de cristalls de gel i d'àcid nítric sòlid, que seran el substrat necessari perquè, en créixer la radiació solar a la primavera, es produeixin una sèrie de reaccions heterogènies, que comporten la producció de clor, procedent de la fotodissociació dels CFC, que serà la font de radicals que destruiran l'ozó. Aquesta coincidència de factors no es dona a l'Àrtic, on els PSC desapareixen abans de l'arribada de suficient radiació solar, capaç de produir el radicals clor.

Molina i la seva esposa Luisa van contribuir de manera significativa al coneixement de les reaccions químiques que ocorren en els núvols polars, i en uns experiments de simulació en el laboratori van identificar noves fotoreaccions de derivats del clor (àcid clorhídric, òxid i peròxid de clor, etc.) sobre cristalls de gel, que condueixen a la formació de radicals clor i permeten explicar la ràpida pèrdua d'ozó a l'estratosfera polar.⁷

El reconeixement científic

L'11 d'octubre del 1995, en arribar al seu despatx després d'un dia normal de classe, com a professor de ciències ambientals al Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, del Massachusetts Institute of Technology de Boston, on s'havia traslladat el 1989, Mario Molina va rebre una trucada de l'Acadèmia Sueca. Li havia estat concedit el premi Nobel de química, compartit amb F.S. Rowland, company seu a la Universitat de Califòrnia, a Irvine, i amb Paul Crutzen, de l'Institut de Química Max Planck, a Mainz, per la seva contribució pionera, tal com diu el títol de concessió, al coneixement dels processos químics que controlen la formació i descomposició de l'ozó a l'estratosfera. «Amb l'explicació dels mecanismes químics que condicionen la capa d'ozó estratosfèric», conclou el document, «els guardonats van contribuir a salvar-nos d'un problema ambiental global de conseqüències catastròfiques pel planeta i per la humanitat.» Era la primera vegada que l'Acadèmia Sueca concedia el premi Nobel a una activitat de recerca relacionada amb l'impacte de l'home sobre el medi.

«Estic content de celebrar i compartir aquest reconeixement amb tots els meus col·legues, estudiants i amics, passats i presents, que m'han acompanyat al llarg dels darrers vint anys en la meua vida acadèmica i que espero que ho segueixin fent en els anys a venir. Espero continuar amb el meu compromís de treballar pel bé de l'ambient i de la humanitat.»⁸ «És molt gratificant», deia Molina, «veure com des de la recerca hom pot tractar de treballar en problemes que afecten

Amb la major part del premi, Molina va constituir un fons d'ajudes per a joves de països en vies de desenvolupament, particularment d'Amèrica Llatina, per dur a terme investigacions en ciències ambientals

la societat de manera directa. El guardó posa de manifest com la preocupació científica més fonamental pot tenir importants repercussions en el nostre món.»

Amb la major part del premi, Molina va constituir un fons d'ajudes per a joves de països en vies de desenvolupament, particularment d'Amèrica Llatina, per dur a terme investigacions en ciències ambientals. Atès el gran nombre de problemes ambientals que aquests països tenen, com la desforestació, la desertificació, o la contaminació de les aigües i l'aire, Molina considera crucial implicar els joves d'aquestes regions en la recerca de solucions. «Hi ha massa pocs experts en els països en vies de desenvolupament i aquests països han de participar també en negociacions internacionals per assegurar un futur sostenible, i per això han de tenir una formació adequada. El món ha de treballar conjuntament, de manera que el desenvolupament no es faci en detriment del medi ambient com ha estat en el passat.»

L'activitat científica de Molina no va aturar-se en les seves revolucionàries prediccions. El seu grup ha continuat treballant en la química i en la microfísica dels aerosols de diversos tipus, per comprendre millor, per exemple, els processos que tenen lloc en les partícules de gel o en la superfície de les partícules atmosfèriques. Ha desenvolupat noves tècniques instrumentals per a l'estudi bàsic dels processos químics atmosfèrics, de manera que ha pogut indagar la cinètica d'una gran varietat de reaccions que tenen lloc a l'atmosfera, així com els mecanismes de diverses reaccions fotoquímiques a la troposfera, que poden tenir conseqüències importants sobretot en les grans concentracions urbanes.

Un problema que el preocupa especialment, perquè afecta la seva ciutat natal, Ciutat de Mèxic, és el de la contaminació urbana originada pel tràfic automobilístic. Ell mateix recorda que «quan era petit la major part dels dies podia veure els volcans que voregen la ciutat, mentre que ara cal tenir molta sort per veure'ls». A partir d'una anàlisi integrada de factors de risc, econòmics i polítics, junt amb la recerca i

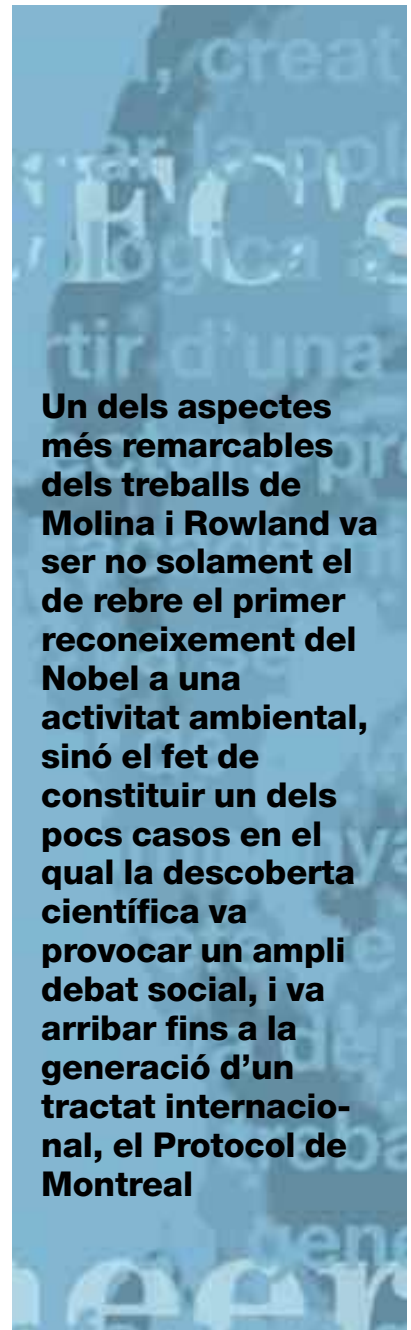
l'obtenció de dades sobre el terreny, pretén trobar, en el cas de Ciutat de Mèxic, la manera d'enfortir les polítiques ambientals de les grans ciutats. En aquest sentit, cal remarcar el seu interès a desenvolupar mètodes de gestió ambiental, amb plantejaments tècnics, però també interactius i educacionals, amb l'objectiu de millorar tant els processos com les capacitats institucionals per a la presa de decisions. Aquesta és la comesa d'un important projecte dirigit amb la seva esposa i finançat per la Comissió Ambiental Metropolitana, el Banc Mundial i el MIT.⁹

Així, espera que els arguments i les estratègies que van fer possible aturar la degradació de la capa d'ozó a l'estratosfera serveixin també per reduir-ne la formació a la troposfera, originada principalment per les emissions de combustibles fòssils, i alleugerir d'aquesta manera el problema de l'escalfament del planeta.

La connexió entre ciència i política

Un dels aspectes més destacables dels treballs de Molina i Rowland va ser no solament el de rebre el primer reconeixement del Nobel a una activitat ambiental, sinó el fet de constituir un dels pocs casos en el qual la descoberta científica va provocar un ampli debat social, i va arribar fins a la generació d'un tractat internacional, el Protocol de Montreal.¹⁰ Els científics preveien que si no es produïa una actuació internacional conjunta, la capa d'ozó s'esgotaria de manera greu durant les dècades vinents, amb el subsegüent increment dels casos de càncer de pell, la disminució de les collites i amplis danys en la vida aquàtica. Ciència i política van mostrar, aleshores, la seva raó de ser, que no és altra que la de guiar adequadament el progrés de la societat.

El Programa de les Nacions Unides per al Medi Ambient (UNEP) va canalitzar la resposta governamental a aquesta problemàtica a través de les convencions de Viena (1985) i Montreal (1987). El 16 de setembre de 1987, la diplomàcia ambiental internacional aprovava el Protocol de Montreal per restringir l'ús d'aquelles



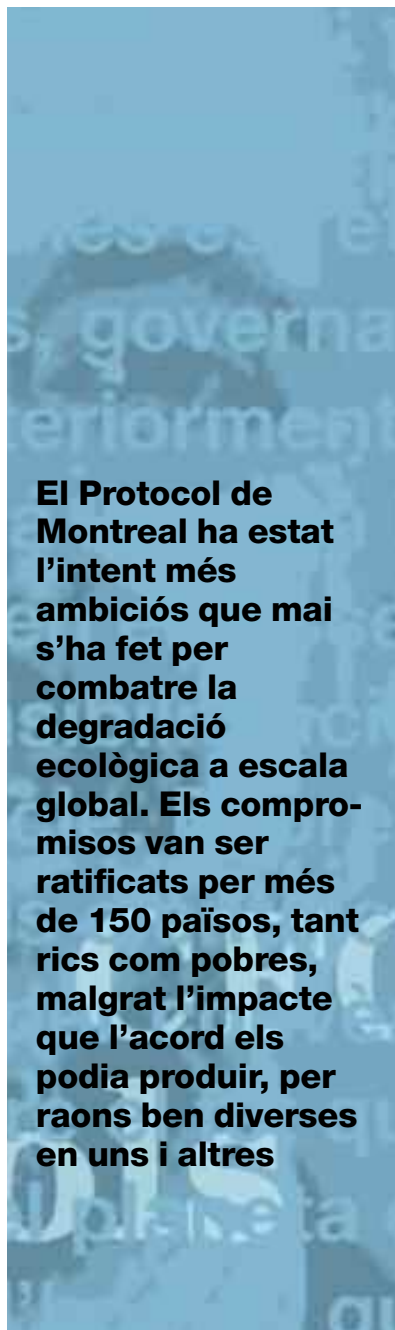
Un dels aspectes més destacables dels treballs de Molina i Rowland va ser no solament el de rebre el primer reconeixement del Nobel a una activitat ambiental, sinó el fet de constituir un dels pocs casos en el qual la descoberta científica va provocar un ampli debat social, i va arribar fins a la generació d'un tractat internacional, el Protocol de Montreal

substàncies químiques que s'havien mostrat perjudicials per al finíssim tel d'ozó estratosfèric que ens protegeix de la perillosa radiació ultravioleta procedent del sol.

El Protocol de Montreal ha estat l'intent més ambiciós que mai s'ha fet per combatre la degradació ecològica a escala global. Els compromisos van ser ratificats per més de 150 països, tant rics com pobres, malgrat l'impacte que l'acord els podia produir, per raons ben diverses en uns i altres. El protocol va marcar, també, el començament d'una nova etapa quant a diplomàcia ambiental, que va seguir amb la Conferència de Rio, i que té el seu darrer exponent en el Conveni d'Estocolm sobre els compostos orgànics persistents. Sens dubte que part de la reeixida gestació i posterior gestió d'aquest conveni va ser deguda al paper que Molina va tenir en la sensibilització dels responsables públics, dels mitjans de comunicació i del públic en general, sobre la significació de les seves descobertes.

El procés no va ser fàcil. Les tesis de Molina i Rowland van ser fortament qüestionades per científics i polítics, i molt especialment per la indústria. Uns es preguntaven si el fenomen observat simplement formava part d'un cicle natural i els altres s'oposaven a qualsevulla restricció en la producció i ús dels CFC. El mateix any que rebien el Nobel, al Congrés dels EUA s'aixecaven veus qüestionant l'existència del forat d'ozó i, per tant, que els freons fossin el cos del delictes. El mateix estat d'Arizona va declarar invàlid el Protocol de Montreal en el seu territori. Davant d'aquestes resistències, Molina declarava públicament: «Els convido a anar a l'estratosfera per veure quant clor hi ha, i convèncer-los que ve dels freons».¹¹

L'agre debat se centrava en el fet que l'aerosol marí, les erupcions volcàniques, o els incendis forestals enviaven quantitats de clor a l'atmosfera milers de vegades superiors a les que representava tota la producció de freons al llarg de la història, sense que hi hagués constància que la capa d'ozó s'hagués vist afectada. Altres, com Rush Limbaugh, a *The way things ought to be,*



El Protocol de Montreal ha estat l'intent més ambiciós que mai s'ha fet per combatre la degradació ecològica a escala global. Els compromisos van ser ratificats per més de 150 països, tant rics com pobres, malgrat l'impacte que l'acord els podia produir, per raons ben diverses en uns i altres

o *Dixy Ray a Trashing the Planet*, parlaven fins i tot de frau. Però hi havia una dada important que se'ls havia passat per alt. El clor procedent de les fonts naturals esmentades era soluble en aigua, de manera que quedava retingut, amb les pluges, a les capes baixes de l'atmosfera, mentre que els CFC eren insolubles i inerts i podien arribar fins a l'estratosfera. D'altra banda, les presències de sodi o de clorur de metil, que estarien associades, respectivament, a l'aerosol marí o a la combustió de biomassa terrestre, són pràcticament nul·les a l'estratosfera. Les determinacions de 30 espècies clorades, fetes el 1985, amb els instruments col·locats en satèl·lits i naus espacials, i els corresponents balanços de massa de les diferents espècies, van deixar clar que el clor estratosfèric estava estretament associat als CFC. Molina i la seva esposa Luisa, el 1987, havien ja identificat en el laboratori la sèrie de reaccions que provaven aquella relació. Avui està ben provat que les concentracions de CFC i de clor a l'estratosfera han crescut en paral·lel i la teoria segons la qual el forat d'ozó està causat per reaccions químiques, en les quals el clor té un paper essencial, és ben sòlida.

En el futur, el principal repte està en el reforçament del Protocol de Montreal, per evitar, entre d'altres, el mercat negre de CFC. L'any 1995 la producció mundial de freons s'havia reduït un 76% i s'espera la seva total eliminació el 2010. Amb tot, les concentracions a l'estratosfera encara segueixen pujant i les estimacions actuals indiquen que, si el Protocol és respectat, la capa protectora d'ozó no quedarà restablerta fins cap a l'any 2045.

Epíleg

Mario Molina ha rebut nombroses distincions que honoren persones que han contribuït a la millora de la gestió i protecció de l'ambient, com el Tyler Award (1983), la medalla de la NASA al mèrit científic (1989), el premi Sasakawa de l'UNEP (1999), etc.

Molina és bel·ligerant en la defensa del medi ambient, però no és alarmista. «Mai no he dit que ens acostem a la fi del món»

El 1994 Molina havia estat nomenat pel president Clinton, un dels 18 membres del Consell Assessor en Ciència i Tecnologia, creat per tal d'ajudar a adaptar la política científica i tecnològica a les necessitats del país, a partir d'una relació més estreta entre els sectors productius, governamentals i acadèmics. Posteriorment, el 1997, va ser convidat a la Casa Blanca per tal de col·laborar en el disseny d'una campanya de sensibilització social sobre l'efecte hivernacle. El president Clinton va demanar als científics presents que treballassin per convèncer el públic en general sobre el fet que l'escalfament global del planeta era un problema causat per l'home i que no podíem passar la responsabilitat a les generacions futures, si no abordàvem responsablement el repte del canvi climàtic. Molina declara explícitament que mirant les tendències futures, la conclusió és clara i preocupant. Els registres existents indiquen que en unes desenes d'anys tindrem uns nivells d'anhidrid carbònic a l'atmosfera com no hem tingut en els darrers 50 milions d'anys. Molina és bel·ligerant en la defensa del medi ambient, però no és alarmista. «Mai no he dit que ens acostem a la fi del món». Molina dedica ara menys temps al laboratori i més a parlar amb polítics i mitjans de comunicació per convèncer-los de la importància dels problemes ambientals globals. «Tot i això m'alegra», explica, «compartir estones amb els meus estudiants de doctorat o postdoctorals, perquè constitueixen un veritable estímul intel·lectual. Els intento fer veure que l'obtenció de resultats rellevants requereix paciència i perseverança. La clau és mantenir viva la capacitat de fascinació més enllà del mateix sistema. D'altra banda, la docència m'obliga a transmetre els coneixements als estudiants, amb esperit crític i obert, i a repensar contínuament les mateixes idees. Després d'aquests anys considero que l'activitat científica i docent són complementàries. Quan vaig començar a investigar el comportament dels freons a l'atmosfera em movia poc més que la curiositat científica. Ara estic aclaparat pel fet d'haver contribuït no sola-

ment a la comprensió de la química atmosfèrica, sinó també a la millora global de l'ambient.» ●

Referències

- ¹ Roald Hoffman, *The same and not the same*, Columbia University Press, New York, 1995, 294 pp.
- ² J. E. Lovelock, R.J. Maggs i R.J. Wade, 'Halogenated hydrocarbons in and over the Atlantic', *Nature*, 241, 1973, 194-196
- ³ Mario Molina, *Autobiografia*, Fundació Nobel, 1995
- ⁴ P.J. Crutzen, 'The influence of nitrogen oxides on atmosphere ozone content', *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 96, 1970, 320-325
- ⁵ M.J. Molina i F.S. Rowland, 'Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom catalysed destruction of ozone', *Nature*, 249, 1974, 810-812
- ⁶ J.C. Farman, B.G. Gardiner i J.D. Shanklin, 'Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interactions', *Nature*, 315, 1985, 207-210
- ⁷ M.J. Molina, T.L. Tso, L.T. Molina, F.C.Y. Wang, 'Antarctic stratospheric chemistry of chlorine nitrate, hydrogen chloride and ice: release of active chlorine', *Science*, 238, 1987, 1253-1257
- ⁸ M.J. Molina, 'Polar ozone depletion (Nobel Lecture)', *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 35, 1996, 1778-1785
- ⁹ M.J. Molina, L.T. Molina., Programa Integral sobre Contaminación Urbana, regional y global: Estudio de Caso de la Ciudad de México. Informe final, Instituto Tecnológico de Massachusetts, agost 2000, 73 pp.
- ¹⁰ H.F. French, "Aprender de l'experiència de l'ozó", a: *L'estat del món, 1997* (Ed. Lester R. Brown), Worldwatch Institute (versió catalana, Centre Unesco de Catalunya), 1997, pp. 177-200
- ¹¹ S. Nemecek, Mario Molina, 'Rescuing the ozone layer', *Scientific American*, nov. 1997