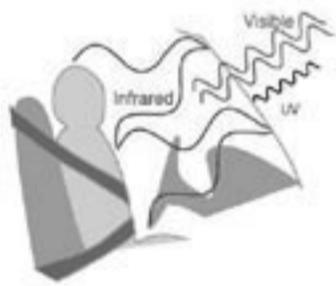


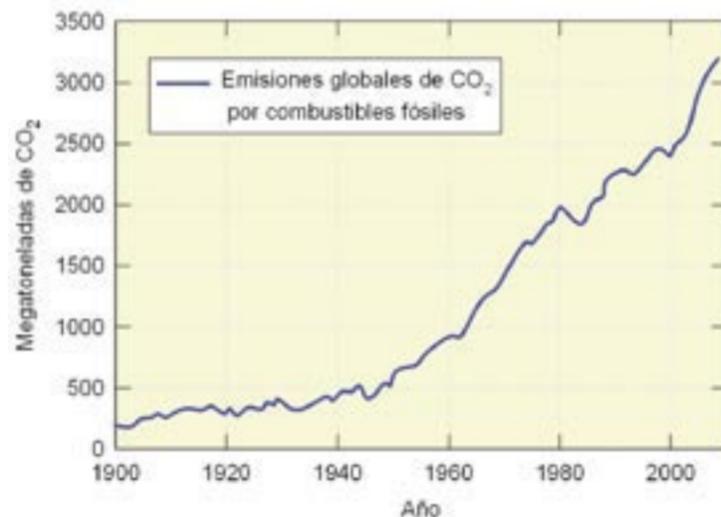
# Los gases invernadero



**Figura 1. Un ejemplo sencillo del efecto invernadero en el interior de un coche. La radiación visible atraviesa el vidrio, pero aquella proveniente del conductor y los materiales del interior (infrarroja) es bloqueada. La radiación ultravioleta (UV) es absorbida por el vidrio.**

**Jaime de Urquijo Carmona**  
Laboratorio de Plasmas de Baja Temperatura  
Instituto de Ciencias Físicas  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos  
jdu@fis.unam.mx

Todos sabemos que los invernaderos son sitios aislados para cultivar frutos y flores en un clima artificial, con temperatura y humedad controladas, tanto que no importa si afuera hace un calor de horno o un frío polar. Sabemos que los invernaderos típicos son casas cubiertas de vidrios a través de las cuales pasa la luz solar, la cual tiene un amplio espectro de "colores" o, mejor dicho, longitudes de onda, que van desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, pasando por el visible, este último correspondiente a la banda del espectro que nuestros ojos ven. Los vidrios del invernadero, como los de las ventanas de nuestra casa, absorben la luz ultravioleta y no transmiten la infrarroja, siendo así que la banda del espectro que ingresa al invernadero es, mayoritariamente, la visible. En el interior del invernadero hay un piso de tierra y muchas plantas, los cuales absorben la radiación entrante, y emiten en el infrarrojo, es decir, en lo que coloquialmente se conoce como calor. Pues bien, esta radiación infrarroja no la transmiten los vidrios del invernadero, así que se refleja en su superficie. Parte de esta radiación reflejada es absorbida y dispersada por los átomos y moléculas constituyentes del aire atmosférico: oxígeno (20.947%), nitrógeno (78.084%), argón (0.934%) y bióxido de carbono (0.035%), con el efecto resultante de calentar esa masa aérea, cumpliéndose el propósito de mantener una temperatura



**Figura 2. Aumento de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> entre 1900 y 2013.**

adecuada para el crecimiento de las plantas y frutos. Otro efecto invernadero, quizás más común para nosotros, es el que ocurre cuando el coche se ha dejado al sol durante un largo rato, tanto que su interior se ha vuelto un sitio desagradable por lo caliente. Se trata de un fenómeno similar, ya que los vidrios del coche han hecho el trabajo de los del invernadero, como se ilustra en la figura 1. Por otra parte, no se ha sabido de alguien que se quemara la piel dentro del coche, ya que la radiación ultravioleta no pasa.

Aunque bastante más compleja, la atmósfera de la Tierra produce un efecto similar. La Tierra recibe energía del Sol desde el ultravioleta, pasando por el visible, y el infrarrojo cercano (0.1–4  $\mu\text{m}$ ), siendo que casi la mitad de esta radiación es en el espectro visible (0.4–0.8  $\mu\text{m}$ ) (1 micrómetro,  $\mu\text{m}$ , corresponde a una millonésima de un metro). La mayor parte de esta energía atraviesa la atmósfera sin ser absorbida. Del total total de la energía disponible en la parte superior de la atmósfera, aproximadamente el 50% se absorbe en la superficie de la Tierra, y la que se encuentra templada

o caliente, irradia en el infrarrojo lejano, que corresponde a una región de longitudes de onda mucho más largas que aquellas de los fotones absorbidos. La mayor parte de esta radiación térmica es absorbida y dispersada en todas direcciones, siendo que la dispersada hacia abajo es absorbida por la superficie de la Tierra, que se calienta. La captura de esta radiación de longitudes de onda largas conduce a una temperatura de equilibrio más alta que la que habría en ausencia de la atmósfera. Desde luego, este modelo es un tanto simple, ya que hay cambios diarios debido a que el calentamiento solar sólo se da durante el día. Durante la noche, el ambiente se enfría un poco. Los gases de efecto invernadero, de los cuales se enlistan abajo los principales, son capaces de absorber y emitir radiación infrarroja y de transmitir parte de esta energía a las moléculas de oxígeno y nitrógeno mediante colisiones entre ellas.

Los gases que más contribuyen al efecto invernadero en la Tierra son el vapor de agua, H<sub>2</sub>O, (36–70%), el bióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, (9–26%), el metano, CH<sub>4</sub>,

(4–9%) y el ozono atmosférico (3–7%); este último no debe confundirse con el ozono estratosférico, ubicado en una capa entre 20 y 40 km sobre la superficie de la Tierra, y que la protege de la radiación solar en el intervalo del ultravioleta entre 0.1 y 0.4  $\mu\text{m}$ . En el Sistema Solar, las atmósferas de Marte y Venus también muestran el efecto invernadero, sobre todo en este último, ya que su atmósfera se compone principalmente de bióxido de carbono a una presión nueve veces mayor que la de la Tierra.

Durante varios miles de años, y hasta hace no más de cien, los gases atmosféricos terrestres se habían encontrado en equilibrio; sin embargo, a partir de la Revolución Industrial, y sobre todo durante todo el siglo XX y lo que va del XXI, se ha medido un aumento importante en las concentraciones de los principales gases. En la figura 2 se puede apreciar con claridad este crecimiento en las emisiones globales del CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles, y que representa más de un factor de diez en poco más de un siglo.

La figura 3 nos muestra el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el aire atmosférico durante los últimos 20 años, en tanto que la figura 4 ilustra el crecimiento de las concentraciones del metano y el óxido nítrico en el mismo periodo. Por mucho, el CO<sub>2</sub> es el más liberado, alcanzando actualmente una concentración de 394 partes por millón (ppm). De hecho, el poder de calentamiento global, GWP, por sus siglas en inglés (Global Warming Potential), que es una medida de la contribución de un gas invernadero al calentamiento global, tiene como referencia al CO<sub>2</sub>, cuyo GWP es la unidad. El metano y el óxido nítrico tienen un GWP de 23 y 296, respectivamente, que-

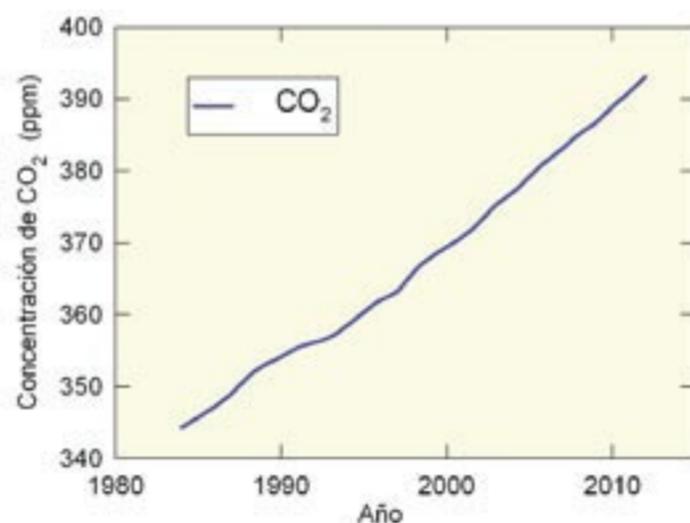
riendo decir, por ejemplo, que el efecto de una molécula de metano equivale al de 23 moléculas de CO<sub>2</sub>.

El origen de los gases invernadero es variado. En la figura 5 se muestra una gráfica de la contribución porcentual de los principales gases invernadero al aire atmosférico. Observamos que más del 50% corresponde al CO<sub>2</sub> originado por la quema de combustibles fósiles, como el petróleo y el carbón, más otro 20% proveniente de la terrible deforestación que asola a la tierra y por la descomposición de materia orgánica (biomasa), la cual también contribuye a las emisiones de metano (14%), parte de las cuales se deben a los cultivos de arroz. El óxido nítrico, debido principalmente a la descomposición de materia orgánica, contribuye ya con un 8%. Finalmente, los gases fluorinados, inexistentes a principios del siglo XX y muy utilizados actualmente en la industria eléctrica, la de fabricación de semiconductores y la de refrigeración, ya se han abierto un nicho del 1%. De estos gases nos ocuparemos con mayor detalle en un próximo artículo.

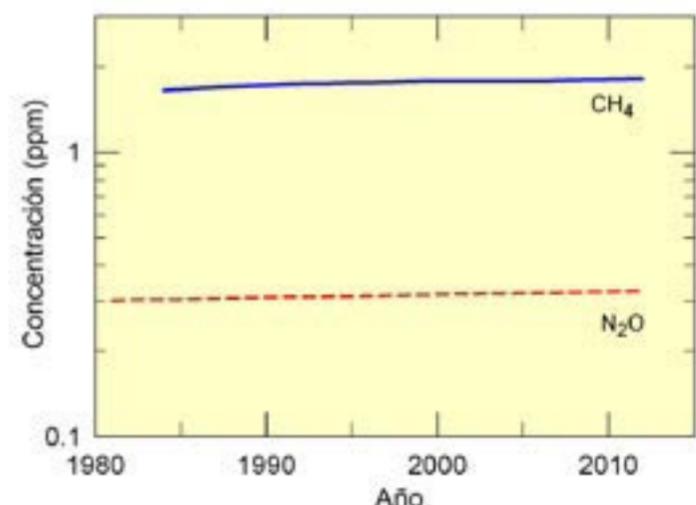
La gráfica de la figura 6 nos dice claramente que las actividades industriales, la generación de energía y la agricultura hacen un 59% -más de la mitad- de las emisiones globales, en tanto que las urbanas (transporte, agua y residencial) suman 21% y, tristemente, la deforestación contribuye con un 17%, buena parte de la cual se realiza para campos de cultivo, como en Brasil, donde se ataca a la selva amazónica para sembrar caña de azúcar para la producción de etanol, entre otros cultivos. Antes de afirmar que los biocombustibles son ecológicos, habría que pensar en sus orígenes, los que demandan grandes extensiones de tierra y enormes cantidades de agua.

Por último, en la figura 7 se muestra la gráfica de la contribución por países o regiones a las emisiones de gases invernadero. En-

**CONTINÚA EN LA PÁG. 32**



**Figura 3. Aumento de la concentración (en partes por millón) de bióxido de carbono en el aire atmosférico entre 1980 y 2013.**



**Figura 4. Aumento de las concentraciones (en partes por millón) en el aire atmosférico de metano y óxido nítrico entre 1980 y 2013.**

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx

**VIENE DE LA PÁG. 31**

tre estos países o regiones destaca China, que se ha estado industrializando vertiginosamente durante los últimos decenios, contribuyendo con casi la cuarta parte de las emisiones, provenientes principalmente de la quema del carbón para la generación de electricidad y de los arrozales, de

los cuales se desprende metano. Es interesante notar que la India, otro país con un desarrollo industrial importante, ya contribuye más que el Japón, pero lo más notable es que un par de decenas de otros países del mundo contribuyen con casi lo mismo que las partes de China y la India juntas. Otras dos economías, que

marchan juntas, los Estados Unidos y la Unión Europea, contribuyen con el 32% de las emisiones. Aún cuando hay cierta controversia entre los grupos que afirman que el calentamiento global puede tener su origen, por ejemplo, en los ciclos glaciales, el aumento irrefrenable desde hace más de una década de los principales ga-

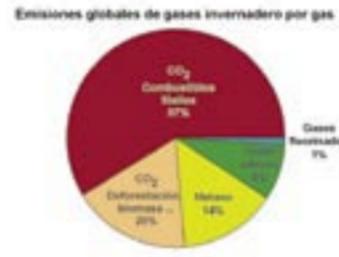


Figura 5. Gráfica de la contribución porcentual de los principales gases invernadero al aire atmosférico.

Figura 6. Gráfica de la contribución porcentual de las emisiones globales de los gases invernadero por su origen industrial, agrícola y urbano.

ses invernadero, hace pensar que éstos, al menos, podrían contribuir sustancialmente al cambio climático, el que ya es un hecho, por ejemplo, por el deshielo de los polos, la elevación de la temperatura media y la alteración de los ciclos de lluvia.

**Bibliografía**

- 1 - <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>
- 2 - WMO Greenhouse Gas Bulletin, No. 9, 2013
- 3 - <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/pub/global/globalmean.html>

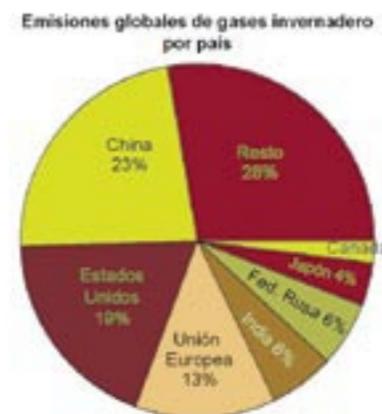


Figura 7. Contribución a las emisiones de gases invernadero por países y/o regiones.

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)

INFORMES ID. 62\*252021\*1  
TEL. 01 (777) 2 79 56 92

**Jesús Adrián Romero**  
En Concierto  
Tour Sorlando Vida

**Viernes**  
22 de Noviembre  
19:00 Hrs.

**Cuernavaca**  
Parque de Beisbol Miguel Alemán

**La Unión DE MORELOS**  
TE INVITAN

EN SERIO NOTICIAS

Puntos de Venta

Rafacl  
Plan de Ayala No. 121, Col. El Vergel

Librería Cristiana Jada  
Plan de Ayala 2000 Int. 8 Col. Cuahshahuac

Librería Cristiana Roca Mía  
Batería #23-A, Col. Centro, Cuautla.

CENTRO DE ESPECTÁCULOS

*Solo para los mejores eventos*

Llámanos:  
279 14 06  
312 22 44  
312 14 14

Yucatán 12  
Col. Vista Hermosa

[www.ezenza.com.mx](http://www.ezenza.com.mx)