

¿Te mueven las algas?

CIN2012A10213

Instituto Técnico y Cultural

Andrés Gutiérrez Valdés

Luis Manuel Cetina Rodríguez

Mariana Terrazas Maeshiro

M. en B. Brenda Karina Abascal Castillo

Medio Ambiente

Investigación Documental

México D.F.

2013



RESUMEN

Este trabajo pretende ser una investigación exhaustiva sobre la posible aplicación de tecnologías basadas en algas como una fuente energética alternativa y renovable. En él se refleja el potencial que tienen las algas para substituir en el futuro cercano nuestras necesidades energéticas de hidrocarburos, planteando así un paradigma económico, ecológico y sustentable. Por esta razón, se llevó a cabo una investigación para determinar si esta tecnología ya estaba en uso en México. Finalmente, el trabajo documental llevó al planteamiento de un prototipo de bajo costo para aplicar los métodos de utilización de algas a pequeña escala, de forma que ésta tecnología pudiese ser accesible a cualquier persona.

Palabras Clave: *algas, energías alternativas, biocombustibles, sustentabilidad*

ABSTRACT

This paper intends to be an extensive investigation on the possible application of algae-based technologies as a source of alternative and renewable energy. It reflects the potential that algae have to substitute our needs for fossil-fuels in the near future, therefore developing an economical, ecological and sustainable paradigm. For this reason, investigation was carried out, to find out if this technology was already in use in Mexico. Finally, this documentary investigation resulted in the development of a low budget prototype to apply algae technology in the small scale, ensuring that these methods are within reach of anyone.

Keywords: *algae, alternative energies, biofuels, sustainability*

INTRODUCCIÓN

Las problemáticas ambientales que nos aquejan actualmente piden a gritos una solución tangible a corto plazo. El modus vivendi de la humanidad misma resulta imposible de sostener para un planeta con 7 mil millones de habitantes. Los combustibles se agotan, la Tierra se contamina y la implacable necesidad del hombre por energía no hace más que crecer. Una alternativa no sólo es urgente, sino vital si queremos que la vida subsista.



Mucho se ha planteado en cuanto al tema de energéticos; el uso del sol, del viento, etc.; las llamadas “energías alternativas”, y es cierto, todas ellas son una maravilla, sin embargo, este proyecto no solo presenta una más de estas energías, sino que habla de una alternativa con un potencial inmenso, que, sin embargo, es prácticamente desconocida: las algas.

Desde hace ya más de dos décadas se descubrió la posibilidad de utilizar a estos microorganismos como una fuente energética renovable, las micro-algas oleaginosas, por sus características estructurales, nos presentan la posibilidad de ser procesadas de forma que se produzcan combustibles a partir de ellas, el conocido biodiesel.

No obstante, las cosas no se reducen únicamente a esto, algunas especies de algas (como la *Chlamydomonas reinhardtii*) tienen además la peculiar característica de liberar hidrógeno de manera natural como un subproducto de su metabolismo. Este elemento es el que genera particular interés en este estudio pues, si las predicciones son ciertas, el sistema económico se inclinará en los próximos años hacia él como energético principal, el encargado de substituir la dependencia en combustibles fósiles en las próximas décadas.

Esta alternativa energética (siempre y cuando se utilice de forma generalizada) tiene amplias ventajas sobre otros métodos, tales como el mínimo impacto hacia el ambiente que produce su utilización y que el proceso de producción contribuye a la reducción sostenida de los niveles de carbono atmosféricos. Sin embargo, aún hace falta averiguar cuál de las formas de utilización de algas es más efectiva, si es viable económicamente utilizar esta tecnología en nuestro país (si no es que ya se utiliza actualmente), cuáles son las especies que resultan más eficientes para su aprovechamiento energético y, de ser posible, si se podría realizar su cultivo en aguas residuales. Además de evaluar qué tan factible es construir un biorreactor de algas para el aprovechamiento de esta tecnología en la pequeña escala.



De ahí que se planteen las siguientes hipótesis:

- La producción de hidrógeno por medio de algas es la alternativa más llamativa en la actualidad puesto que la economía apunta a un sistema basado en dicho elemento como energético principal y, además, actualmente existen las tecnologías necesarias para utilizarlo.
- La utilización de aguas residuales para el cultivo de algas es una propuesta rentable y sustentable que hace más atractivo el proyecto.
- Esta forma de generación de energéticos es prácticamente desconocida en el país y nunca antes se ha aplicado.
- Las algas se podrían implementar a gran escala siempre y cuando se generalizara su popularidad y aumentara la demanda, con el fin de disminuir sus costos.
- Es posible demostrar la eficiencia de este método de forma experimental con una máquina casera.

OBJETIVO GENERAL

Averiguar cuál es el método más eficiente para la producción de energía a partir de algas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recabar información y realizar una comparativa entre los diferentes métodos de obtención energética con algas.
- Indagar los requerimientos necesarios para la producción de hidrógeno por medio de algas.
- Conocer las diferentes máquinas propuestas para la utilización de las algas como productoras de energía para aplicarlos a la situación específica de nuestro país.
- Investigar los pros y los contras del biohidrógeno obtenido a partir de algas.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO

ECOLOGÍA

En la actualidad, el mundo afronta grandes retos inéditos, los principales son: garantizar un crecimiento económico sostenido, optimizar las condiciones sociales de la población y, al mismo tiempo, proteger los recursos naturales y mejorar las condiciones de vida.

Para esto es necesario iniciar con una nueva era donde las energías sean renovables, que afecten y contaminen lo menos posible y aseguren un mejor futuro.

Para ello es indispensable saber, ¿qué es ecología?, ¿para qué sirve? y ¿cómo nos beneficia?

La Real Academia Española

Ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno. Parte de la sociología que estudia la relación entre los grupos humanos y su ambiente, tanto físico como social y la defensa y protección de la naturaleza y del medio ambiente.

Así entendemos ecología, como esta parte vital de nuestra sociedad hoy en día es considerada una herramienta que nos brindará una solución a problemas ambientales como lo es la contaminación; un ejemplo de ello es la creación de plantas térmicas que usan la combustión como medio de energía para producir electricidad.

Lamentablemente en el aspecto ecológico-científico estamos viendo que nuestros esfuerzos por desarrollar este tipo de energía no han sido suficientes y pronto tendremos que pagar costos mayores para lograr solucionar las diferentes problemáticas que enfrentamos.

A lo largo de los últimos años la economía global se ha enfocado en el desarrollo de energías limpias. Ya que las energías que se han utilizado desde ya hace muchos años son un riesgo inminente tanto para el planeta como para nosotros.



Estamos al borde de que la contaminación provocada por la manera con la que se obtiene la energía se vuelva un daño irreversible. Es por esto que se ha puesto tanto empeño en crear formas de producción de energía innovadoras, amigables con el ambiente y saludables. Al tener un ambiente saludable nosotros los somos igualmente.

Al encontrar una solución para el calentamiento global nuestra calidad de vida podrá mejorar y lo más importante podremos mantener saludable al planeta para las generaciones futuras.

Tipos de energía: Como ya hemos comentado, la energía se ha vuelto una parte fundamental de nuestras vidas, por lo que no podemos permitirnos la ausencia de esta. Por ello, el principal reto que pueda producirse energía sin que presente ningún peligro para el ambiente.

Existen diferentes tipos de energía como su muestran en la gráfica 1.1 las hay renovables o no renovables pero también hay que darle paso a otros tipos de energías como la nuclear o el hidrógeno que no utilizan combustibles fósiles.

Debe quedar claro que aunque existan diferentes formas de obtener la energía, para privilegiar el desarrollo de una, es necesario evaluar las repercusiones medioambientales que generan.

Obtención de energía por combustión: Se caracteriza por la obtención de la energía a través de la ruptura de enlaces moleculares, se crea vapor mediante combustión. En estas se usan combustibles fósiles tales como: carbones, líquidos de petróleo o gas natural, sin embargo, cada vez se agotan más estos recursos sin contar el impacto ambiental que el uso de estos representan. Uno de los principales problemas asociados al uso en exceso de esta fuente energética ha desencadenado un serio desequilibrio en las concentraciones de CO₂ en el ambiente, contribuyendo significativamente al calentamiento global (Heras, 2008).

Obtención de energía a través del átomo: En las reacciones nucleares se rompen y reorganizan los átomos y durante este proceso es cuando se libera parte de su energía. Hay un total de 442 plantas



nucleares en el mundo y producen el 17% de energía utilizada aproximadamente. En México únicamente se encuentra una planta nuclear, Laguna Verde, ubicada en Veracruz.

Energías renovables: Se les llama así al tipo de energías que generan un menor impacto en el ambiente. Además no necesitan ningún tipo de combustible para que funcionen.

Centrales hidroeléctricas: en estas plantas se trata de aprovechar la caída natural del agua para producir la electricidad. Esta es una manera mucho menos contaminante que las plantas termoeléctricas. Aunque no presentan ningún tipo de contaminante el estar construyendo tantas presas de agua representa un grave daño al ecosistema en sí. En México es la segunda forma más popular de obtener energía como se muestra en la gráfica 1.1.

Centrales Eólicas: Se aprovecha la energía del aire para mover molinos que permite transformar y utilizar la energía necesitada. Tampoco tienen un gran impacto al ambiente, no obstante, como se puede ver en el grafico 1.2 aún no representa una gran aportación en la obtención de energía en el país.

Energía Solar: Consiste en el aprovechamiento la energía que produce el Sol. Hay dos formas de utilizar este tipo de energía ya sea utilizándola para calentar o a través de paneles solares. Este es un método de los más costosos actualmente a de los cuales podríamos obtener cierto acceso ya sea doméstico o para las industrias. En México hay diversas compañías que ya han implementado este tipo de obtención de energía tales como Wal Mart, Bridgestone y HSBC.



Capacidad instalada por Fuentes Renovables de Energía [MW]
Total: 2.365 MW
(Agosto 2010)

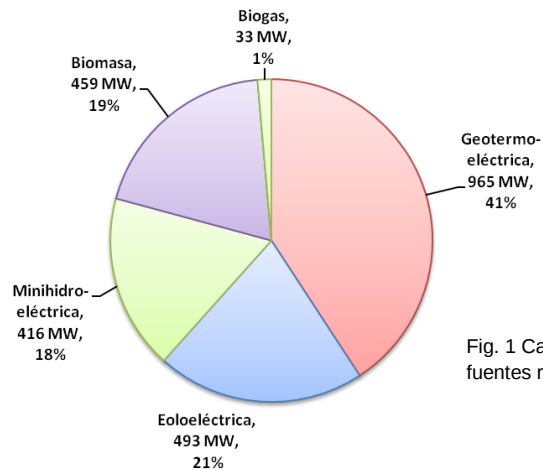


Fig. 1 Capacidad instalada de energéticos basados en fuentes renovables en México.

La Contaminación y la Salud

Como ya hemos mencionado anteriormente la contaminación se ha vuelto un inminente problema. Pero, ¿cómo es que la contaminación afecta a nuestra salud? y ¿cómo podemos detenerla?

Contemplando que ningún ser humano es igual a otro, podemos decir que la contaminación nos puede dañar de diferentes maneras. Hay tres tipos de factores que se deben de tomar en cuenta para saber cómo es que la contaminación puede llegar a afectarnos:

- Exposición a la contaminación
- La capacidad
- Resistencia física del individuo

Tomando en cuenta estos factores podemos decir que éstos pueden contribuir a retardar o acelerar los efectos de contaminación.



A continuación se mencionarán los efectos más comunes de la contaminación:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Irritación de los ojos | 6. Enfermedades vasculares |
| 2. Estornudos | 7. Problemas cardíacos |
| 3. Resequedad de mucosas | 8. Problemas en los huesos |
| 4. Irritación de la piel | 9. Cáncer bronquial |
| 5. Una extensa variedad de enfermedades respiratorias como el asma | 10. Enfisema pulmonar |
| | 11. Trombosis |

Aguas Residuales

Se consideran a las aguas residuales a aquellas aguas que normalmente han sido utilizadas en las actividades diarias de una ciudad. Estas se pueden dividir en dos diferentes tipos debido a su origen: las municipales y las industriales.

Otra forma de dividir las aguas residuales es en función de su contenido, así se clasifican en: aguas negras, aguas grises y aguas negras industriales. Las primeras son aquellas que provienen de los desechos humanos, es decir, los inodoros. Las segundas, las aguas grises, también provienen del uso del hombre pero a diferencia de las negras, éstas provienen del agua que utilizamos en las bañeras, en los lavabos y en las lavadoras. Por último, se encuentran las aguas negras industriales que contienen la descarga del proceso industrial y son las que tienen mayor efecto negativo contra la salud y el medio ambiente.

Muchos creen que estas aguas ya no son viables para nada y lo mejor que se puede hacer con ellas es tratarlas, es decir, hacerles un proceso en el cual se realiza una remoción de los contaminantes encontrados en estas aguas a través de diferentes métodos ya sean biológicos o químicos. Pero hemos descubierto que hay otro uso para estas aguas el cual puede terminar ayudando a la



comunidad. Esto es que estas mismas aguas son unas de las muchas aguas en las que las algas pueden desarrollarse y con esto se le encuentra otro gran uso a estas aguas y así encontramos una manera sustentable de mantener, sostener y desarrollar algas.

Algas

Las algas, organismos normalmente menospreciados, seres que no suelen pasar de ser una basura en el charco o una mancha impertinente que nada más estorba en nuestras vidas; en el mejor de los casos, las personas llegan a considerarlas como un buen alimento, al menos da sabor en los sushis, pero de ahí no pasan. Si la gente realmente comprendiera el gigantesco potencial que tienen quedaría anonadada, se darían cuenta de que el impacto de su presencia no sólo determina que los humanos sigamos aquí sino que su existencia es vital para casi todos los seres vivos en la Tierra.

Las algas son un grupo de seres increíblemente extenso, por lo que resulta difícil hacer generalizaciones sobre ellas, sin embargo, aquí se resumirán brevemente algunos de los datos más generales, imprescindibles para delimitar al grupo que abarca esta denominación. Dentro de la clasificación propuesta por Woese et. al., en 1990, las algas pertenecen al dominio Eukarya y, en su mayoría, al reino protista.

La cantidad de especies de algas, tanto en el mundo como en México es un número extremadamente variable y muy discutido por la comunidad científica, pero se puede afirmar que existen al menos 27,000 especies distintas en todo el orbe, mientras que en nuestro país existen casi 3,000 (CONABIO, s.f.).

En nuestra vida cotidiana normalmente convivimos con muchos organismos pero no en todas las ocasiones les damos la importancia que requieren, un caso muy particular es el caso de las algas.

Las algas son organismos difíciles de clasificar puesto que existe una gran diversidad; para ser específicos, podemos decir que existen más de veintiún mil tipos de algas. A diferencia de las plantas, las algas no tienen verdadera raíz, tallo, hoja. En general, las algas son organismos primeramente autótrofos, eso quiere decir que producen su propio alimento mediante la fotosíntesis.

Comentario [AS1]: Creo que hay que reacomodar, habría que poner esto antes de hablar del alga elegida.

Comentario [BA2]: Referencia

Comentario [G3]: Referencia de dónde saqué el número



La mayoría viven en agua o lugares bastante húmedos. El tamaño de estos organismos varía mucho, pueden ser desde un micrómetro de diámetro hasta 50 metros de largo. Debido a la variedad de estos organismos y a su estructura a nivel celular se han clasificado en dos grupos procarionte y eucarionte

Algas	Organización celular	Pigmentos	Composición química de la pared	Principales productos de almacenamiento
Cyanophyta Algas Verde-Azules	Procarionte	Ficobilina, clorofila a, carotenos, xantofilas	Azúcares, vaina mucilaginosas	Almidón, poliglucosa
Rhodophyta Algas rojas	Eucarionte	Ficobilina, clorofila a y d, carotenos, xantofilas	Celulosa y/o vaina mucilaginosas	Florideano, almidón
Chlorophyta Algas Verdes	Eucarionte	Clorofila a carotenos xantofilas	Celulosa, glucósidos, hidroxiprolina	almidón
Chromophyta Chrysophyta-ceae Algas doradas	Eucarionte	clorofila a y carotenos, xantofilas	Cuando hay pared es de celulosa y a veces contiene sílice	Crisolaminarina



Chromophyta Xanthophyceae Verde-amarillenta	Eucarionte	clorofila a y carotenos, xantofilas	Celulosa y pectina	Crísola minarina
Euglenophyta	Eucarionte	Clorofilas a,b	No presentan pares, tienen una membrana flexible llamada periplasto	paramilón
Chromophyta Phacophytaceae Algas Pardas	Eucarionte	clorofila a y carotenos, xantofilas	Ácido algínico, celulosa	simdón
Dinoflagelados	Eucarionte	clorofila a y carotenos, xantofilas	Celulosa, producen mucilaginosas	almidón

Fig. 4 Tabla donde se presentan algunas de las características más comunes de las algas.

Las algas realizan la respiración a través de membranas que pueden existir en su superficie, este intercambio de gases, aunque reducido comparado con el de otros seres vivos, consiste en la utilización de oxígeno diatómico para la respiración celular y la devolución del metabolito CO_2 , incluso, hay indicios de que llegan a aprovechar el carbón como fuente de energía en situaciones muy específicas (McKehnie, 2012).

Para alimentarse, las algas utilizan diversos pigmentos fotosintéticos que van de la gama de pigmentos verdes a rojos e incluso dorados. La fotosíntesis es su sistema predominante de nutrición aunque también utilizan, en menor medida, nitrógeno, fósforo, carbono y azufre (Hemschemeier, 2005).



La reproducción de estos organismos, es prácticamente imposible de limitar a un solo tipo, pues, dependiendo la especie a la que dicha alga corresponda, realizan tanto reproducción sexual como reproducción asexual, incluso, el tipo de reproducción depende de la filial a la que pertenezca, este fenómeno es conocido como alternancia de generaciones (Rosello, 1997).

SUSTENTABILIDAD

Gracias a que las algas son muy abundantes, y a que su precio no es tan elevado comparado con otros recursos, lo que se busca es que sean una fuente viable de energía sustentable. Como resultado de una intensa búsqueda bibliográfica, encontramos que hay un alga que puede aprovecharse para la producción de hidrógeno: *Chlamydomonas reinhardtii*, esta alga es ideal ya que no necesita una gran infraestructura para crecer, puede desarrollarse en tubos de ensayo, e incluso, en materiales de re-uso o reciclados. La temperatura a la que se debe de mantener varía entre los 20°C a 25°C aunque pueden resistir temperaturas de hasta 35°C; un factor muy importante es que son fotosintéticas, necesitan de luz, misma que puede proporcionarse con lámparas ahorradoras colocadas a una distancia de 50 cm. Analizando todo lo anterior, podemos prever que el cultivo de esta alga no implica un gasto mayor comparado con el beneficio obtenido.

La producción de hidrógeno por medio de algas es un proceso relativamente sencillo y económico, lo que hace que sea atractivo para su aplicación a nivel nacional. En las últimas décadas, se ha buscado la forma de producir hidrógeno ya que éste no genera CO₂ y es bastante amigable con el ambiente. La eficiencia de la energía química del hidrógeno puede convertirse en electricidad hasta un 80% mientras que la gasolina en los motores solo llega al 20% (Nolasco, 2010).

Por otro lado, el petróleo cada día es más escaso, puesto que es la fuente de energía con más consumo a nivel mundial y sus costos de producción y transporte son bastante caros. Se ha comprobado que el petróleo genera una gran cantidad de gases que afectan al planeta, por eso se busca este tipo de energía limpia a base de algas. En el mundo verde, se habla mucho acerca de la sustentabilidad, entendida esta como la cualidad de poderse mantener por sí mismo, sin ayuda exterior y sin agotar los recursos disponibles (Guerrero, 2003).



La sustentabilidad de generación de energía por medio de algas es bastante viable, ya que es casi 100% auto-sustentable y 100% ecológico.

A continuación, se presentan algunos datos según un estudio hecho por la Secretaría de Energía, el Banco Interamericano de Desarrollo y la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit en el 2006, donde se muestra la eficiencia y la rentabilidad de la producción de energía por medio de las algas, abarcando desde la producción hasta el mantenimiento de una planta de algas.

Conceptos de referencia para el promedio de inversión de capital total					
Concepto de referencia	Materia prima	Capacidad (toneladas al año)	Inversión de capital en la planta (miles de pesos)	Costo de la tierra (miles de pesos)	Inversión de capital total (miles de pesos por mega watt de bio-combustible)
Planta agrícola de biodiesel con prensa (pequeña escala)	Semillas oleaginosas	3,600	11,800	1,040	2,100
Planta industrial de biodiesel con prensa (gran escala)	Semillas oleaginosas	93,750	310,900	23,550	2,590
Planta industrial de biodiesel (gran escala)	Aceite vegetal	93,750	184,800	6,540	1,490
Planta industrial de biodiesel multi- materias primas (gran escala)	Aceite usado. Aceite vegetal. Grasa animal.	46,900	268,600	3,706	4,170

Fig 2. Tabla donde observan los costos que una planta de biocombustibles necesita. Se le suma el precio del metro de (calculado en 872 pesos). La cantidad de terreno se calculó a razón de 0.33 m² por cada tonelada de combustible a procesar para plantas pequeñas; y de .075 y .085 m² por tonelada de producción para plantas grandes.

Sobre todo esto existen grandes ventajas sobre los demás tipos de obtención de energía algunos son:



- Reducen la alta dependencia hacia los combustibles fósiles.
- Promueven la agricultura debido a la alta demanda de cultivos energéticos.
- Crean empleos, tanto en la agricultura como en la industria de producción de biocombustibles.
- Reducen la emisión de bióxido de carbono y con ello el calentamiento global.
- Utilizan materiales reciclados o de re-uso
- Su mantenimiento no es tan caro como otras fuentes de energía

Si se implementan los biorreactores de algas a gran escala se espera que éstas realicen un aporte significativo en la producción energética.

Consumo final por cada tipo de fuente energética

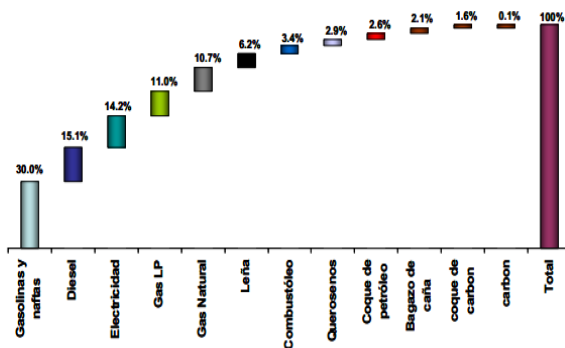


Fig. 3 Gráfica donde se muestran los diferentes tipos de energía que se utilizan en México y la distribución de cada una de estas (SAGARPA 2011).



HIDRÓGENO

El hidrógeno es tan abundante en nuestro planeta que resulta una buena propuesta para almacenar y transportar energía. Es el compuesto químico más elemental y ligero de los elementos periódicos.

Métodos de producción de hidrógeno.

Mediante la síntesis química se obtiene el hidrógeno por el reformado de hidrocarburos (reacción de un hidrocarburo con el agua) o por la oxidación del monóxido de carbono con el agua en donde se obtiene dióxido de carbono más hidrógeno. Mediante la gasificación de la biomasa se puede obtener el hidrógeno a través de reacciones anaerobias de la basura o productos biológicos en descomposición. Los procesos termoquímicos consisten en la utilización de la energía calorífica para producir electricidad y posteriormente provocar la electrolisis del vapor de agua.

Proceso fotobiológico que consiste en obtener hidrógeno mediante el control de la función fotosintética de determinados vegetales como son las algas.

¿Cuáles son las bases para producir hidrógeno mediante procedimientos biológicos en los seres vivos y más exactamente en las algas? La historia empieza allá en 1939, cuando el científico Hans Gaffron en la universidad de Chicago descubrió que un tipo de algas puede cambiar su mecanismo de producción de oxígeno en la fotosíntesis por hidrógeno. Posteriormente se descubrió el mecanismo y a la responsable de esta inversión, se trata de una enzima denominada hidrogenasa, descubierta por el profesor Anastasios Melis en 1997, que convenientemente estimulada mediante la privación de azufre en las células vegetales.

Demostrado que es posible que un cultivo de algas pueda producir gas hidrógeno lo que resta ahora es idear sistemas capaces de obtener de manera rentable este hidrógeno. Entendemos por rentable lógicamente el gasto energético que conlleva la obtención de este gas. Hasta ahora la obtención de biocombustibles convencionales, por ejemplo el biodiesel, ha demostrado ser poco rentable y sobre todo bastante agresiva con el medio ambiente. Sin embargo la obtención de hidrógeno mediante grandes extensiones de cultivo de algas "granjas de hidrógeno" se vislumbra que puede serlo.



¿Cuál es el secreto de la rentabilidad del cultivo de algas para la obtención del hidrógeno? Lógicamente el rendimiento en la producción es decir la cantidad de hidrógeno conseguido por cada gramo de algas. Aquí entra de lleno la contribución de la ingeniería genética. Resulta que es posible modificar mediante procedimientos de manipulación genética las algas. En nuestro caso el alga elegida es de tipo unicelular y se denomina *Chlamydomonas reinhardtii*. La cosa es que de esta manera se consigue hasta cinco veces mayor rendimiento en la producción de hidrógeno y una eficiencia energética próxima al 2% lo cual es muy interesante y ronda ya la rentabilidad económica. Lo último que se sabe es que en la Universidad de California en Berkeley recientemente se ha descubierto el poder del cobre para actuar como catalítico en la producción del hidrógeno en estas algas.

Las dimensiones de este tipo de cultivos de producción de hidrógeno ciertamente son grandes, altamente eficientes y económicamente rentables. Se dice que la extensión de una de estas instalaciones, siendo del orden del estado de Texas, sería suficiente para producir el que permitiese cubrir las necesidades energéticas del mundo entero.

Tal y como acabamos de definir este sistema de producción de hidrógeno a través de algas, estamos en ante una nueva forma de convertir la energía solar en energía química y ésta, en energía eléctrica. Está claro que el Sol es la fuente de energía más importante de la naturaleza.

Cabe hacerse, sin embargo, una nueva pregunta, ¿como "enlatar" el hidrógeno para producir electricidad? Son diversas las formas de recuperar la energía química que el hidrógeno almacena una vez aislado en forma molecular. Para el consumo es necesario hacer uso de las llamadas "células o pilas de hidrógeno". Se trata de provocar de nuevo la reacción del hidrógeno con otros elementos para que en esta reacción se ponga a disposición de una máquina o sistema la energía en forma de electricidad directamente utilizable. Las tecnologías de los materiales están facilitando la incorporación de elementos cada vez de más alto rendimiento cuyas características eléctricas y químicas permiten una mayor eficacia. Ya se puede hablar del coche con motor eléctrico a base de baterías con células de hidrógeno.



La utilización de células energéticas de más envergadura "motores de combustión interna de hidrógeno" está siendo investigada con éxito y ya se dispone de prototipos operativos. En este caso se trata de obtener directamente la energía del hidrógeno mediante su combustión.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Primera etapa: Recopilar información vía digital y bibliográfica de los siguientes tópicos:

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1.- Algas | 4.-Tipos de energías |
| 2.-Producción de Hidrógeno por medio de algas | 5.-Hidrógeno |
| 3.-Energías sustentables | 6.-Producción de algas en México |
| | 7.-Problemáticas ambientales |

Segunda etapa: Analizar la información consultada.

Tercera etapa: Comparar el método planteado con los métodos existentes.

Cuarta etapa: Redactar la información y realizar el trabajo documental.

Quinta etapa: Realizar los procesos requeridos para promover la importancia de la investigación acerca de las algas y su beneficio ecológico.

RESULTADOS OBTENIDOS

UN ALGA PROMETEDORA

Existe una solución cuyo nombre es *Chlamydomonas reinhardtii* se descubrió que este tipo de alga cuando es privada de oxígeno, azufre y se encuentra en presencia de luz (La absorción de luz es esencial para la liberación del H₂ porque ésta permite la oxidación del agua, la producción de protones y electrones, así como el transporte de éstos.) se origina un desbalance entre la respiración y la fotosíntesis dónde se produce hidrogeno mediante un proceso de una enzima que se le conoce como "hidrogenasa".



La hidrogenasa se halla presentes en casi todos los grupos de procariotas, y existen tres tipos de hidrogenasa:

- Las que llevan níquel y fierro en el centro activo
- Las que tienen fierro
- Aquellas que no tienen metal.

Las algas son capaces de producir una cantidad importante de hidrógeno, se recomienda cultivar las algas con una densidad de 3 a 6 millones de células/ml y se les priva de azufre, con lo cual la producción de oxígeno cae a 10% de su tasa, en un lapso de 15 a 20 horas. Cuando las algas consumen todo el oxígeno, el cultivo queda en condiciones anaeróbicas, bajo luz continua. En estas condiciones, se logran hasta 2 o 2.5 ml de H^2 por litro de cultivo por hora. Después de 100 horas, las algas deben volver a su metabolismo normal para permitir su recuperación.

Comentario [G4]: Lo copio textual de la página o cómo lo pongo? Se me hizo un dato interesante.

Resulta que es posible modificar mediante procedimientos de manipulación genética las algas. En nuestro caso el alga elegida es de tipo unicelular y se denomina *Chlamydomonas reinhardtii*. La cosa es que de esta manera se consigue hasta cinco veces mayor rendimiento en la producción de hidrógeno y una eficiencia energética próxima al 2% lo cual es muy interesante y ronda ya la rentabilidad económica. Lo último que se sabe es que en la Universidad de California en Berkeley recientemente se ha descubierto el poder del cobre para actuar como catalítico en la producción del hidrógeno en estas algas.

El alga *Chlamydomonas reinhardtii* es una especie prometedora para la producción de hidrógeno a gran escala.

Como indica Michael Mechanic (2002)

Mientras que los métodos para extraer hidrógeno del agua generalmente liberan una cantidad significativa de gases invernadero, la *Chlamydomonas sp.* no solo absorbe CO_2 , sino que también se ha visto que, gracias a la enzima *hidrogenasa*, es capaz de alterar sus procesos fotosintéticos y producir hidrógeno en vez de oxígeno.



Son estas características las que confieren al alga el estatus de fuente alternativa de energía, además de que la convierten en el medio ideal para dicho uso. Recapitulando, su aporte de carbono es neutral, producen hidrógeno de forma renovable y no generan ningún gas invernadero en el proceso.

Además en la Universidad de Berkeley Anastasios Melis (2000) descubrió que:

Al ser privadas de oxígeno, las *Chlamydomonas reinhardtii* comenzaban a romper la molécula de agua en hidrógeno, el único problema es que también producían una parte de oxígeno, por lo que eventualmente este proceso se detenía. Desde entonces, se dedicó a buscar una forma de prevenir la producción de oxígeno, cosa que finalmente logró, privando al alga de azufre, obteniendo una cantidad muy superior de hidrógeno a la esperada.

Sin embargo, esta modificación tuvo el efecto de que, a los pocos días las algas morían por falta de crecimiento celular lo que volvía a esta técnica inviable a gran escala.

Con los más recientes avances y, por medio de ingeniería genética, se ha logrado modificar al alga de forma que sea hasta 400% más eficiente, al producir más hidrogenasa de la que normalmente requeriría. Ahora, además, se ha logrado utilizar cobre para alterar el gen Nac2 (que es requerido para que se logre la síntesis de oxígeno por medio del fotosistema II) inhibiendo así la producción de oxígeno sin provocar la muerte de las algas. Este avance resulta prometedor pues "la tasa de producción de hidrogeno de las algas adicionadas con cobre fue casi equivalente a la de las algas privadas de azufre y se mantuvo por lapso indefinido." (Surzycki, 2007)





Fig. 5 Imagen que muestra un ejemplar del alga *Chlamydomonas reinhardtii*. Crédito: Surzycki, et al. © 2007 PNAS.

CONCLUSIONES

1. El hidrógeno sí es una alternativa viable para convertirse en el energético principal, la clave para su aplicación radica en la masificación de su uso.
2. Concluimos que el uso de aguas residuales sería ideal ya que se le encontraría un nuevo uso a estos desechos.
 - 2.1. Aunque sí es posible aprovechar las aguas residuales para esta técnica de obtención energética, esto limita la utilización de algunas especies que son de interés, por lo que no es lo más recomendable.
3. Esta forma de producción energética ya está siendo utilizada en México, mas no tiene la difusión necesaria, probablemente porque las empresas que se dedican a esto manejan toda su información con gran confidencialidad y son de difícil acceso al público. Siendo esto también gracias a que esta es una nueva forma de obtención de energía y la mayoría de la población no se encuentra informada a cerca del hidrógeno como fuente de energía.



4. En una comparativa de la Secretaría de Energía queda demostrado que la economía se puede basar en un energético renovable y las algas son ideales para este propósito.
5. La construcción de un prototipo es altamente complicada por lo que aún estamos lejos de poder tener un biorreactor casero con materiales sencillos.
6. La información sobre los diversos reactores es confidencial y está patentada, por lo que plantear uno tendría que comenzar de cero, con prueba y error.
- 6.1 La principal problemática del hidrógeno como fundamento energético de la humanidad es el transporte y almacenamiento, dada su alta capacidad explosiva.

BIBLIOGRAFÍAS

- Adamczak, M., Bornscheuer, U.T, Bednarski, W. (2009). The application of biotechnological methods for the synthesis of biodiesel. *European Journal of Lipid Science and Technology* 111(8), 808-810. Recuperado el 12 de diciembre de 2012 de http://www.researchgate.net/publication/227344380_The_application_of_biotechnological_methods_for_the_synthesis_of_biodiesel
- Graham, L. E., Graham, J., Graham, J. M., Wilcox, L. W. (2009). *Algae*. 2 ed. Estados Unidos: Benjamin-Cummings Pub Co. pp. 5-8.
- Happe T., Hemschemeier A., Winkler M. and Kaminski A. (2002). Hydrogenases in green
- algae: Do they save the algae's life and solve our energy problems? *Trends Plant Sci* 7, 246-250
- Winkler M., Hemschemeier A., Gotor C., Melis A. and Happe T. (2002). [Fe]-
- hydrogenases in green algae: Photo-fermentation and hydrogen evolution under sulfur
- deprivation. *Int J Hydrogen Energy* 27, 1431-1439
- Hemschemeier A. and Happe T. (2005) The exceptional photofermentative hydrogen
- metabolism of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Biochem Soc Trans* 33, 39-41
- Fouchard S., Hemschemeier A., Caruana A., Pruvost J., Legrand J., Happe T., Peltier G.
- and Cournac L. (2005) Autotrophic and mixotrophic hydrogen photoproduction in sulfurdeprived *Chlamydomonas* cells. *Appl Environ Microbiol*, in press



- Mata, T. et al. (2009). Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (1) 1-16. Recuperado el 12 de diciembre de 2012 de http://download.bion.com.cn/view/upload/month_0909/20090915_ab33f8609a54d5fc6d9400QF99f86AVO.attach.pdf
- Garibay Hernández, A., Vázquez-Duhalt, R., Sánchez Saavedra, M.P., Serrano Carreón, L., Martínez Jiménez, A. (2009). Biodiesel a partir de microalgas. *BioTecnología* 13 (3), 61. Recuperado el 12 de diciembre de 2012 de http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2009_3/Biodiesel.pdf.
- Loera-Quezada, M. (2010). Las microalgas oleaginosas como fuente de biodiesel: retos y oportunidades. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental*, 1(1), 91. Recuperado el 12 de diciembre de 2012 de http://www3.inecol.edu.mx/relbaa/images/docs/loera_olquin_2010_revlatinoambiotecnolamb_algal_v1n1.pdf
- Club D'immersió Biología Guía de especies » Algas pardas » Dictyota dichotoma Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: http://www.cibsub.com/bioespecie_es-dictyota_dichotoma-31319
- El Proyecto Biológico Guía sobre Procariontes, Eucariontes, & Virus Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page2.html>
- Openwetware Introduction to Biotechnology Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: http://openwetware.org/wiki/840.119:Hydrogen_Production_by_Chlamydomonas_reinhardtii_cells_in_Sulfur-deprived_Environments
- Lenntech Descripción de las algas y tipos Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.lenntech.es/eutrofication-de-las-aguas/algas.htm>
- Botanical-Online Características de las Algas Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.botanical-online.com/clorofila.htm>



- Asociación Nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra Ventanas al Universo Autótrofos Recuperado el 7 de febrero 2013 de:
- <http://www.windows2universe.org/earth/Life/autotrophs.html&lang=sp> Universidad de Murcia Polisacáridos Recuperado el 8 de febrero de 2013 de:
- Club D'immersió Biología Guía de especies » Algas pardas » Dictyota dichotoma Recuperado el 8 de febrero de 2013 de:
- http://www.cibsub.com/bioespecie_es-dictyota_dichotoma-31319
- El Proyecto Biológico Guía sobre Procariontes, Eucariontes, & Virus Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/pev/page2.html>
- Openwetware Introduction to Biotechnology Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: http://openwetware.org/wiki/840.119:Hydrogen_Production_by_Chlamydomonas_reinhardtii_cells_in_Sulfur-deprived_Environments
- Lenntech Descripción de las algas y tipos Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.lenntech.es/eutrofication-de-las-aguas/algas.htm>
- Botanical-Online Características de las Algas Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.botanical-online.com/clorofila.htm>
- Asociación Nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra Ventanas al Universo Autótrofos Recuperado el 7 de febrero 2013 de:
- <http://www.windows2universe.org/earth/Life/autotrophs.html&lang=sp> Universidad de Murcia Polisacáridos Recuperado el 8 de febrero de 2013 de: <http://www.um.es/molecula/gluci05.htm>
- Rosello, J. (1997). Biología y Botánica (Tomo II). España: Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicación. pp. 145-146.
- Hemschemeier A. y Happe T. (2005). The exceptional photofermentative hydrogen metabolism of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Biochem Soc Trans.* Vol 33: 39-41
- CONABIO (s.f.). Algas. Recuperado el 14 de febrero de 2013 de: http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/algas/algas.html



- Hemschemeier, A. (2005) The anaerobic life of the photosynthetic alga *Chlamydomonas reinhardtii*. Ruhr-Universität Bochum. Recuperado el 14 de febrero de 2013 de:
http://web.mit.edu/pweigele/www/PBR_background/dissertation_anaerobic_chlamy.pdf
- Raya, J. (2007). Cultivo de algas para producir energía. Recuperado el 14 de febrero de 2013 de
<http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/203/Articulos/fuentesalternas/fuentesalternas03.htm>
- Woese, C. et al. (1990). Towards a natural system of organisms; Proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya. Proceedings of the National Academy of Sciences, October. U.S.A. Vol. 87, pp. 4576-4579
- McKehnie, K. (2012). Carbon-eating algae the new environmental hero. [Archivo de video]. Recuperado de <http://www.abc.net.au/news/2012-12-07/carbon-eating-algae-the-new-environmental-hero/4416274>
- Recursos Renovables Alternativos (Junio 2011) 100% Ecológico Recuperado el 14 de febrero de 2013 de:
- Alltech Sustentabilidad y Algas (Mayo 2012) Recuperado el 14 de febrero de 2013 de:
- Ciencia Tecnología e Innovación Para el Desarrollo de México (Noviembre 2010) BIOHIDRÓGENO A PARTIR DE BASURA ORGÁNICA Recuperado el 14 de febrero de 2013 de:
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (Junio 2011) COSTOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Recuperado el 14 de febrero de 2013 de:
- Algae Depot (Octubre 2011) *Chlamydomonas reinhardtii* Recuperado el 14 de febrero de 2013 de:
http://www.algaedepot.org/algae-reference/algae-depot-wiki/doku.php?id=strains:chlamydomonas_reinhardtii
- Universität Bielefeld Fossil fuel reserves and clean fuel for the future Recuperado el 9 de febrero de 2013 de:
- <http://www.uni-bielefeld.de/biologie/Algenbiotechnologie/kruse/HydrogenProduction.html>
- Ciencia Y Desarrollo CONACYT Cultivo de algas para producir energía Recuperado el 9 de febrero de 2012 de:



- <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/203/Articulos/fuentesalternas/fuentesalternas03.htm>
- Energía Sostenible.net Almacenamiento y transporte del hidrógeno Recuperado el 9 de febrero de 2013 de:
http://www.energiasostenible.net/almacenamiento_y_transporte_de_hidrog.htm
- Ventana de la Ciencia Granjas de hidrógeno Recuperado el 9 de febrero de 2013 de:
<http://josemanuelruiz.wordpress.com/2010/07/29/granjas-de-hidrogeno/>
- LNE Sociedad y Cultura Algas y luz para producir hidrógeno
- Mechanic, M. (2002, abril). It came from the swamp. *Must read*, 10 (04). Recuperado el 9 de febrero de 2013 de: <http://www.wired.com/wired/archive/10.04/mustread.html?pg=5>
- Melis, A. et al. Sustained Photobiological Hydrogen Gas Production upon Reversible Inactivation of Oxygen Evolution in the Green Alga *Chlamydomonas reinhardtii* *Plant Physiol*, January 2000, Vol. 122, pp. 127-136
- Surzycki, R. et al. *Potential for hydrogen production with inducible chloroplast gene expression in Chlamydomonas*. Proceedings of the National Academy of Sciences, October 2007, vol. 104, no. 44, 17548-17553.
- SENER, Introduccion. Recuperado el 4 de Febrero del 2013 de:
<http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1656&lang=1>
- SENER, El sector eléctrico Mexicano. Recuperado el 4 de Febrero del 2013 de:
<http://www.renovables.gob.mx/portal/Default.aspx?id=1669&lang=1>
- Juglar, L. Energía Solar. Recuperada el 4 de Febrero del 2013 de:
<http://books.google.com.mx/books?id=I0qPPTGMRUYC&printsec=frontcover&dq=energ%C3%ADa+solar&hl=es&sa=X&ei=wQkPUYvpMlag2QW9xYGoCA&ved=0CDUQ6AEwAA#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20solar&f=false>
- Heras, M. Fuentes de energía para el futuro. Recuperado el 4 de Febrerro del 2013 de:
<http://books.google.com.mx/books?id=EcpvEn3c8vcC&pg=PA223&dq=tipos+de+energia&hl=es&sa=X&ei=Nw0PUf-HIMmp2QXc0IDYDg&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q=tipos%20de%20energia&f=false>



- Valdés, B. Enfermedades causadas por la contaminación del aire. La contaminación del aire daña de diferente manera la salud, dependiendo del estado de salud, nivel de exposición y resistencia. Recuperado el 13 de Febrero del 2013 de:
<http://www.esmas.com/salud/saludfamiliar/adultos/337482.html>
- ¿Qué son las Aguas Residuales? Recuperado el 14 de Febrero del 2013 de:
<http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/aguasresiduales.html>

