

Crisis del ozono y crisis climática: similitudes y diferencias¹

por Francesco Zaratti Sacchetti² y Marcos F. Andrade Flores³

¹ Basado en la conferencia magistral dictada por Francesco Zaratti a raíz del XXX aniversario de la fundación del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés.

² fzaratti@fiumsa.edu.bo

³ Laboratorio de Física de la Atmósfera – Instituto de Investigaciones Físicas
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Resumen

La crisis del ozono, generada a partir del invento de unas sustancias industriales no tóxicas (los llamados CFC) estalló en la década de los '80. Sin embargo ante contundentes pruebas científicas se llegó rápidamente a un consenso en cuanto a sus causas, antropogénicas, y a su solución, la interdicción de los CFC. Con base en el concepto de desarrollo sostenible se tomaron de inmediato medidas globales de carácter político y económico para frenar el daño hecho y restaurar, en tiempos razonables, las condiciones normales de la capa de ozono. El éxito se obtuvo con un raro consenso de científicos, políticos y operadores económicos en torno a las soluciones. El calentamiento global, a pesar de la evidencia acumulada, sigue suscitando controversias en cuanto a sus causas y dubitaciones en cuanto a las soluciones. Se trata de una crisis más global que la del ozono, con una diferente escala de costos y con implicaciones profundas para el estilo de vida de los países más industrializados, aspectos que hacen más compleja su solución.

Abstract

The ozone crisis, generated from the invention of a few industrial and non toxic substances (called CFCs), exploded in the '80s. Nevertheless before conclusive scientific tests, it came rapidly to a consensus regarding its anthropogenic causes, and its solution, the interdiction of CFCs. Based on the concept of sustainable development, political and economic global measures were taken to stop the damage and to restore, within a reasonable time, normal conditions of the ozone layer. Success was achieved by a strange consensus reached by scientists, politicians and economic operators around the solutions. Global warming, in spite of the accumulated evidence, continues provoking controversies due to its reasons and doubts as for the solutions. It is a more global crisis than the ozone crisis, with a different scale of costs and with deeper implications for the way of life of the most industrialized countries, aspects that make finding a solution a more complicated task.

Palabras clave.- Clorofluorocarbonos (CFC), primavera austral, ozono estratosférico, hueco de ozono.

Keywords.- Chlorfluorocarbons (CFC), austral spring, stratospheric ozone, ozone layer.

Introducción

No es una casualidad que la Ecología, o ciencia del ambiente, haya tenido una verdadera explosión en el seno de las ciencias naturales, a partir y como consecuencia del acelerado desarrollo económico del siglo XX.

Por una serie de causas, crecimiento poblacional y avances tecnológicos, grandes guerras y largos períodos de paz, la globalización cultural y el comercio internacional, para citar algunos, el planeta ha vivido

un período de consumo acelerado de sus recursos, con varios efectos colaterales que han tardado en ser entendidos en todos sus alcances por la opinión pública y los gobiernos.

Como consecuencia de ese período de consumo y derroche de los recursos naturales, el mundo ha vivido y sigue viviendo dos grandes crisis globales, de contenido similar, pero de significación muy diferente, una más sencilla, la del ozono, y otra más compleja, la crisis climática.

Descripción de la crisis del ozono

El origen de la crisis del ozono se remonta a los años '30 del siglo XX, cuando en unos laboratorios industriales se inventaron unos compuestos químicos (a base de cloro, fluro y carbono) útiles para la industria de la refrigeración que tenían algo de milagroso: eran inocuos para la salud, no eran explosivos, no interactuaban con el agua ni con las sustancias más comunes, sobre todo no reaccionaban con los gases atmosféricos y, además eran económicos. Es decir eran sustancias muy estables en la troposfera. Por esas razones los CFC tuvieron un enorme éxito en la industria de refrigeradores, espumas y spray y su producción creció exponencialmente en la posguerra, paralelamente al incremento del nivel de vida de los países desarrollados.

Recién en la década de los '70, estudios teóricos y de laboratorio, a cargo de los químicos Rowland y Molina, y Crutzen (de manera independiente), pusieron en evidencia una debilidad de esos compuestos: su descomposición en presencia de la radiación ultravioleta (RUV) y la consecuente alta reactividad del cloro liberado. No obstante la intensidad típica de RUV en la troposfera no permitía descomponer los CFC en esa región de la atmósfera.

En esa época sin embargo, las observaciones atmosféricas no llamaban la atención de los científicos, hasta que, en la primavera austral del año 1986, científicos de la base antártica del Reino Unido detectaron una dramática disminución de la columna de ozono medida sobre su laboratorio. Esta disminución se producía en la estratosfera, una región situada entre 8 y 50 km. de altura en las zonas polares. Es interesante notar que, a pesar que ya existían satélites que medían la columna de ozono de manera global desde 1978, éstos no detectaron el fenómeno por motivos técnicos relacionados con el control de calidad de los datos.

Sin embargo, el descubrimiento de la masiva destrucción de ozono en el Polo Sur en la primavera austral, denominado "hueco de ozono", revivió la teoría de Rowland y Molina, y obligó a la NASA a reprocesar los datos descartados y, gracias a los medios de co-

municación, despertó la susceptibilidad de la opinión pública en torno al uso de los CFC, responsables de dañar la capa de ozono del planeta, provocando un incremento de la radiación ultravioleta con su secuela de efectos sobre la salud humana, la vida en general y los materiales.

Las pocas, aunque poderosas, industrias involucradas en la producción y comercio de CFCs, opusieron una feroz resistencia, "alquilando" científicos para contrarrestar a la teoría casi unánimemente aceptada, mientras ganaban tiempo para encontrar sustitutos de los gases incriminados. Hubo dos iniciativas tempestivas y exitosas. Por un lado los científicos acordaron realizar experimentos clave para probar la teoría de Rowland y Molina en la atmósfera de la Antártica, al tiempo que perfeccionaban los detalles de la misma. Paralelamente, la comunidad internacional, motivada por la presión de opinión pública, llegó a acuerdos (el primero fue el Protocolo de Montreal), que puede considerarse el nacimiento del concepto de Desarrollo Sostenible en respuesta al primer riesgo ambiental global, para limitar la producción y emisión de los CFC incriminados a la atmósfera. Los experimentos realizados en la Antártida demostraron de manera contundente que los CFC, inertes en la troposfera, eran los causantes de la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. En esta región de la atmósfera, sobre la Antártida, prevalecen condiciones climáticas especiales que permiten que se realicen ciertas reacciones químicas que permiten la disociación de los CFC y la posterior activación de moléculas de cloro en una serie de reacciones químicas denominadas heterogéneas. Ante esta situación inclusive la industria del sector se sumó pronto a estas medidas ofreciendo sustitutos eficaces a las sustancias agotadoras de la capa de ozono.

Los padres de la teoría, Rowland, Molina y Crutzen, recibieron el Premio Nóbel de la química el año 1995. Mario Molina es actualmente asesor del Presidente Barak Obama. Hay que tener cuidado, sin embargo, con los finales felices en la Ciencia. La recuperación del ozono antártico no es todavía un hecho contundente, ya sea por la lentitud de la solución, ya sea por efectos colaterales del Cambio climático.

En conclusión, si bien la guerra no está ganada aún, se tienen las armas apropiadas: el conocimiento científico, la voluntad política, la conciencia de la opinión pública y el apoyo de la industria, para llegar a buen término.

Descripción de la crisis climática

También en este caso, el problema se origina a partir de datos experimentales que muestran comportamientos anómalos: el rápido incremento de dióxido de carbono en la atmósfera en los últimos 200 años y el incremento de la temperatura promedio del planeta en las últimas décadas, o sea sobre una escala temporal corta. En suma, todo cambia, pero no todo cambio es bueno.

Si bien la temperatura y concentración de CO₂ en la atmósfera del planeta han sufrido ciclos de variación bastante amplios en el curso de la historia geológica, inclusive reciente, el crecimiento sostenido de los últimos años ha sido relacionado con las actividades del hombre. Por ejemplo, en los últimos 800 000 años la temperatura promedio del planeta ha variado unos 9°C entre periodo glaciares e interglaciares. Entre las principales causas de incremento de la concentración de CO₂ se pueden mencionar la quema de combustibles fósiles, que se ha “disparado” desde el siglo XVII, la sobrepoblación humana y el consumo acelerado de los recursos naturales, especialmente de origen fósil.

No hay que confundir el efecto invernadero con el calentamiento global. El primero es el efecto benéfico de la atmósfera terrestre que retiene parte de la energía solar que impacta en la superficie del planeta para mantener una temperatura media constante a lo largo del tiempo, mientras el calentamiento global es una anomalía de ese efecto, cuando por el efecto del incremento de gases de efecto invernadero, se incrementa la temperatura de superficie para mantener el equilibrio radiativo del planeta.

Si bien es innegable la correlación entre concentración de CO₂ y temperatura de la atmósfera, como

principal evidencia de esta teoría, sigue la controversia sobre si el incremento de la temperatura se debe a causas antropogénicas o naturales. La segunda posición sigue siendo minoritaria en el ámbito científico, aunque, es bueno recalcarlo, las industrias involucradas no parecen fomentar esa controversia, teniendo tal vez mejores argumentos en su defensa.

La opinión pública, gracias a los medios de comunicación y a iniciativas corporativas, como el video de Al Gore “Una verdad incómoda”, ha percibido también en este caso los riesgos de la crisis climática, aunque con mayores elementos de confusión entre mitos y realidades del cambio climático, como, para el caso de Bolivia, se describe en Andrade (2008) en la Revista Boliviana de Física.

El aspecto más crítico está en la reacción de los gobiernos, al tiempo que las industrias muestran una actitud mezclada de resignación ante la evidencia científica y soberbia ante la complejidad de las soluciones a la crisis.

Comparación entre las dos crisis

Repasamos ahora similitudes y diferencias de las grandes crisis globales, en busca de la respuesta a la gran pregunta: ¿Por qué la crisis del ozono se resolvió rápida y globalmente, mientras la del cambio climático (CC) sufre retrasos, dubitaciones y falta de consensos?

- **Aspectos científicos**

Entre las similitudes se puede mencionar que los dos son fenómenos globales, en cuanto afectan a todo el planeta. Además ambos dependen de datos experimentales creíbles y con series temporales largas, aunque el CC requiere de datos más amplios en tiempo, espacio y variedad de parámetros. Finalmente ambos requieren de nociones científicas no convencionales: la química heterogénea, para el ozono, y la dinámica no lineal, para el clima. Existen, sin embargo, diferencias importantes. Se trata de fenómenos físicos bastante diferen-

tes, que no interactúan sustancialmente. Asimismo las causas de ambas crisis son muy diferentes: en un caso unos gases raros que afectan el ozono estratosférico (>8 km. de altura en los polos), en el CC unos gases comunes que afectan al balance energético de la troposfera. Además las implicaciones para la salud eran más directas en el caso del ozono (efectos de la radiación UV en la piel y los ojos) que en el caso del CC (subida de los mares, retroceso de glaciales, migraciones de seres vivientes, posibles carestías y hambrunas, etc.).

Otras diferencias: La interpretación de los datos es mucho más compleja en el caso del CC, debido a que tratamos con fluctuaciones sobre medias, las cuales, a su vez, tienen fuertes fluctuaciones espaciales y temporales.

A diferencia del ozono, en la crisis del CC no se han encontrado (todavía) experimentos clave que demuestren sin lugar a ninguna duda que el incremento de gases de efecto invernadero son los causantes del calentamiento global, aunque existe un consenso muy amplio que esto es así (ver IPCC, 2007 por ejemplo). Más importante aún, los posibles efectos del incremento futuro de las concentraciones de gases y efecto invernadero están pobremente entendidos, especialmente a escala local. Esto se debe quien sabe a la localización del agujero de ozono en la Antártica, versus la globalización de las causas y de los efectos del CC. Finalmente existe el riesgo de las exageraciones en ambos casos: ovejas ciegas de la Patagonia; predicciones apocalípticas para el futuro próximo.

- **Aspectos económicos**

Las dos crisis implican una reconversión industrial que tiene un costo. Pero, mientras la crisis del ozono involucró a un puñado de industrias químicas trasnacionales y a programas de subvenciones e incentivos a corto plazo para los países en desarrollo para que pusieran en práctica esa reconversión, en el caso del CC las industrias involucradas son más numerosas, abarcan sectores más amplios de

la economía e implican una escala de costos muchísimo mayor.

Si, además, consideramos que en la mitigación del CC están involucrados sectores como el transporte, con uso intensivo de mano de obra y un contorno económico extenso; o la industria de la energía fósil (gas, petróleo y carbón) en todas las fases de la cadena operativa y aplicativa, entendemos que lo que está en juego con el CC es un estilo de vida, basado en el consumo sin límites.

Algunas soluciones energéticas que apuntan al litio y los autos eléctricos han vuelto a poner en evidencia a los Recursos Naturales de Bolivia.

- **Aspectos políticos**

En ambos casos existe un discurso de cooperación de los responsables de la crisis hacia las víctimas. En el caso del ozono, además de frenar la producción de CFC en los países industrializados, se tuvo que subvencionar a los países menos desarrollados para que llevaran a cabo la reconversión de manera no traumática. Sin embargo, un programa similar para hacer frente al CC es simplemente quimérico. Por eso se ha optado por Protocolos, como el de Kyoto, que buscan por un lado compensar el consumo de los países industrializados a costa de la conservación de los recursos forestales en los países menos desarrollados y por el otro disminuir paulatinamente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero mejorando la eficiencia energética y reemplazando energías fósiles con energía no convencionales. Sin embargo, existe el grupo de países BRIC (Brasil, Rusia, India y China) que están excluidos de esas obligaciones de reducción a pesar de su gran contribución al problema.

En el fondo el reto consiste en cómo conciliar el desarrollo de cada país con los intereses de la humanidad, sin que los habitantes de ese país resientan demasiado de la crisis en su nivel de vida. Ese problema tal vez no tenga solución.

- **Aspectos de salud ambiental**

Las dos crisis tienen también similitudes y diferencias en el área de la salud ambiental. En efecto, ambas crisis implican daños a la salud humana, pero con características e implicaciones diferentes. Para empezar la crisis del ozono encontró en los efectos de la RUV sobre la salud humana su mejor aliado para movilizar a la opinión pública en la búsqueda de acuerdos globales de mitigación. El cáncer de piel y las cataratas oculares son consecuencias visibles y marcadas de un eventual incremento de la RUV. Tocan directamente al individuo, aunque dentro del concepto estadístico casual. En suma, no se necesitaba recurrir sentimentalmente a los osos polares o a las mariposas amazónicas para impactar en la opinión pública.

A su vez, los impactos de la crisis climática sobre la salud son menos mencionados y aparecen más difusos y menos palpables; más que a personas individuales tocan a comunidades, supuestamente de países menos desarrollados y más vulnerables. De hecho, se menciona el riesgo de la migración de vectores infecciosos hacia regiones donde antes no podían vivir, se prevé un incremento de muertes a consecuencias de inundaciones o sequías, se asume mayor emergencia sanitaria por la escasez de agua y de alimentos, pero no se especifica ninguna enfermedad concreta causada universalmente por el cambio climático.

Esto no quiere decir, por supuesto, que esas enfermedades no existan (basta pensar en problemas cardiovasculares debido a temperaturas elevadas) ni que la emergencia sanitaria por el cambio climático sea inferior a la de la crisis del ozono, sólo que impacta menos en la opinión pública, porque se la ve más distante en el tiempo y en el espacio.

De todos modos nos parece que este tema debería ser estudiado con mayor profundidad e incorporado a la temática general del cambio climático, por la importancia que la opinión pública podría destinarle.

- **Aspectos éticos**

Ambas crisis tienen implicaciones éticas, tanto en el ámbito individual como colectivo. La conciencia de la limitación de los recursos de la Tierra, para uso de la presente y futuras generaciones, ha calado hondo desde la crisis del ozono. La gente estuvo dispuesta a renunciar a los spray o a pagar más por los productos sustitutivos de los CFC para frenar el deterioro del planeta. Pero, con el CC el cuestionamiento al estilo de vida consumista se ha hecho más profundo: el freno al deterioro del planeta pasa necesariamente por el freno al consumo, no sólo a un cambio en el consumo. Una manera eufemística de decir lo mismo es pregonar “el uso racional” de los bienes de la tierra. Por ejemplo, la energía. Esta actitud implica necesariamente un aprovechamiento más eficiente de los recursos naturales. El caso del agua es sintomático.

El otro lado débil del consumismo es la basura: el exceso de consumo produce un exceso de basura y el problema de sus efectos: manejo, costes y contaminación.

Hay un problema de ética social en las dos crisis. Los orígenes de las crisis están en los países industrializados y, en particular, en el hemisferio norte. Pero las consecuencias afectan a todo el planeta. La crisis del ozono se manifestó en el extremo sur del planeta. Además, los países más pobres son aún más castigados por su vulnerabilidad ante los desastres causados por el CC, por su pobreza y la fragilidad de la defensa territorial.

Mucho se podría reflexionar sobre el rol ético de los recursos naturales renovables, como es el caso de los bosques: ¿el bosque, las selvas, son un recurso nacional o planetario? Para Inglaterra fue nacional, cuando de fomentar su desarrollo industrial se trató en el siglo XVII, pero hoy a los países amazónicos se les exige que sea considerado un recurso planetario. Evidentemente, el desarrollismo ciego y el conservacionismo radical son dos extremos nocivos.

Por tanto, la cooperación más que una dádiva es una necesidad y una reparación.

Conclusiones

La crisis climática es más compleja, en las causas y en las soluciones, que la del ozono pero es también más extensa y peligrosa. Y aunque se trate de dos problemas científicos diferentes, no es posible excluir posibles vínculos entre la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global, por los efectos de este último sobre la recuperación del ozono que tiene la disminución de la temperatura en la estratosfera y otras relaciones no lineales en el complejo sistema climático.

En todo caso la educación es una de las claves de la solución: mayor conciencia individual, mayor presión colectiva para actuar. Pero es posible detectar también un clima de escepticismo y resignación, debido a la complejidad del problema y a la poca seriedad con que lo enfrentan los países responsables del cambio climático.

Hay, finalmente, un rol para la investigación (eficiencia, innovación tecnológica) y de la filosofía (comprender cuál es el papel del hombre en la Tierra y sus limitaciones) que precisa ser reforzado y aclarado, tanto en los países desarrollados como en los del Sur del planeta.

Referencias bibliográficas

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Fourth Assessment Report (AR4)*.
- [2] Andrade M., *Mitos y verdades acerca del cambio climático en Bolivia (2008)* Revista Boliviana de Física 14, pp 42-49 .