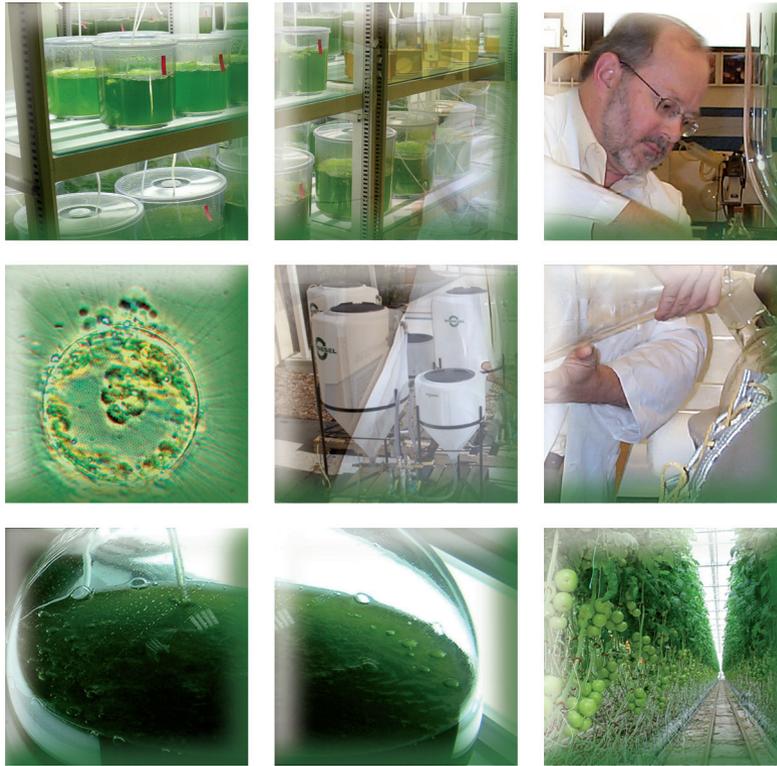


La energía de los vegetales



Pere Puigdomènech Rosell
David Caparrós Ruiz

Guías técnicas de energía y medio ambiente

21. La energía de los vegetales. Contribución de las plantas y los microorganismos a la producción de energía

Autores

Pere Puigdomènech Rosell y David Caparrós Ruiz

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización por escrito de la Fundación Gas Natural.

Edita

Fundación Gas Natural

Plaça del Gas, 1

Edificio C, 3ª planta

08003 Barcelona, España

Teléfono: 93 402 59 00 Fax: 93 402 59 18

ww.fundaciongasnatural.org

1ª edición, 2011

ISBN: 978-84-614-6173-8

Depósito leal: B-3415-2011

Impreso en España



Índice

Prólogo de Pedro-A. Fábregas	7
Resumen ejecutivo	11
Introducción	17
1. Una visión histórica de la energía	21
1.1. Especie humana y energía	21
1.2. Nacimiento de la agricultura	23
1.3. La mejora de las plantas	25
1.4. Las energías fósiles	26
1.5. La biología molecular	31
2. El Sol como fuente de energía. Conversión de la energía en las plantas	33
2.1. Mecanismos biológicos de conversión de la energía lumínica	33
2.2. De la energía solar a la biomasa vegetal	37
2.3. El cloroplasto: la fábrica subcelular de conversión energética	41
2.4. La respiración en las plantas. La mitocondria	45
2.5. Glucólisis, ciclo de Krebs y fosforilación oxidativa	47
2.6. La maquinaria de la fotosíntesis	49
2.7. Plantas de tipo C3 y plantas de tipo C4	52
3. Las plantas energéticas como biocombustibles	55
3.1. Del Sol a las biorrefinerías	55
3.2. Características fisiológicas de las plantas energéticas	57
3.3. Las biorrefinerías: conversión de la biomasa en energía. Hidrólisis, fermentación y transesterificación	60

3.4. Perspectivas para la mejora en la eficiencia de la conversión de la biomasa	65
3.5. Equilibrios energéticos globales: consumo y producción de CO ₂	67
4. Tipos de biocombustibles y usos específicos	69
4.1. Bioetanol, biobutanol, biodiésel y otros.....	69
4.2. Disminución de las emisiones con efecto invernadero: comparación con las emisiones de los combustibles de origen fósil.....	76
4.3. Perspectivas económicas e industriales.....	77
5. Experiencias en la producción de biocombustibles de primera generación	79
6. Biocombustibles de segunda generación	87
6.1. Lignocelulosa.....	87
6.2. Pared celular vegetal como almacén de energía.....	89
6.3. Implicación del polímero de lignina en el valor energético de la biomasa lignocelulósica	90
6.4. Tipos de materia prima. Biomasa residual: residuos agrarios, industriales y urbanos	91
6.5. Biomasa de cultivos energéticos. Características y adecuación	93
7. Nuevas perspectivas del aprovechamiento energético de la fotosíntesis	101
7.1. Biocombustibles de tercera generación (biomasa de organismos marinos y algas)	101
7.2. Experiencias actuales con microalgas en Estados Unidos y en Europa.....	103
7.3. Uso de CO ₂ en espacios confinados. Reutilización del CO ₂ para usos agrícolas en espacios confinados. La experiencia holandesa.....	107
7.4. Mejora de la eficiencia del procesamiento de la biomasa energética.	108
7.5. Mejora genética de la biomasa lignocelulósica.....	109
7.6. Implicación de la genómica y papel de los organismos modificados genéticamente	110

8. Retos energéticos de la Unión Europea, de Estados Unidos y de los países emergentes. El papel de los biocombustibles	113
8.1. Retos en la demanda de energía	113
8.2. Papel de los biocombustibles	116
9. Propuestas de la biología moderna. Posibilidades de investigación	121
9.1. Optimización de la producción de biocombustibles	121
9.2. Optimización de la fotosíntesis	124
9.3. Plantas como sumideros de carbono	127
9.4. Microorganismos energéticos	128
9.5. Biología sintética	129
Glosario	133
Referencias bibliográficas	139



Prólogo

La progresiva complejidad de los entornos energéticos y ambientales de la humanidad nos conduce necesariamente a la necesidad de producir nuevas reflexiones, desde perspectivas integradoras, sobre esquemas y conceptos de largo recorrido. Un ejemplo relevante de esta dinámica puede situarse en el análisis de un concepto elemental como el de la fotosíntesis, ciertamente conocido y de una gran riqueza de contenido, y que sencillamente consiste en producir materia orgánica en las plantas mediante la utilización de agua, CO_2 y luz solar. Este, si se quiere, sencillo mecanismo ha permitido el crecimiento de la superficie vegetal del planeta, así como también la alimentación de animales y de las mujeres y los hombres desde los momentos iniciales de la humanidad, el concepto será sencillo pero evidentemente es de una gran profundidad y puede centrar un valioso elemento de reflexión.

En un mundo preocupado por las emisiones crecientes de gases de efecto invernadero y por la necesidad de ir avanzando en desarrollar y conseguir nuevas energías que reduzcan el impacto en el medio ambiente y que por otra parte, realicen su aportación a la cobertura de una demanda energética progresivamente en aumento, encontrar un proceso natural que absorba CO_2 y produzca, por ejemplo, azúcares que pueden transformarse para su uso energético y todo ello con la sola aportación de la luz solar es ciertamente interesante; otra cosa será la mayor o menor eficiencia de estos procesos y la correcta evaluación de sus costes económicos y ambientales.

Desde la Fundación, en nuestra constante búsqueda de nuevos elementos en el interesante ámbito de la energía y el medio ambiente, ya hemos publicado trabajos de investigación en estos entornos, estudiando el efecto sumidero de los bosques y su posible mejora y optimización a través de una gestión eficiente en *El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático* (2007) dirigido por el Dr. Felipe Bravo; así como las posibilidades de secuestro y almacenamiento de CO_2

en *El CO₂ como recurso. De la captura a los usos industriales* (2010) de la Dra. Lourdes Vega, con un especial énfasis en la reutilización del dióxido de carbono.

El proceso de reflexión que presentamos intenta plasmar el estado de la cuestión en el conocimiento de lo que pueden aportar las plantas, pero también las algas y los microorganismos a la expectativa energética desde una perspectiva de rigor científico pero también de explicación inteligible, a pesar de la utilización de un vocabulario especializado de una cierta complejidad, con términos como cloroplasto, arqueobacterias o metagenómica, que hemos intentado suavizar con la incorporación de un Glosario al final del libro.

El libro nos permite recorrer la historia de la humanidad, permitiéndonos observar, cómo, prácticamente hasta 1800, la especie humana había sobrevivido con la utilización prácticamente exclusiva de la energía de los vegetales, mientras que el gran desarrollo económico de los últimos doscientos años no habría sido posible sin la aportación adicional de la energía concentrada de los combustibles fósiles, y cómo la preocupación en los albores del siglo XXI por las consecuencias ambientales del uso de la energía y la aparición de conceptos e inquietudes como el cambio climático han reorientado la búsqueda de nuevos enfoques y conceptos.

Posteriormente se describen con un cierto detalle los mecanismos biológicos que permiten la conversión de la energía lumínica en las plantas, así como la respiración de los vegetales, elementos necesarios para poder entender y evaluar la eficiencia de los procesos naturales de la conversión, aspecto absolutamente indispensable que permite avanzar en la cuantificación de la ocupación de las superficies de tierras necesarias para una producción masiva, así como para la correspondiente evaluación económica.

Entrando en las partes más descriptivas se exponen los biocombustibles de primera generación que al utilizar sólo una parte de la planta (grano, semillas, etc.) y competir por la tierra con la alimentación humana, se han visto ya superados por la tendencia hacia la segunda generación, centrada en el aprovechamiento de la lignocelulosa, y ésta, por el avance hacia las algas, cultivadas en biorreactores y caracterizadas por su elevada capacidad de rápido crecimiento por división celular, para finalmente pasar a los microorganismos especializados que podrían conseguir la producción directa de, por ejemplo, metano a partir de la absorción de la luz solar, en lo que se ha venido en denominar Biología Sintética.

En cualquier caso, como en tantos terrenos de la evolución del conocimiento humano se avanza por prueba y error, cuando se pone en marcha una alternativa, ésta normalmente realiza una aportación positiva pero a la vez genera algunos inconvenientes, que la alternativa siguiente superará, en todo o en parte, pero planteará nuevos retos a resolver.

Pero es que además, el gran reto de futuro, el reto de la aportación a la mejora de la situación mundial de la energía y el medio ambiente deberá, entre otros condicionantes, cumplir con unos estrictos requerimientos tanto en conseguir un nivel de eficiencia en la transformación de energía suficientemente alto, como en no perjudicar al medio ambiente desde un estricto análisis de impactos globales, y a la vez con un nivel de costes económicos razonables, asegurando una sostenible continuidad en la producción.

Para el desarrollo de este trabajo hemos tenido la suerte de disponer de dos reconocidos expertos en la materia, como son Pere Puigdomènech, científico que dispone de un claro reconocimiento internacional, con innumerables trabajos publicados y que actualmente es Profesor de Investigación del CSIC y Director del Centre de Recerca en AgriGenòmica (CRAG); y por otra parte, David Caparrós, investigador del CRAG y responsable científico del grupo de investigación “*Bioingeniería de la biomasa lignocelulósica de maíz*”. Realmente ha sido un placer trabajar con ellos, tanto por sus conocimientos científicos como por sus calidades humanas, consiguiendo un resultado de un gran nivel, y además de un nivel ciertamente amable de comunicación.

La fotosíntesis evidentemente no es la solución de todo, no puede serlo, su rendimiento es inferior al 1%, muy alejado de lo normal en otros contextos energéticos, sin embargo, puede ayudar al control del dióxido de carbono, y puede inspirar nuevas posibilidades y procesos.

Cabe recordar como indican los autores: “*En el Neolítico, la especie humana fue capaz de identificar un pequeño número de especies animales y vegetales, de modificarlas fuertemente y de lograr que crecieran y se reprodujeran en un entorno controlado. Ello permitió asegurar el alimento que se necesitaba en cualquier situación y durante todas las estaciones sin depender de forma tan directa de los ciclos biológicos de las especies*”. Es decir, hemos seleccionado unas plantas y las hemos mejorado

porque cumplieran óptimamente con el objetivo que buscábamos, alimentar a la población. Cabe preguntarse, si el objetivo fuese otro, ambiental o energético, si seríamos capaces de conseguir los mismos resultados con el tiempo.

Esperamos que la publicación de este libro, estimule el conocimiento y la observación de lo que pueden aportar realmente los vegetales, en sentido amplio, a los actuales requerimientos del mundo en los inicios del siglo XXI, en la línea de las mejores prácticas sostenibles en la sociedad, con elementos de nueva modernidad, desarrollo e innovación tecnológica, permitiendo avanzar en el nivel de desarrollo y competitividad en un contexto cada vez más global.

Pedro-A. Fábregas

Director General
Fundación Gas Natural