

Abundancia atmosférica de bióxido de carbono (CO₂): ¿Por qué llegamos a 400 ppm el 9 de mayo?

Antonio Sarmiento Galán

Instituto de Matemáticas, Unidad Morelos, Universidad Nacional Autónoma de México
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Uno de los argumentos favoritos en la aplicación de la *agnotología* [estudio de la ignorancia inducida culturalmente, ver referencia 1] por los detractores del Calentamiento Global Antropogénico (es decir, del origen humano del calentamiento global), es el intento de desmentir el aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera de nuestro planeta recurriendo a las oscilaciones anuales que presenta dicha concentración. Como se puede notar fácilmente en la figura 1, la cual ilustra la evolución de la cantidad de CO₂ medida como función del tiempo durante 65 años en dos estaciones meteorológicas, las oscilaciones anuales no ocultan la tendencia al aumento sostenido a lo largo de los años.

Estas dos estaciones se encuentran una en la cima del volcán Mauna Loa en Hawaii y la otra en la Antártida, y han sido seleccionadas de entre miles de estaciones de medición debido a que son sitios alejados de las posibles perturbaciones locales (figura 1).

El comportamiento de la abundancia de CO₂ a lo largo del año puede entenderse con elementos que todos conocemos. Sin embargo, muchas veces no integramos estos elementos al analizar cuestiones importantes que nos involucran, debido al sistema educativo que nos ha formado. Las llamadas estaciones del año, cuya utilidad quizás no reconocimos al aprenderlas por vivir entre los trópicos, donde son prácticamente imperceptibles, ocurren alternadamente en los dos hemisferios: mientras en el hemisferio norte transcurren la primavera y el verano, en el hemisferio sur transcurren el otoño y el invierno. La entrada de la primavera señala el notable cambio en la vegetación terrestre que pasa de ramas desnudas a abundante follaje en tan sólo unos días. En

el otoño, al caer las hojas aumenta considerablemente la cantidad de material orgánico en los suelos. Éste es descompuesto mediante el arduo trabajo de los microbios. En el proceso, éstos respiran consumiendo O₂ y produciendo, contribuyendo así a incrementar su abundancia atmosférica. Es decir, durante el invierno existe un aumento constante de CO₂ en la atmósfera, el cual se interrumpe al llegar la primavera, cuando los árboles producen hojas nuevas cuya en cuyas células existe la mayor cantidad de elementos fotosintetizadores. Durante la fotosíntesis, las hojas extraen CO₂ de la atmósfera y liberan O₂, disminuyendo dramáticamente los niveles de dióxido de carbono. Hay entonces un cambio de comportamiento entre los meses de la primavera, verano, otoño e invierno: la acción de las plantas terrestres ocasionan una disminución del CO₂ en la atmósfera durante los meses de fotosíntesis y un aumento de CO₂ durante los meses de descomposición orgánica y poca fotosíntesis, lo cual ocasiona

las oscilaciones en la curva de la abundancia de CO₂ en la atmósfera en el transcurso de cada año, como muestra la figura 1. Claro, los detractores del origen antropogénico del calentamiento global objetan inmediatamente diciendo que debido a la alternancia de las estaciones del año en los dos hemisferios, el proceso de disminución de CO₂ debido a la fotosíntesis de finales de marzo a finales de septiembre, cuando sería primavera y verano en el hemisferio norte, se vería compensado por el aumento simultáneo de CO₂ en el hemisferio sur, donde transcurrirían el otoño y el invierno, debido a los procesos de descomposición orgánica. Similarmente, desde finales de septiembre hasta finales de marzo, el aumento del CO₂ en el hemisferio norte sería compensado por su disminución en el hemisferio sur. Sin embargo, sabemos que no existe la misma cantidad de tierra y agua en ambos hemisferios. Por lo tanto, en el hemisferio norte no hay la misma cantidad de vegetación fotosintetizadora que en

el hemisferio sur. Debido a las grandes extensiones boscosas que existen en Siberia y al dominio del océano en el hemisferio sur, siempre habrá más fotosíntesis en el hemisferio norte.

Una subsiguiente objeción de los detractores consiste en recordar que la fotosíntesis también ocurre en el océano, siendo ésta componente extremadamente importante de la química atmosférica. Por lo tanto, habiendo ahora sí la misma área (sumando la correspondiente a tierra más agua) en ambos hemisferios, la variación en uno de ellos se vería compensada por la variación contraria en el otro. Hurgando en nuestra memoria hallaremos en algún sitio que si bien la fotosíntesis oceánica es la principal responsable del incremento del oxígeno en el aire que respiramos, su papel en el aumento de la abundancia de CO₂ atmosférico es muy poco relevante; es muy poco el CO₂ producido en el océano que llega a la atmósfera y en ninguna forma su producción en los océanos del sur compensa la disminución de CO₂ por la fotosíntesis que



**LOMAS
VISTA
HERMOSA**
FRACCIONAMIENTO

*La zona más exclusiva
de Cuernavaca*

CASAS Y TERRENOS
Lotes desde 500 m²

312 • 41 • 41

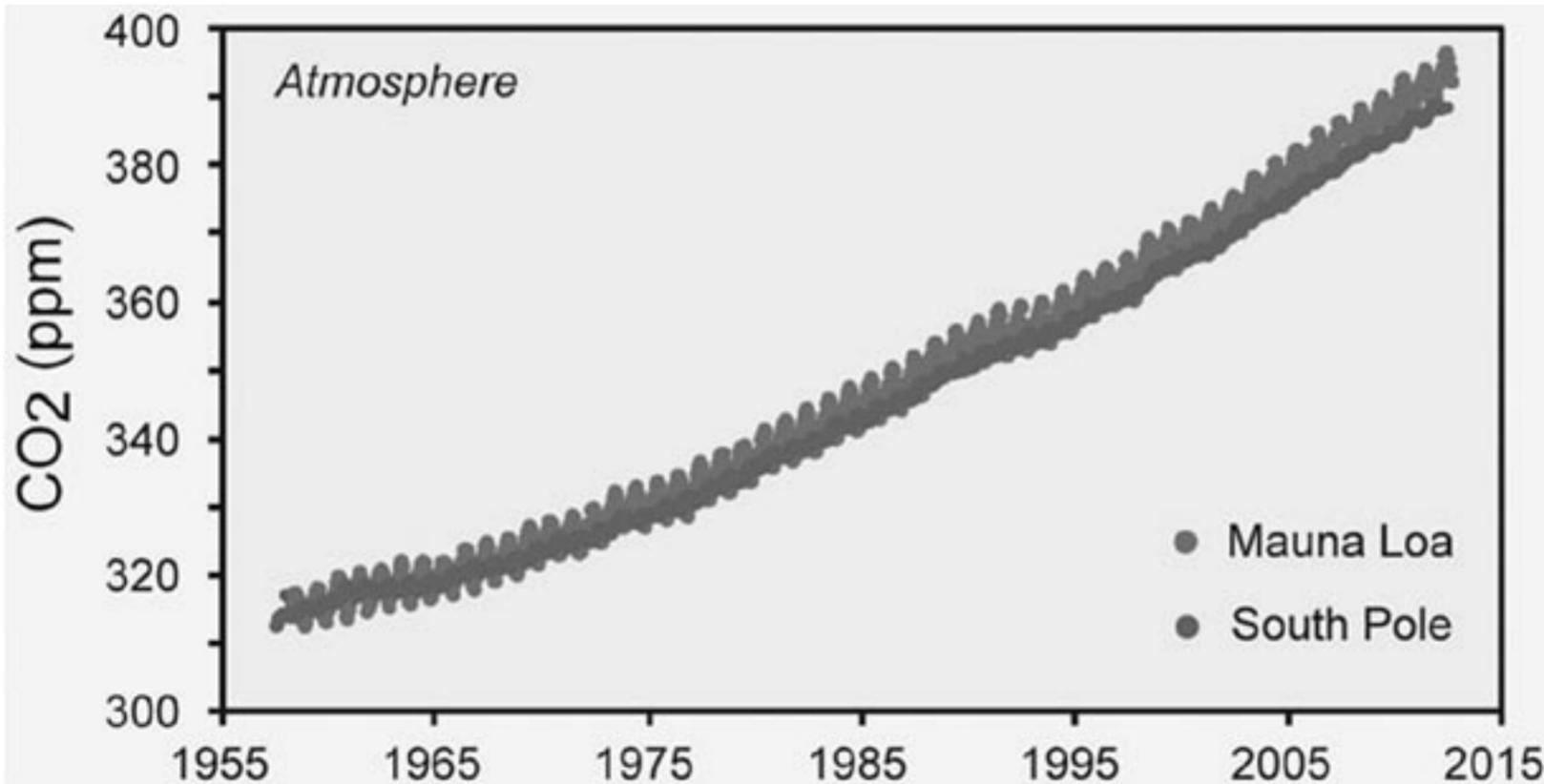


Figura 1. Concentración del dióxido de carbono medido en partes por millón (eje vertical) como función del tiempo (eje horizontal) a lo largo de 65 años, desde 1955 hasta 2015. Se muestran resultados de dos estaciones meteorológicas, la cumbre del volcán Mauna Loa en Hawaii y el polo sur. Note que las oscilaciones a lo largo de un año medidas en la Antártida tienen una amplitud menor a la correspondiente al Mauna Loa; ello corrobora el hecho de que el ciclo estacional es más amplio en el hemisferio norte debido a que en el mismo la vegetación terrestre es más abundante que en el hemisferio sur. [Ver referencia 3]

producen las plantas terrestres del hemisferio norte.

No afirmamos que el máximo de las oscilaciones depende completa y exclusivamente de lo que ocurre en Siberia. Si bien, ahí existen las más extensas áreas de bosques templados y boreales que impulsan el ciclo estacional, el intercambio de CO₂ en el norte de América también es muy importante, sobre todo para las mediciones en realizadas en Mauna Loa. Estas medidas muestran un retraso de semanas respecto de los cambios registrados en el continente, debido al tiempo que tardan los vaivenes estacionales en llegar a la latitud de Mauna Loa. El cambio entre la descomposición orgánica que ocurre durante los meses invernales y la explosión de follaje fotosintetizador en los meses de primavera, ocurre sobre todo en el mes de mayo. Todas las estaciones de medición de CO₂ registran el máximo de su abundancia atmosférica en mayo, independientemente del valor que se alcance. En particular, a partir

del día 9 de mayo del 2013, se han registrado en Mauna Loa valores promedio *diarios* de 400 partes por millón (ppm) de CO₂ en la atmósfera como resultado de la tendencia general hacia el aumento incontrolado; es de esperarse que el primer promedio *mensual* de 400 ppm o más, ocurra también en el mes de mayo (desde luego, los promedios mensuales fluctúan menos que los promedios diarios). Seguramente el lector sabe que siendo un gas de los llamados de *efecto invernadero*, el CO₂ atmosférico absorbe la radiación infrarroja, impidiendo así los procesos radiativos que enfrían a nuestro planeta enviando hacia el espacio exterior el exceso de energía térmica [ver por ejemplo, la referencia 2]. Por ello, es muy preocupante el continuo y rápido incremento en la cantidad de dióxido de carbono en nuestra atmósfera debido a las actividades humanas y la urgencia de reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero. El haber rebasado este año por primera vez la

marca de las cuatrocientas partes por millón debe servir como un recordatorio de que urge tomar acciones internacionales para frenar estas emisiones.

Referencias

1. El aspecto vital del aprendizaje permanente, Antonio Sarmiento Galán, en Tamoanhan, Revista de Ciencias y Humanidades [Disponible en la dirección electrónica <http://cidhem.mx/tamoanhan1/agnotologia.pdf>].
2. Pablo Mulás, *El cambio climático y la producción y consumo de la energía en México*, Diario *La Unión de Morelos*, 13 de agosto de 2012, pags. 38 y 39 (disponible en http://www.acmor.org.mx/sites/default/files/12_ago_13_cambio.pdf).
3. Laboratorio de investigación en sistemas terrestres, *Tendencias en dióxido de carbono atmosférico* (disponible en inglés en <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mla.html>).

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx

CARTELERA CINES

VIGENCIA: DEL VIERNES 26 DE JULIO AL JUEVES 01 DE AGOSTO DEL 2013.

DIANA

LADRONES DE LA FAMA DIG DIG2D 11:10 / 13:15 / 15:20 / 17:15 / 19:20 / 21:20
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 11:30 / 14:30 / 17:30 / 20:30 / 23:15
 ESPACIO INTERIOR DIG DIG2D 10:45 / 12:45 / 14:45 / 16:45 / 18:45 / 20:45 / 22:45
 GUERRA MUNDIAL Z DIG ING DIG2D 10:05 / 12:35 / 15:10 / 17:45 / 20:15 / 23:00
 EL LLANERO SOLITARIO DIG I NG DIG2D 10:00 / 12:55 / 16:05 / 19:15 / 22:35
 WOLVERINE INMORTAL DIG I NG DIG2D 10:00 / 13:00 / 16:00 / 19:00 / 22:00
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 10:05 / 12:35 / 15:15 / 18:00 / 21:00
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 11:00 / 14:00 / 17:00 / 20:00 / 22:55
 WOLVERINE INMORTAL 3D ESP DIG3D 10:30 / 13:30 / 16:30 / 19:30 / 22:30
 MI VILLANO FAVORITO 2 DIG DIG2D 2P 10:20 / 12:40 / 14:50 / 17:10
 TITANES DEL PACIFICO DIG ESP DIG2D 19:45 / 22:40
 MI VILLANO FAVORITO 2 DIG DIG2D 11:20 / 13:40 / 15:50 / 18:15 / 20:40 / 22:50
 QUE PASO AYER 3 DIG ING DIG2D 2U 19:10 / 21:30
 TURBO DIG DIG2D 10:10 / 12:25 / 14:40 / 16:55

JACARANDAS

WOLVERINE INMORTAL 3D ESP DIG3D 14:30 / 17:00 / 19:30 / 22:00
 TURBO 3D DIG3D 1P 12:25
 GUERRA MUNDIAL Z DIG ESP DIG2D 1U 22:40
 TURBO DIG DIG2D 10:40 / 12:40 / 14:40 / 16:40 / 18:40 / 20:40
 EL LLANERO SOLITARIO DIG ESP DIG2D 10:15 / 13:10 / 15:55 / 18:50 / 21:40
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 11:00 / 13:30 / 16:00 / 18:30 / 21:00
 MI VILLANO FAVORITO 2 DIG DIG2D 11:20 / 13:20 / 15:20 / 17:20 / 19:20 / 21:20
 MI VILLANO FAVORITO 2 DIG DIG2D 3P 10:20 / 12:20 / 14:20
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 16:30 / 19:00 / 21:30
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 10:00 / 12:30 / 15:00 / 17:30 / 20:00 / 22:30
 MONSTERS UNIVERSITY DIG ESP DIG2D 11:30 / 13:40 / 15:50 / 18:00 / 20:10
 QUE PASO AYER 3 DIG ESP DIG2D 1U 22:20
 TITANES DEL PACIFICO DIG ESP DIG2D 10:30 / 13:00 / 15:30 / 18:05 / 20:45 / 23:20
 TURBO DIG DIG2D 2P 11:55 / 14:00
 SCARY MOVIE 5 DIG DIG2D 16:10 / 17:55 / 19:40 / 21:25 / 23:10

CINEMEX CUAUTLA

MONSTERS UNIVERSITY DIG ESP DIG2D 2P (MATINEE) 10:40 / 13:00
 GUERRA MUNDIAL Z DIG ESP DIG2D 15:20 / 17:40 / 20:10 / 22:30
 WOLVERINE INMORTAL 3D ESP DIG3D 11:00 / 13:40 / 16:20 / 19:00 / 21:40
 SCARY MOVIE 5 DIG DIG2D 11:15 / 13:15 / 15:10 / 17:15 / 19:15 / 21:15 / 23:15
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 10:30 / 13:10 / 15:50 / 18:30 / 21:10
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 11:30 / 14:10 / 16:50 / 19:30 / 22:10
 WOLVERINE INMORTAL DIG ESP DIG2D 12:00 / 14:40 / 17:20 / 20:00 / 22:40
 MI VILLANO FAVORITO 2 DIG DIG2D 11:10 / 13:30 / 15:40 / 17:50
 EL LLANERO SOLITARIO DIG ESP DIG2D 2U 20:15 / 23:10
 MI VILLANO FAVORITO 2 DIG DIG2D 11:40 / 13:50 / 16:00 / 18:10
 EL LLANERO SOLITARIO DIG ING DIG2D (NUEVA) 20:20
 EL LLANERO SOLITARIO DIG ESP DIG2D 10:20 / 13:20 / 16:30 / 19:40 / 22:45
 TITANES DEL PACIFICO DIG ESP DIG2D 11:20 / 14:00 / 16:40 / 19:20 / 22:00
 TURBO DIG DIG2D 10:50 / 12:50 / 14:50 / 17:00 / 19:10
 EL LLANERO SOLITARIO DIG ING DIG2D (NUEVA) 21:20
 QUE PASO AYER 3 DIG ESP DIG2D 2U 20:50 / 23:00
 TURBO DIG DIG2D 12:10 / 14:20 / 16:35 / 18:40

Fe de erratas

La semana pasada se publicó en este espacio el artículo *El espectro electromagnético es propiedad de la nación: parte II* del Dr. W. Luis Mochán Backal, *La Unión de Morelos*, 22 de julio del 2013, pags. 40 y 41. (disponible en bit.ly/13QcSvh). El artículo se publicó con algunos errores menores:

1. Las figuras debieron haber sido numeradas, así como las referencias.
2. A la mitad de la primera columna de la página 41, donde dice 'banda de ancho f ' debería decir 'banda de ancho $2f$ '.
3. En el pie de la figura 1, donde dice 'se caracteriza su distancia' debería decir 'se caracteriza por su distancia'.
4. Faltó el pie de la figura 2, el cual debería haber sido: 'La parte superior muestra la contribución de la banda de menor frecuencia al campo eléctrico mostrado en la figura 1. Cada banda incluye tres frecuencias como las mostradas en la parte inferior de la figura y la señal es la suma de las tres oscilaciones sinusoidales correspondientes.'
5. En el glosario, en la entrada para el Coseno, donde dice 'seno' debería decir 'coseno'.

Pedimos una disculpa a los lectores por estos errores.

Atentamente,
W. Luis Mochán

Coordinador del Comité Editorial de la ACMor.