

2015-01-01

Exceso de dióxido de carbono en la atmósfera y las plantas: ¿amigo o enemigo?

Marcela María Benavides Pérez

Universidad de La Salle, Bogotá, mbenavides00@unisalle.edu.co

Javier Hernán Tellez Rodríguez

Universidad de La Salle, Bogotá, Jtellez11@unisalle.edu.co

Melissa Daniela Valencia Ibatá

Universidad de La Salle, Bogotá, mvalencia07@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/bi>

Citación recomendada

Benavides Pérez, Marcela María; Tellez Rodríguez, Javier Hernán; and Valencia Ibatá, Melissa Daniela (2015) "Exceso de dióxido de carbono en la atmósfera y las plantas: ¿amigo o enemigo?," *Biodiversidad Colombia*: No. 5 , Article 4.

Disponible en:

This Artículo de Divulgación is brought to you for free and open access by the Revistas descontinuadas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Biodiversidad Colombia by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Marcela María Benavides Pérez
Estudiante de Biología
Universidad de La Salle
mbenavides00@unisalle.edu.co

Javier Hernán Téllez Rodríguez
Estudiante de Biología
Universidad de La Salle
jtellez11@unisalle.edu.co

Melissa Daniela Valencia Ibatá
Estudiante de Biología
Universidad de La Salle
mvalencia07@unisalle.edu.co



EXCESO DE DIÓXIDO DE CARBONO EN LA ATMÓSFERA Y LAS PLANTAS: ¿AMIGO O ENEMIGO?

Con el actual aumento del dióxido de carbono en la atmósfera se incrementa la temperatura global, fenómeno que podría afectar a las plantas. ¿Será que el incremento de este gas podría ser benéfico para unas y perjudicial para otras?

ACIDIFICACIÓN DE LOS OCÉANOS



Al disolverse en agua, el dióxido de carbono reacciona produciendo el ácido carbónico, principal responsable de la disminución del pH de los océanos. Este incremento de ácido carbónico en el agua representa un problema para los organismos acuáticos, pues dificulta el transporte de oxígeno en la sangre, impide la formación de exoesqueletos (conchas) de muchos moluscos y favorece la desintegración de estos. (Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la Unesco, 2009).

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los gases atmosféricos que retienen y reflejan la energía calórica emitida por la corteza terrestre, lo cual permite que la Tierra no se enfríe y, por lo tanto, hace de esta un lugar propicio para la vida. Durante los últimos años, actividades humanas como la industria, la agricultura y la ganadería han generado un incremento sustancial en la concentración de este gas en la atmósfera (figura 1). Este incremento provoca entre el 50 y el 60% del calentamiento global, y sus efectos son el derretimiento de los casquetes polares y el consecuente aumento de los niveles oceánicos (Maisonnavé, 1997), la acidificación de los océanos, el crecimiento desmesurado de malezas que entran a competir por la luz solar con otras plantas, el favorecimiento del desarrollo de algunas plagas, la desertificación de los suelos (lo que está dado por el aumento en el índice de evaporación del agua), entre otros.

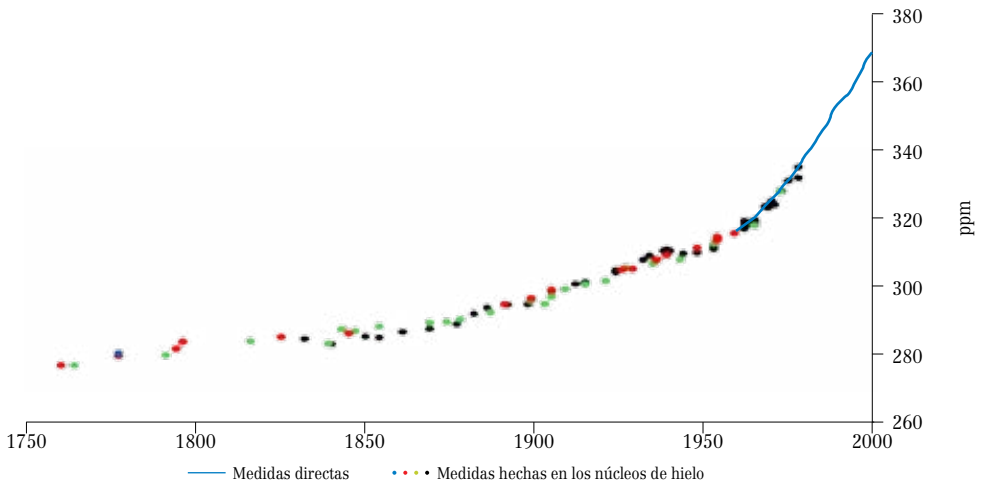


Figura 1. Concentración de dióxido de carbono atmosférico entre 1750 y 2000, en partes por millón (ppm)

Fuente: commons.wikimedia.org/wiki/File_Carbone.es.png.

Las plantas y los demás organismos fotosintéticos son los principales responsables de regular la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, a partir de uno de los procesos fisiológicos más im-

portantes del planeta: la fotosíntesis (Pérez, 2009). Esta se define como una serie de reacciones químicas en la que ciertos reactivos como el dióxido de carbono, el agua y la luz solar interactúan para producir compuestos orgánicos (carbohidratos), y cuyo residuo generalmente es el oxígeno. Así, al absorber el dióxido de carbono y fijarlo en azúcares, las plantas regulan la concentración de este gas en la atmósfera; si ellas no fueran capaces de incorporarlo a su metabolismo, la captación de dióxido de carbono no se realizaría.

Durante la fotosíntesis no todas las plantas poseen la misma capacidad de fijar el carbono e incorporarlo a su metabolismo. Según la ruta metabólica que siguen, se clasifican en plantas C3, C4 y CAM (Campbell *et al.*, 2007). Estas diferencias pueden significar, o no, una ventaja para la agricultura ya que, según su metabolismo, una planta se adaptará mejor a ciertas zonas y condiciones de cultivo. Asimismo, según el metabolismo de las plantas que se cultiven, estas podrían verse afectadas, o no, por el aumento del dióxido de carbono atmosférico.

EL DIÓXIDO DE CARBONO: ¿UN CÓMPLICE DE LAS PLANTAS C3?

El cafeto, el trigo (figura 2) y el algodón son ejemplos de plantas con metabolismo C3, que se caracterizan por mantener los estomas abiertos durante el día para captar dióxido de carbono, en tanto que la fijación de dióxido de carbono en hidratos de carbono (como los azúcares) ocurre independientemente de la luz. El nombre de plantas C3 se debe a que el primer compuesto orgánico estable producto de la fijación del carbono es una molécula de tres carbonos.

Cuando hay un exceso de dióxido de carbono en el ambiente, las plantas C3 lo acumulan más. Así, este gas, al ser abundante, permite que las plantas sintetizen más glucosa. Esto quiere decir que se esperaría que en concentraciones muy altas de dióxido de carbono, las plantas con metabolismo C3 se vean beneficiadas en cuanto a crecimiento y reproducción.

Estudios realizados en trigo han demostrado que el porcentaje de biomasa seca aumenta en un 32% en promedio luego de que este

ESTOMAS

...

Orificios o poros de las hojas por los que entra el CO₂ y se pierde agua, constituidos por dos células oclusivas que pueden separarse en el centro, permanecer unidas en los extremos y formar un pequeño orificio denominado *ostiolo*.



Figura 2. Plantas con metabolismo C3: a) planta de cafeto, b) planta de trigo

Fuente: flickr.com/photos.

FOTORRESPIRACIÓN

...

Serie de reacciones en las que una planta pierde carbono y energía. Durante este proceso se consume oxígeno y se libera dióxido de carbono (Audesirk, 2003).

cultivo es expuesto a altas concentraciones de dióxido de carbono. Esto se debe a que, al aumentar la concentración de este gas, se suprime la fotorrespiración de la planta y el oxígeno no se incorpora en la misma tasa al metabolismo. Así, hay disponibles más átomos de carbono para formar los tejidos de la planta, lo que se traduce en mayor biomasa (Streck, 2005).

Ainsworth y Long (2005) encontraron que cultivos de algodón (*Gossypium hirsutum*) expuestos a concentraciones altas de dióxido de carbono presentaban incrementos del 42% en su rendimiento. Esto lo explican al asegurar que a altas concentraciones del gas, la hoja se desarrolla con mayor rapidez y presenta un mayor número de flores, y se encontró además que la fructificación duraba más.

Cuando aparecieron en la Tierra, las plantas C3 se encontraban en sectores con altas concentraciones de dióxido de carbono atmosférico (mucho más altas que en la actualidad); de ahí viene su adaptación para tolerar altos niveles del gas en la atmósfera. Esto derivó en un interés particular de los agricultores por explotar este bien gratuito, y así han ido “domesticando” este tipo de cultivos, para poder acostumbrarlos a los actuales niveles de dióxido de carbono atmosférico y mejorar la producción de los cultivos.

LAS PLANTAS C4 Y SU RESPUESTA VARIABLE A LOS AUMENTOS DE DIÓXIDO DE CARBONO

El maíz (figura 3) y la caña de azúcar (figura 4) son plantas altamente productivas y fácilmente cultivables. Ambas son ejemplos de plantas C4. Su nombre deriva del compuesto de cuatro carbonos que se forma luego de la fijación del dióxido de carbono.



Figura 3. Plantas de maíz

Fuente: flickr.com/photos.



Figura 4. Plantas de caña de azúcar

Fuente: Dreamstime.com.

Las plantas con metabolismo C₄ también se caracterizan por abrir sus estomas en el día; pero a diferencia de las plantas C₃, tienen una separación espacial entre la captación de dióxido de carbono (que ocurre en las células del mesófilo) y la incorporación de dióxido de carbono para producir azúcares (que ocurre en las células de la vaina) (figura 5).

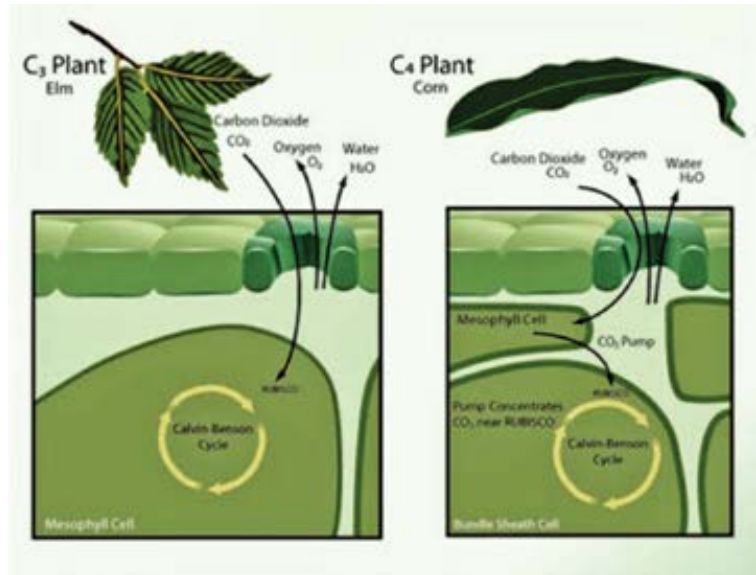


Figura 5. Comparación entre plantas con metabolismo C₃ y metabolismo C₄

Nota: en una planta C₃, el dióxido de carbono fluye por difusión gaseosa desde el estoma a la célula en fotosíntesis. Por su parte, en una planta C₄, las células del mesófilo secuestran el dióxido de carbono y, posteriormente, es transferido a la célula fotosintética.

Fuente: cienciasdejoaleg.blogspot.com.

Las plantas con este metabolismo pierden poca agua por cada molécula de dióxido de carbono que fijan, lo que lleva a un uso más eficiente del agua. Estas conservan la humedad relativa del suelo y tienen la capacidad de colonizar tierras áridas (Campbell *et al.*, 2007).

Dado que las plantas C₄ utilizan el agua de manera más eficiente que las C₃, se esperaría que con el aumento del dióxido de carbono estas fueran más productivas, porque tendrían más materia prima para generar biomasa y sintetizar azúcares; sin embargo, un estudio realizado por Streck (2005) demostró que, en el caso específico de la caña de azúcar, la producción deja de aumentar cuando las concen-

traciones de dióxido de carbono son excesivamente altas. Esto, debido a que las hojas se saturan de este compuesto (específicamente en las células de la vaina); pero si la concentración intracelular aumenta, no es posible fijar más dióxido de carbono y, como consecuencia, la tasa fotosintética no se verá incrementada y, por ende, la planta no generará una mayor biomasa ni una mayor cantidad de azúcares (Purves, 2009).

Los anteriores resultados también se corroboraron con el estudio de Edwards *et al.* (2007), investigadores que, luego de exponer las plantas C4 a altas concentraciones de dióxido de carbono, verificaron que hubo un desarrollo y una maduración más lenta, en comparación con aquellas plantas que no están en ambientes saturados; por consiguiente, la producción de biomasa será menor y la productividad será más baja en ambientes saturados de dióxido de carbono.

El conocimiento del metabolismo de plantas C4 entre los agricultores llevó a que empezaran a cultivarse mayores cantidades de caña de azúcar y de maíz. Inicialmente, estas plantas se vieron beneficiadas cuando se sembraban en zonas donde la concentración de este gas aumentaba paulatinamente; no obstante, y para sorpresa de los agricultores, llegó un punto en que las cosechas no mejoraron más. Hoy sabemos que esto se debe a la saturación intracelular del dióxido de carbono en la caña y el maíz.

LAS PLANTAS CAM Y SU APARENTE INDIFERENCIA AL DIÓXIDO DE CARBONO

La carambola rosada (*Talinum triangulare*) (figura 6) y la pitahaya (figuras 7 y 8) son plantas ampliamente distribuidas en América del Sur (León, 2000), cuyo metabolismo es tipo CAM (del inglés *crassulacean acid metabolism*, o metabolismo ácido de las crasálceas). Aquí la fijación de carbono y la síntesis de glucosa ocurren en una misma célula, pero los procesos fotosintéticos están separados temporalmente. El dióxido de carbono es fijado en la noche cuando los estomas están abiertos, y la síntesis de glucosa se lleva a cabo durante el día (Campbell *et al.*, 2007). En las plantas CAM, a diferencia de las C3 y C4, los estomas solo se abren durante la noche, cuando las temperaturas son más bajas y dejan entrar el dióxido de carbono; de esta manera



Figura 6. Planta carambola rosada (*Talinum triangulare*)

Fuente: Sphl. (2005).



Figura 7. Pitahaya amarilla (*Hylocereus undatus*)

Fuente: Forest & Kim Starr (2003).

reducen la pérdida de agua por transpiración. Al igual que las plantas C4, las CAM requieren poca agua y tienen la capacidad de adaptarse a ambientes cálidos y áridos (Pérez, 2009).

En un estudio realizado por Herrera *et al.* (2001) se demostró que la carambola rosada aumenta su tasa fotosintética cuando se expone a altas concentraciones de dióxido de carbono, siempre y cuando tenga agua disponible. Adicionalmente, este experimento concluyó que la tasa fotosintética de una planta CAM depende de la temperatura y del espacio disponible para el crecimiento de las raíces; es decir, aun cuando inicialmente el aumento de dióxido de carbono favorece a las plantas con este metabolismo, el hecho de que aumente la temperatura y disminuya la disponibilidad de agua podría conducir a un descenso de la tasa fotosintética.

En otro estudio realizado por Weiss *et al.* (2010) se comparó la reacción de dos plantas con metabolismo CAM a altas concentraciones de dióxido de carbono: la pitahaya amarilla (*Hylocereus undatus*) (figura 7) y la pitahaya roja (*Selenicereus megalanthus*) (figura 8). Se observó que la formación de yemas vegetativas y la generación de brote reproductivo en plantas expuestas a altas concentraciones del gas aumentó entre 57% y 175% para *H. undatus*, y entre 38% y 233% para *S. megalanthus*. No obstante, Nobel (2002) demostró que la *S. megalanthus* es más susceptible a las variaciones de nitrógeno que a las diferencias en las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico.

CONCLUSIÓN

No es cierta la creencia de algunas personas —y, en especial, de algunos agricultores— de que las altas concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera significarían mayor productividad de plantas tipo C4. Cuando hay mayor saturación, ellas no pueden almacenar más gas en sus células y, por consiguiente, no aumenta su biomasa. Un caso contrario es de las plantas C3, en las cuales se ha evidenciado un aumento de la biomasa. Incluso en las plantas tipo CAM, la tasa metabólica aumenta con el incremento en la concentración de dióxido de carbono, pero factores como la disponibilidad de agua y la temperatura son aún más determinantes para su desarrollo que en plantas con metabolismos diferentes.



Figura 8. Pitahaya roja (*Selenicereus megalanthus*)

Fuente: Phantes Boutik (s.f.).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente a los profesores Luis Alberto Núñez y Mauricio Vinasco Téllez, por su guía y sus consejos. También expresan inmensa gratitud hacia la profesora Alexandra Delgadillo, por su intensiva y exhaustiva colaboración en la elaboración del trabajo.

REFERENCIAS

- Ainsworth, E. y Long, S. (2004). *What have we learned from 15 years of Free-Air CO₂ Enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂*. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2004.01224.x/pdf>
- Campbell, N. A. *et al.* (2007). Las dos etapas de la fotosíntesis. En *Biología* (7.^a ed.; pp. 184-185). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

- Forest & Kim Starr (2003). *Plants of Hawaii*. Recuperado de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Starr_030702-0001_Hylocereus_undatus.jpg
- Herrera, A., Fernández, M. D., Reginfo, E. y Tezara, W. (2001). Efecto de la concentración elevada de CO₂ sobre la fotosíntesis en especies tropicales. *Interciencia*, 26, 469-471.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3.ª ed.). San José, Costa Rica: Agroamérica.
- Maisonnave, R. (2007). *El efecto invernadero y el clima*. Recuperado de <http://www.artech.com.uy/aniu/confaca.pdf>
- Nobel, P. (2002). Nitrogen relations for net CO₂ uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. *Scientia Horticulturae*, 96, 281-292.
- Pérez, E. (2009). *Fotosíntesis: aspectos básicos*. Recuperado de: http://eprints.ucm.es/9233/1/Fisiologia_Vegetal_Aspectos_basicos.pdf
- Plantes Boutik (s.f.). *Graines pitaya Jaune*. Recuperado de <http://plantes-boutik.fr/comestibles-aromatiques/S08-10-graines-pitaya-jaune-graines-fruit-du-dragon-selenicereus-megalanthus.html>
- Purves, D. (2009). *Vida*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Sphl (2005). Photograph of *Talinum fruticosum*. Recuperado de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Talinum_crassifolium_2.jpg
- Streck, N.A. (2005). Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. *Ciencia Rural*, 35(3). Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0103-84782005000300041&script=sci_arttext
- Weiss, I., Mizrahi, Y. y Raveh, E. (2010). Efecto de CO₂ elevada 2 en las características crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas CAM *Hylocereus undatus* y *Selenicereus megalanthus*. *Scientia Horticulturae*, 123(4), 531-536.