

Fotosíntesis aumentada

Descripción y propósito de la tecnología

La fotosíntesis aumentada es una propuesta de geoingeniería basada en la idea de que plantas y algas podrían manipularse genéticamente para expresar rasgos fotosintéticos “más eficientes”, lo que llevaría a esos organismos a absorber y metabolizar más CO₂. Según críticos de este enfoque, aumentar artificialmente la fotosíntesis manipulando plantas es un proyecto con muchos riesgos, en especial para la seguridad alimentaria.¹ Hay serias preocupaciones respecto a cualquier forma de ingeniería genética de la vida vegetal, pues conlleva efectos secundarios inesperados, riesgos de contaminación de los sistemas naturales, impactos poco conocidos a largo plazo en seres humanos y ecosistemas, y un fuerte control por parte de las corporaciones.

Sus promotores justifican la investigación sobre la alteración de la fotosíntesis principalmente con argumentos referidos a los alimentos: que la población mundial está creciendo, que el rendimiento de los cultivos ha llegado a un tope y que, dada la creciente demanda de alimentos y combustible ante el cambio climático, debemos encontrar una forma de aumentar el rendimiento de los cultivos. Los geoingenieros argumentan también que “la manipulación artificial de fotosíntesis es fundamentalmente una vía para aumentar el potencial genético de rendimiento de los principales cultivos”.² Pero dado que esta modificación está diseñada también para remover más CO₂ de la atmósfera utilizan también argumentos climáticos para justificar esta investigación. Los efectos previstos de remoción de dióxido de carbono por fotosíntesis aumentada se basan en el supuesto de que el CO₂ adicional que absorberían



El uso de monocultivos transgénicos con “fotosíntesis aumentada” podría exacerbar el acaparamiento de tierras y los desplazamientos forzados.

las plantas genéticamente manipuladas quedaría permanentemente en suelos o en el fondo del mar, lo cual es altamente improbable.



Actores implicados

El Proyecto Arroz C₄ es una colaboración entre científicos de Europa, Norteamérica y Asia. Iniciado en 2008, recibió apoyo de la Fundación Bill y Melinda Gates con un financiamiento de 25 millones de dólares hasta la fecha. El proyecto pretende transformar el arroz —una planta con fotosíntesis llamada C₃— en una planta con mayor capacidad de fotosíntesis (C₄). Los objetivos declarados

son aumentar el rendimiento, mejorar el uso de nitrógeno y agua, mejorar la adaptación a climas más cálidos y secos y eventualmente remover más CO₂ de la atmósfera. La fase de financiamiento actual tiene como objetivo desarrollar un prototipo de arroz con fotosíntesis C₄.³

Hay serias críticas sobre la conveniencia de utilizar el arroz como objetivo de una ingeniería genética tan extrema, en una época de estrés hídrico y siendo uno de los cultivos básicos del mundo, pilar del sustento de miles de millones de personas.⁴

No obstante, algunos investigadores consideran que el arroz es “un cultivo ideal” para practicar la ingeniería C₄ utilizando biología sintética porque fue el primer cultivo cuyo genoma se secuenció y se dispone de gran cantidad de datos fisiológicos, genéticos y genómicos sobre el mismo.

El arroz podría allanar el camino hacia la ingeniería del trigo C₄, el algodón C₄ y los árboles C₄.⁵ Con el tiempo, dicen sus promotores, el cambio de los principales cultivos a la fotosíntesis aumentada a gran escala reduciría en teoría grandes cantidades de CO₂.

La Unión Europea financió su propio proyecto “3To4” de 2012 a 2016, con un presupuesto global de 8.9 millones de euros. Un consorcio de investigadores del sector público y privado intentó aumentar la fotosíntesis diseñando cultivos C₃ con características de fotosíntesis C₄. El apoyo al Proyecto Arroz C₄ ha sido otro de los objetivos. Aunque los investigadores se enfocaron inicialmente en el arroz como cultivo modelo, prevén “una rápida transferencia de los avances tecnológicos a los principales cultivos de la Unión Europea, como trigo y canola”.⁶ Entre los miembros del consorcio del sector privado se encuentran Bayer Crop Science y Chemtex Italia (ahora Biochemtex). El proyecto paneuropeo BEEP (materiales de inspiración biológica y biónicos para aumentar la fotosíntesis) estudia los procesos fotosintéticos en entornos marinos, con el objetivo de comprender los mecanismos que afectan la eficiencia fotosintética, por ejemplo, de bacterias y algas marinas, y luego aplicar ese conocimiento para “potenciar la fotosíntesis en organismos vivos”.⁷

// Hay serias preocupaciones respecto a cualquier forma de ingeniería genética de la vida vegetal, y aumentar la fotosíntesis convirtiendo plantas C₃ en C₄ es un proyecto tecnológico de muy alto riesgo. //

Se están llevando a cabo otras investigaciones para demostrar cómo podría aumentarse sintéticamente la absorción de CO₂ de las plantas. Especialistas en biología sintética han incorporado procesos bioquímicos nuevos en organismos modificados para acelerar el proceso de fijación del carbono y aumentar la capacidad de las plantas para convertir CO₂ en energía.

En 2016, un equipo de biólogos del Instituto Max Planck de Microbiología Terrestre de Marburgo unió 17 enzimas diferentes de nueve organismos distintos (por ejemplo, bacterias intestinales, otros microbios y plantas) para hacer una prueba de una vía de fijación de CO₂ en un organismo manipulado que superara lo que puede encontrarse en la naturaleza.

El llamado ciclo CETCH incluye tres enzimas diseñadas, entre ellas una nueva enzima sintética de fijación de CO₂ que se alega es casi



La variedad y diversidad del maíz se está perdiendo a causa de la agricultura industrial. Esto reduce gravemente el potencial de resistencia del cultivo a los cambios del clima.

Foto: The International Maize and Wheat Improvement Center, tomada de Flickr.

20 veces más rápida que la enzima más abundante en la naturaleza responsable de capturar CO₂. Tras demostrar el proceso in vitro, el equipo de investigación pretende ahora trasplantar el proceso a células vivas. Buscan futuras aplicaciones para producir biocombustibles y alimentos.⁸

En otro estudio, investigadores aumentaron la productividad de ciertos cultivos reduciendo el tiempo que tardan las plantas en “recuperarse” al detectar demasiada luz.⁹ Experimentos con Plantas de tabaco manipuladas con adición de proteínas crecieron hasta un 20 por ciento más. Buscan conseguir lo mismo con cultivos como arroz, sorgo y yuca. Esta investigación también está financiada por la Fundación Bill y Melinda Gates.

Un proyecto de investigación llevado a cabo por el Instituto de Bioenergía y Tecnología de Bioprocesos de Qingdao (China) pretende combinar la captación de CO₂, la fotosíntesis aumentada de microalgas y la producción de biocombustible manipulando genéticamente a la microalga *Nannochloropsis oceanica*. El objetivo es aumentar la tolerancia de las microalgas a altos niveles de CO₂ para establecer una producción de microalgas con gases de combustión para producción de petróleo.¹⁰

El Instituto Salk, con sede en California, anunció la comercialización de la “planta ideal” hacia 2025. El Proyecto Planta Ideal aplica métodos de edición genética para aumentar la capacidad de las plantas de almacenar carbono y resistir la descomposición, aumentando la cantidad de suberina, una sustancia vegetal comparable al corcho, en las raíces de las plantas.

La empresa estadounidense ZeaKal sigue desarrollando y probando sus plantas “PhotoSeed”, en colaboración con la empresa química Dow DuPont. Según ZeaKal, las reacciones enzimáticas de las plantas PhotoSeed han sido modificadas genéticamente para aumentar la fotosíntesis, las tasas de crecimiento y la captación de CO₂.¹¹

Impactos de la tecnología

La capacidad de manipular la fotosíntesis implica el control de casi todo lo que determina cómo sobrevive y prospera una planta:



Miles de millones de personas dependen de las cosechas de arroz. ¿Qué pasaría si el arroz genéticamente modificado tuviera consecuencias no deseadas en las variedades tradicionales? Foto: SarahTz, tomada de Flickr.

la eficiencia con que utiliza el agua y los nutrientes para crecer y producir la biomasa que utilizamos como alimento, fibra y combustible, así como la eficiencia con que fija el CO₂ y libera el oxígeno.

Hay serias preocupaciones respecto a cualquier forma de ingeniería genética de la vida vegetal y aumentar la fotosíntesis convirtiendo plantas C₃ en C₄ tal vez sea un proyecto de alta tecnología, pero de muy alto riesgo. Jill E. Gready, profesora de investigación de la Universidad Nacional de Australia, denuncia que “la búsqueda y promoción pública de soluciones de alta tecnología para aumentar la fotosíntesis que tienen un alto riesgo de fracaso (...) implican riesgos enormes para la seguridad alimentaria, ya que proporcionan una falsa confianza en que el problema se está abordando y, al desviar fondos, llevan a perder oportunidades de investigación y desarrollo con mayor probabilidad de éxito e impacto”.¹²

Norman Uphoff, de la Universidad de Cornell, otro de los críticos de la fotosíntesis aumentada, ha impulsado un método agroecológico de cultivo de arroz conocido como Sistema de Intensificación del Arroz. Ha publicado datos recientes que demuestran que un cambio en las prácticas de gestión agrícola —como mayor espaciado de las plantas

y mayor aireación del suelo— puede aumentar drásticamente la producción de arroz más allá de lo que se creía posible y sin depender de los insumos químicos o la ingeniería genética.¹³

Nivel de realidad

La investigación sobre fotosíntesis aumentada ha avanzado en sus primeros escalones: los proyectos están pasando de la ingeniería in vitro a la ingeniería de plantas de cultivo. Sin embargo, la eficacia de la fotosíntesis aumentada como método de almacenamiento de carbono sigue siendo mayormente teórica, en particular porque hay muchas incertidumbres relacionadas con la permanencia del carbono absorbido en los suelos o en el mar.

Más información

Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll, **“Outsmarting Nature? Synthetic Biology and Climate Smart Agriculture”**: <http://www.etcgroup.org/content/outsmartin-g-nature/report>

Este video resume lo que los investigadores están intentando lograr mediante la fotosíntesis aumentada, pero no habla de los posibles impactos:
www.youtube.com/watch?v=Av0dTk9KzIY

Notas finales

- 1 Gready (2014), “Best-fit options of crop staples for food security: productivity, nutrition and sustainability”, en: Jha et al. (2014), *Handbook on Food*, capítulo 15, p. 406
- 2 Long et al. (2015), “Meeting the Global Food Demand of the Future by Engineering Crop Photosynthesis and Yield Potential”, en: *Cell*, Vol. 161:56-66, <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.019>
- 3 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), *Geoengineering Map*, <https://map.geoengineeringmonitor.org>
- 4 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2015), “Outsmarting Nature? Synthetic Biology and Climate Smart Agriculture, Communiqué 114”, <https://www.boell.de/en/2015/11/30/outsmarting-nature-synthetic-biology-and-climate-smart-agriculture>
- 5 Zhu et al. (2010), “C4 Rice – an ideal arena for systems biology research”, en: *J Integr Plant Biol.*, Vol. 52(8):762-770, <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.00983.x>
- 6 CORDIS (2016), “3to4: Converting C3 to C4 photosynthesis for sustainable agriculture”, base de datos de la Unión Europea del Proyecto CORDIS, accesado en febrero de 2020, <https://cordis.europa.eu/project/id/289582>; Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 7 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 8 Schwander et al. (2016), “A synthetic pathway for the fixation of carbon dioxide in vitro”, en: *Science*, Vol. 354(6314):900-904, <http://doi.org/10.1126/science.aah5237>; Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 9 Kromdijk et al. (2016), “Improving photosynthesis and crop productivity by accelerating recovery from photoprotection”, en: *Science*, Vol. 354(6314): 857-861, <http://doi.org/10.1126/science.aai8878>
- 10 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 11 Grupo ETC y Fundación Heinrich Böll (2020), op. cit.
- 12 Gready (2014), op. cit.
- 13 Uphoff (2013), “Rethinking the concept of ‘yield ceiling’ for rice: implications of the System of Rice Intensification (SRI) for agricultural science and practice”, en *Journal of Crop and Weed*, Vol. 9(1):1-19, <http://www.cropand-weed.com/vol9issue1/1.1.html>