

BUENAS NOTICIAS PARA LA CAPA DE OZONO

En las primeras décadas del siglo XX, la industria había alcanzado un cierto grado de madurez, lo que requería el apoyo de determinados sistemas, como la refrigeración. Ésta solía generarse a partir de amoníaco y dióxido de azufre, gases con excelentes propiedades termodinámicas, pero peligrosos por su toxicidad e inflamabilidad. Se necesitaba algún producto nuevo, dado que no eran inusuales las fugas, con los incendios e intoxicaciones que producían entre el personal expuesto. Fue así como en 1928, en el Departamento de investigación de la empresa General Motors se descubrió un compuesto totalmente diferente. Se traba del primer CFC, una molécula sencilla derivada del metano, donde los átomos de hidrógeno habían sido sustituidos por flúor y cloro. Sus resultados fueron excelentes, y este CFC, al que en la nomenclatura específica se le conocería como CFC-12 comenzó a introducirse masivamente en todos los aparatos y circuitos de refrigeración.

Animados por la eficiencia demostrada, se continuó investigando en esta línea de productos llegando a preparar 20 nuevas sustancias. Sus campos de aplicación serían las espumas, los gases propelentes de los spray, disolventes especiales, extintores..., en definitiva se encontró en ellos más de 3.000 aplicaciones. No eran, por tanto, productos marginales, sino que cada vez estaban más introducidos en la química básica y todas sus aplicaciones. En los años 70 del pasado siglo, se producían anualmente 1.000 millones de toneladas, con unas emisiones estimadas en un millón de toneladas. Entre sus propiedades destacaban su estabilidad, ausencia de toxicidad, sin poder corrosivo, explosivo ni inflamable, fácil manejo y bajo precio. Toda una gran noticia para la industria química que veía en ellos auténticas alternativas en muchos campos en los que alcanzaron la exclusividad, quizás el más patente haya sido la refrigeración en todos sus sectores (doméstica, industrial, comercial, transporte...). El hecho de no resultar tóxicos, evitaba preocuparse por sus emisiones o su dispersión en la biosfera.

En estas mismas fechas, dos científicos de la Universidad de Irvine (California), emprendieron una investigación para conocer el destino final de los CFC. Su trabajo no respondía a ninguna inquietud concreta, simplemente la curiosidad por conocer dónde y cómo se iban acumulando estos productos, pues dada su estabilidad y su baja solubilidad en agua, debían estar en forma apreciable en la atmósfera. La sorpresa llegó cuando la proporción de CFC encontrados fue muy pequeña, por lo que la pregunta, dada la enorme cantidad de gases emitidos, era: ¿dónde estaban? En el agua, quedaba descartado y en los suelos, apenas se detectaron. ¿Dónde entonces?

Molina y Rowland, que así se apellidaban los investigadores citados, formularon una hipótesis atrevida. Debido a su estabilidad y, por tanto, a sus largos tiempos de residencia en la atmósfera, podían haber sido transportados hacia la Zona de Convergencia Intertropical, cerca del ecuador. Allí podrían haber ascendido, a través de corrientes verticales de aire hacia la estratosfera y alcanzar la altura donde se sitúa la capa de ozono. Una vez en la alta atmósfera habrían sido destruidos por su único sumidero natural, que es la radiación ultravioleta de onda corta. Esta radiación no llega a la superficie terrestre, pero sí se encuentra en alturas elevadas, por lo que

en su presencia, los CFC podrían romperse y liberar los átomos de cloro que contiene su molécula. Este cloro libre podría reaccionar con el ozono, destruyéndolo y provocando que las radiaciones más penetrantes de la radiación ultravioleta llegasen hasta la superficie, comprometiendo seriamente la vida en el planeta. Con este razonamiento, en 1973 enviaron un artículo a la prestigiosa revista científica *Nature*, que tras ser examinado se rechazó por alarmista. Afortunadamente, un miembro del equipo de revisores quedó intrigado por las conclusiones y, dado que también trabajaba en una línea similar, se dio a conocer y, de forma conjunta, lograron que el artículo fuera publicado un año más tarde. La advertencia estaba dada.

Dejemos por el momento esta historia, que en 1987 supuso el Premio Nobel a sus investigadores, para hablar sobre un producto tan fascinante como es el ozono. Se trata de una forma aumentada de oxígeno, de fórmula O_3 y estructura triangular, que aparece en la atmósfera hace 1.500 millones de años. Previamente a ese momento, la radiación solar llegaba íntegramente a la superficie (una vez que los rayos cósmicos habían sido desviados en las capas superiores de la atmósfera), impidiendo toda forma de vida terrestre. Cuando se forma el ozono, la concentración de oxígeno representaba todavía el 1% de la actual, pero suficiente para poder descomponerse y producirlo. Son los inicios de la llamada “capa de ozono”, que no es una capa al uso, como la litosfera o la hidrosfera, sino un conjunto permanente de reacciones en las que el oxígeno forma ozono y éste a su vez se descompone en oxígeno –a un ritmo de 300.000 toneladas diarias- con el resultado de la absorción de la radiación ultravioleta B y C. Con estas radiaciones neutralizadas, la vida pudo ir emergiendo hacia la parte más superficial de las aguas y desde allí pasar a tierra firme, permitiendo el curso de la evolución en estos nuevos medios (tierra y aire).

Ya se habrá deducido que la Tierra no tuvo siempre la misma composición y que como los continentes, mares, montañas..., ha ido cambiando a lo largo de la historia. El oxígeno es un “recién llegado”, pero vivimos gracias a él y, además, sus efectos beneficiosos no se limitan sólo a facilitar la respiración de los organismos aerobios (en las proporciones adecuadas), sino a generar ozono protector. Cuando su capa se reduce, aumentan los daños a la piel a través de quemaduras y, en los casos más severos, cáncer, con o sin melanoma, daños a la vista, desde el cristalino a la retina, y al sistema inmunitario. Los efectos son también importantes sobre la vegetación y el fitoplancton marino. Una reducción en la capa de ozono tendría consecuencias fatales para los humanos y el resto de las especies.

Cuando los estudios de Molina y Rowland se hicieron públicos, muchos organismos ampliaron sus investigaciones, confirmando la hipótesis, especialmente cuando el investigador japonés S. Chubachi detectó los agujeros de ozono sobre la Antártida. Quedaba claro que estábamos ante una emergencia y había que actuar con presteza, y la única vía era reduciendo los CFC. Mas, la industria, que había visto en ellos unos productos de tan alto grado de excelencia, no estaba dispuesta a asumir reducciones sin una clara constatación de que fueran los verdaderos causantes.

Y comienza así lo que en medio ambiente conocemos como *conflicto de intereses*. Porque detrás de cualquier propuesta ambiental, por muy razonable que parezca, no suele haber una aceptación generalizada. La solución, entonces, pasa por

el diálogo y el consenso para encontrar vías de intervención que conjuguen, en lo posible, los intereses confrontados.

La industria negó toda responsabilidad y señaló como causante de la reducción de ozono a los ciclos solares. Hubo que demostrar que no existía tal relación, lo que les llevó a señalar a los vientos estratosféricos como los causantes de la variabilidad de sus concentraciones. Mas, como la realidad es tozuda, al final no quedó sino reconocer que eran los CFC los principales responsables de la pérdida de nuestra capa protectora.

A partir de aquí, y auspiciados por Naciones Unidas, comenzaron a realizarse encuentros entre las diferentes partes (Administraciones, empresas, científicos, organizaciones ambientales...) para buscar acuerdos ante tan importante problema. Se logró un primer Convenio en Viena, en 1985, ambiguo y sin medidas concretas, lo que llevó a la firma de un nuevo tratado, el Protocolo de Montreal de 1987, en el que ya se apuntaban reducciones para el año 2000. Pero las observaciones continuaban enviando señales de alarma y las sociedades científicas apremiaban a compromisos más contundentes. Y así, en la revisión del Protocolo en Londres en 1992, se acordó suprimir definitivamente los CFC de los países industrializados para 1996 (lo que la Unión Europea y Estados Unidos adelantarían en un año). Estaba dado el paso definitivo para que se iniciara la recuperación del ozono estratosférico.

¿Y qué ocurrió con la industria que tanto se había opuesto a adoptar medidas protectoras? ¿Hubo algún crack industrial o algún cierre masivo de empresas? Y en cuanto a la sociedad, que hacía uso de los CFC en tan elevado número de aplicaciones, ¿tuvieron que resignarse a una pérdida en su calidad de vida? Pues bien, la industria dejó al mundo boquiabierto cuando en un corto plazo, no superior a cinco años, comenzó a fabricar productos sustitutos, de tal manera que sus líneas de producción no se resintieron, ni los ciudadanos notaron cambios aparentes en todos los campos donde los CFC se aplicaban. Fue una demostración clara de que cuando se quiere, se puede, es decir, cuando existe voluntad política, los medios tecnológicos apoyan las decisiones. Y que los seres humanos, como afirmaba, Mario Molina, podemos resolver los problemas que hemos generado (mucho antes, el poeta Hölderlin había escrito: *allí donde crece el peligro, crece lo que lo salva*)

Las reuniones posteriores de las Partes del Protocolo de Montreal han continuado dando sus frutos. Así, en la reunión de 2007 se abordó la eliminación de una familia de productos sustitutos, los HCFC, que aunque con un tiempo de residencia mucho menor que los compuestos anteriores, y por tanto más fácilmente degradables, continuaban llevando cloro, por lo que el riesgo no había sido totalmente eliminado. En dicha reunión se propuso una congelación en 2013, 10% de reducción en 2015 y eliminación para 2030. En la reunión del Protocolo del año 2016, se abordó la eliminación de otra familia sintética, los HFC, unos productos de nula influencia en la reducción de ozono, al no llevar cloro en su estructura, pero de fuerte impacto en el efecto invernadero. Para ellos hay previsto un calendario de reducción que se iniciaría en 2019 y finalizaría en 2036, aunque por la experiencia de la evolución del Protocolo puede que esos plazos terminen acortándose. Productos de la química sencilla, como el amoníaco o los hidrocarburos pueden constituir, en las condiciones de aislamiento adecuado, las próximas alternativas.

El Protocolo de Montreal y sus revisiones, traen, pues, buenas noticias para la capa de ozono y el medio ambiente. Si no aparecen interferencias inesperadas, como alteraciones climáticas, emisiones volcánicas de gran alcance o nuevos productos químicos peligrosos (incluido el control definitivo de un plaguicida, el bromuro de metilo), iremos progresivamente restaurando nuestra capa protectora. Debido a los largos tiempos de residencia de los CFC en la atmósfera –un siglo, como término medio- no resulta posible recuperar los niveles normales de ozono de manera inmediata, por ello habrá que esperar hasta el año 2050 para conseguirlo plenamente, lo que debe ser tenido en consideración para continuar protegiéndose de la radiación solar, atendiendo a los índices de radiación ultravioleta que la Agencia Estatal de Meteorología suele señalar. No obstante, los datos anuales apuntan hacia menores pérdidas del ozono antártico (menores “agujeros de ozono”) y mayores valores globales de este producto.

Quede esta breve, pero decisiva historia, para que nos sirva como referencia en la resolución de otros problemas ambientales: la importancia del diálogo, la mejora de los acuerdos, la existencia de alternativas, la voluntad política... Ciertamente, era mucho lo que nos jugábamos, pero esta clase de instrumentos de participación y consenso se configuran como valiosas herramientas para la resolución de los conflictos ambientales de nuestro tiempo.