

El uso de microalgas autóctonas para la mitigación del cambio climático

The use of native microalgae for climate change mitigation

Laura Paola Dupontt Díaz

Universidad Rafael Urdaneta. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0000-2335-0343> | Correo electrónico: duponttlaura1411@gmail.com

Recibido: 22/04/2023

Aceptado: 30/06/2023

Resumen

Las microalgas constituyen importantes herramientas biotecnológicas para contrarrestar el cambio climático, porque actúan como filtros biológicos del CO₂ que utilizan durante la fotosíntesis, con la consecuente producción de biomasa, la cual puede emplearse en la alimentación humana y animal, o para obtener biocombustibles. La cosecha de microalgas es una práctica ancestral realizada por comunidades indígenas de varios países de América Latina, pero en Venezuela este tipo de experiencias es escasa o inexistente, por lo que con esta propuesta se estaría contribuyendo en los distintos sectores de la industria alimentaria y especialmente con el ambiente, dado que las microalgas actúan como secuestradores de gases invernaderos.

Palabras clave: Microalgas, biotecnología, secuestradores de carbono, efecto invernadero

Abstract

The microalgae constitute important biotechnological tools to counteract climate change, because they act as biological CO₂ filters that they use during photosynthesis, with the consequent production of biomass, which can be used for human and animal nutrition, or to obtain biofuels. The harvesting of microalgae is an ancestral practice carried out by indigenous communities in several Latin American countries, but in Venezuela this type of experience is scarce or non-existent, so this proposal would be contributing to the different sectors of the food industry and especially with the environment, given that microalgae act as sequestrators of greenhouse gases.

Keywords: Microalgae, biotechnology, carbon sequestration, greenhouse effect

Planteamiento del problema

En las últimas décadas, el ámbito científico viene detectando cambios profundos que suponen un impacto ambiental, siendo estos el aumento de la temperatura global, el deshielo en los polos o la subida del nivel del mar, los cuales han puesto en riesgo la vida de los seres humanos. La contaminación, especialmente la emisión de gases de efecto invernadero por la acción humana, contribuye crucialmente a este deterioro. De esta forma, la degradación del medioambiente es una tendencia que como se mencionó, tiene sus implicaciones en la sociedad, en los individuos y en la educación y es además un problema global que ha sido tratado por los expertos de todo el mundo, pero se ha concluido que el clima cambia, debido a causas naturales y a causas de origen antropogénico [1].

Junto al crecimiento desproporcionado de las grandes ciudades, patrones de consumo y producción no eficientes ni sostenibles han provocado una serie de eventos de impactos negativos sobre el ambiente a nivel global, regional, nacional y local. Por tanto, el cambio climático ha evolucionado a través del tiempo con la generación de nuevas emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico más que natural. Así, en Venezuela también se ha evidenciado una gran vulnerabilidad con respecto al cambio climático y esto ha afectado en gran medida a los suelos, aguas, bosques y algunas especies (flora y fauna) de los ecosistemas terrestres y acuáticos [2].

A pesar de que no resulta fácil contrarrestar el cambio climático, existen diversas alternativas que son amigables con el ambiente y que pueden ser empleadas para mitigar uno de los efectos más importantes de este fenómeno, el cual es el calentamiento global. Una de estas alternativas es el empleo de las microalgas, pues estas son capaces de absorber dióxido de carbono, dañino para el medio ambiente y, por otro lado, el componente graso que poseen podría utilizarse para la producción de biocombustible. Así mismo, estas presentan una alta productividad en relación con la superficie en la que son cultivadas y además no necesitan de terrenos de uso agrícola, sino que se pueden cultivar sobre cualquier suelo [3].

En el caso de una continuación en la tendencia del cambio climático, ocasionado principalmente por la emisión de gases invernaderos por las industrias y empresas, la población podría verse afectada en diversos ámbitos, como por ejemplo las infraestructuras debido a calores extremos, fuertes aguaceros e inundaciones, e incluso la salud, la agricultura, la forestación, el transporte, la calidad del agua y el aire, y una gran variedad de riesgos para grandes lagos [4].

A raíz de los aspectos antes mencionados, surge una propuesta de investigación que consiste en el uso de las microalgas para mitigar el cambio climático, aprovechando con ello los recursos disponibles y las propiedades de las mismas, y de esta forma, la investigación estaría contribuyendo en el desarrollo de la industria ambiental en Venezuela, dado que en el país son escasas las investigaciones que involucren algas microscópicas para combatir los fenómenos ambientales, como lo es el calentamiento global.

Finalmente, sabiendo que las microalgas cuentan con múltiples beneficios tanto para la industria como para la comunidad, es necesario dar respuesta a la pregunta: ¿Es posible emplear las microalgas para contrarrestar el cambio climático?

Justificación de la investigación

Las microalgas poseen múltiples beneficios, por lo que, desde el punto de vista práctico, estas constituyen un arma diminuta para combatir el cambio climático dado que, por medio de la fotosíntesis, actúan como filtros biológicos de CO₂, capturando este gas y produciendo biomasa utilizada para alimentación humana o para la obtención de biocombustibles y de esta manera, se minimizan las emisiones de este gas de efecto invernadero [5].

Por su parte, desde el punto de vista social, el uso de microalgas es de gran utilidad para la comunidad en distintos fines, tales como la producción de biocombustibles, alimentación humana y animal, y salud humana, además de aplicaciones más específicas como los biofertilizantes, utilización de biomasa, ácidos grasos poliinsaturados, pigmentos carotenoides y ficobiliproteínas, e incluso cosmética. También se debe mencionar que las microalgas se pueden cultivar tanto de forma artesanal desde tiempos remotos, así como también a escala industrial [6].

Desde el punto de vista metodológico, la cosecha de las microalgas, mediante diferentes técnicas, empleando medios de cultivo específicos y métodos de crecimiento puede ser replicada en otras comunidades de forma artesanal, pues en el país no se cuenta con todos los equipos necesarios para llevar a cabo un cultivo industrialmente.

Finalmente, desde el punto de vista académico, este trabajo puede servir como base en futuras investigaciones, dado que en Venezuela este tipo de propuestas son escasas y de esta forma, se estaría contribuyendo en distintos sectores de la industria, principalmente en el que está relacionado con el ambiente.

Objetivo de la investigación

Evaluar el uso de las microalgas autóctonas como una alternativa para mitigar el cambio climático.

Metodología

De acuerdo con investigaciones realizadas en otros países, se han empleado distintos sistemas de cultivo para microalgas autóctonas con el fin de eliminar o al menos fijar el CO₂, pues el aumento de su concentración en la atmósfera supone un problema ambiental y económico a nivel mundial. Así mismo, es importante destacar

que varios estudios han abordado la capacidad de las microalgas para capturar CO₂ de los gases de combustión, además de su velocidad de crecimiento, la cual es bastante elevada en comparación con las plantas terrestres. También se ha demostrado que la biofijación por dichas microalgas puede combinarse con la producción de biocombustible, lo que aumenta la eficiencia del proceso y conduce a un mejor rendimiento en la producción. A continuación, se explican las fases del proceso de biofijación del CO₂ a partir del cultivo de una microalga:

Fase 1: Selección del sitio

En el inicio de la actividad es conveniente contar con instalaciones previas, como salas para laboratorios que cuenten con sistemas de bombeo, almacenamiento de agua y almacenes para reactivos, con la finalidad de reducir los costes en infraestructuras. Se debe disponer de fuentes de agua a bajo coste, zonas próximas al mar para el caso de microalgas marinas (*Dunaliella*), además de la ubicación en zonas protegidas del viento y con fácil acceso y con una temperatura media anual no superior a los 30 °C, poco expuesta a zonas de sombra.

También se debe disponer en las empresas o industrias de un sistema de recogida de aire para canalizarlo y conducirlo hasta las instalaciones de cultivo microalgal, para posteriormente realizar el tratamiento biológico de fijación de dióxido de carbono.

Fase 2: Acondicionamiento (equipo e instalaciones)

Sala o laboratorio de cultivo: Para fines de mantenimiento de cepas, son convenientes las transferencias sucesivas de cultivos, el crecimiento de cultivos en pequeños y medianos volúmenes, contando con temperaturas controladas 18-20 °C, paredes y pisos de azulejo en color blanco, instalaciones para el cepario y cultivos intermedios con lámparas de luz blanca fría fluorescente (20W-37W), instalaciones tipo invernadero con ventanas de cristal o plástico para agilizar el crecimiento.

Cuarto de siembra: Dentro del mismo laboratorio es instalada una cabina con campana de flujo laminar o incluso una simple mesa de laboratorio con instalación de gas para dos mecheros para la inoculación en condiciones asépticas.

Sala de producción: Para volúmenes de 200 litros o más, se emplean recipientes de materiales plásticos no tóxicos y transparentes preferiblemente. También se usa la luz solar, pues el uso de la luz artificial es de muy alto costo y requiere además de equipos para mantener la temperatura entre 18 y 20 °C. Se debe acotar que, en zonas de clima templado para cultivos masivos, se desarrollan estos a la intemperie, cubriendo los recipientes en caso de lluvia.

Fase 3: Selección de la microalga

La elección de las especies a cultivar depende directamente de la finalidad que se le desea brindar al objetivo propuesto. En todos los casos, estas especies reúnen una serie de condiciones que justifican su cultivo, tales como mantenerse en suspensión en el agua (por flagelos o vacuolas), presentar una velocidad de multiplicación rápida, que su valor nutritivo sea aceptable y que sean fáciles de cultivar. Así, las especies más comúnmente utilizadas en acuicultura pertenecen a los géneros *Tetraselmis*, *Nannochloris* y *Chlorella*, *Nannochloropsis*, *Chaetoceros* y *Rhodomonas*. Sin embargo, para otros usos, las especies que actualmente se cultivan a escala industrial son *Arthrospira platensis* (Spirulina), *Dunaliella salina* para la obtención de b-caroteno, *Haematococcus pluvialis*, *Porphyridium cruentum* y *Nannochloropsis gaditana*.

Fase 4: Evaluación de parámetros físico-químicos

Al igual que como cualquier otro organismo vivo, las condiciones físicas tienen gran influencia en el crecimiento de la microalga y es precisamente por esta razón que cada especie presenta un intervalo particular de temperatura, intensidad de luz, salinidad, dióxido de carbono y oxígeno para la producción de un máximo crecimiento.

Luz: La intensidad lumínica es uno de los principales parámetros a considerar en un cultivo, por lo cual, en el caso de un cultivo de laboratorio, la intensidad de la luz oscila entre 2.000-5.000 lux, según el

estado y la densidad de la población. Para aumentar la eficiencia fotosintética en la población, se debe agitar constantemente con aire o en forma manual para que las células puedan permanecer un breve tiempo expuestas a la luz.

La calidad espectral de la luz también es un factor importante en las microalgas, ya que solo pueden emplear longitudes de ondas comprendidas entre 400 y 700 nm para realizar la fotosíntesis.

Temperatura: La producción algal aumenta proporcionalmente con la temperatura hasta alcanzar la temperatura óptima (28-35 °C) de cada especie. Por encima de ésta, se incrementa la respiración y se reduce la productividad.

En un sistema de cultivo cerrado, la temperatura se puede controlar por varios mecanismos, tales como rociadores de agua, reactores dentro de invernaderos, entre otros. Por lo contrario, en un sistema de cultivo abierto, este es muy difícil de controlar, aunque se pueden realizar ciertas acciones simples para disminuir el efecto, como cubrir los estanques con plásticos transparentes.

pH: Las microalgas tienen diferentes requerimientos de pH según la especie, aunque la mayoría crece bien en un rango de pH de 6 a 8,76. Sin embargo, muchas especies son sensibles a variaciones del pH y presentan un descenso en la productividad, que afecta el crecimiento algal.

Por otra parte, un incremento de pH puede aumentar la salinidad del medio de cultivo, lo cual es peligroso para las células algales. El pH puede controlarse con un sistema automatizado de inyección de CO₂, o incluso, con la adición de un ácido o una base.

Fase 5: Selección del medio de cultivo

El medio de cultivo para el desarrollo óptimo de las microalgas debe contar con nutrientes en cantidades suficientes y debe estar exento de todo microorganismo contaminante. Los elementos fundamentales para un óptimo crecimiento microalgal, son: carbono nitrógeno, fósforo, azufre y otros minerales esenciales como el hierro, magnesio, oligoelementos y en algunos casos, el silicio.

Existen otros medios que incluyen en su composición sustancias orgánicas como vitaminas y aminoácidos, e incluso se han desarrollado diferentes medios para el cultivo de microalgas que van desde las fórmulas para enriquecer el agua de mar natural, hasta el uso de medios artificiales con un contenido variable de nutrientes y vitaminas, según la especie cultivada.

Fase 6: Aireación/mezcla

La mezcla es necesaria para evitar la sedimentación de las algas y garantizar que todas las células de la población estén igualmente expuestas y los nutrientes, para evitar la estratificación térmica y así mejorar el intercambio de gases entre el medio de cultivo y el aire.

Dependiendo de la escala del sistema de cultivo, la mezcla se logra agitando diariamente a mano utilizando tubos de ensayo y fiolas, también aireando y empleando ruedas de paletas y bombas (estanques).

Fase 7: Crecimiento microalgal en cultivo

Fase de ajuste: Las microalgas se adaptan a las nuevas condiciones de cultivo, por lo que no existe un incremento neto de la población.

Fase exponencial: Es la fase de crecimiento en la cual la cual el producto se duplica debido a la asimilación de nutrientes desde el medio y el proceso de reproducción.

Fase de retardo: La tasa de crecimiento se reduce como consecuencia de la disminución de nutrientes, por lo que el tiempo para duplicar la población aumenta. Es en esta fase donde las microalgas presentan su mayor valor nutritivo y mayor densidad poblacional.

Fase estacionaria: Las densidades celulares se mantienen relativamente constantes, pues no hay un aumento neto de la población y la tasa de crecimiento se compensa con la tasa de mortandad celular.

Fase de declinación: La tasa de crecimiento es superada por la tasa de mortalidad de la población.

Fase 8: Tecnología de cultivo

Esta fase está referida la obtención y el aislamiento de las cepas microalgales, la evaluación de crecimiento del cultivo y al flujo de producción de las microalgas mediante cultivos stock, iniciales, de producción intermedia, de producción masiva, de tanques, entre otros.

Fase 9: Cosecha del cultivo

Para extraer las microalgas de los cultivos se emplean varios métodos como centrifugación, floculación química, filtración, ultrasónica y flotación. La selección del más idóneo depende del uso que tendrá la microalga, del costo y de la eficiencia del proceso.

Fase 10: Fijación del CO₂ por vía fotosintética empleando las algas extraídas

Las microalgas son organismos unicelulares o pluricelulares cuyas células funcionan independientemente, realizando todas las funciones vitales. Obtienen su energía gracias a su capacidad para realizar la fotosíntesis. La fotosíntesis, proceso por el cual el agua se descompone en oxígeno y un agente reductor necesario para la reducción de CO₂ a carbono orgánico, es un mecanismo complejo y muy eficiente, resultado de varios millones de años de evolución. Este proceso es realizado por cianobacterias (procariotas), microalgas (eucariotas), (macro-) algas y plantas superiores [7]. En ausencia de luz, no se produce la fotosíntesis y las células obtienen energía de compuestos orgánicos de reserva almacenados en su estructura celular, que al ser oxidados, liberan CO₂, vapor de agua y energía en forma de ATP, que suple las necesidades fisiológicas celulares. Éste proceso es la respiración celular.

Existen tres mecanismos principales por los que se realiza la fijación del CO₂ y las plantas pueden clasificarse según éstos en tipo C₃, C₄ y CAM. Plantas C₃ son todas las algas (macro, micro y cianobacterias) y el 90% de las plantas superiores. La reacción de fijación de CO₂ en las plantas C₃ está catalizada por la enzima RUBISCO (ribulosa bifosfato carboxilasa oxigenasa), que es la enzima más abundante en la Tierra, entre otras razones, porque es bastante lenta, (se activa sola una vez por segundo) y porque requiere concentraciones relativamente altas de CO₂ para funcionar eficientemente [8]. Para obtener cultivos microalgales de alto rendimiento es necesario que en el medio de cultivo exista una alta proporción CO₂/O₂, que se consigue retirando efectivamente el O₂ del medio y aportando CO₂ en exceso.

Un proceso importante que forma parte de la biofijación consiste en la eficiencia fotosintética y la fotoinhibición, pues es aspecto fundamental de la utilización del CO₂. De todo el espectro de radiación electromagnética emitida por una fuente de luz, solamente la parte correspondiente a la zona visible (380 a 750 nm) es aprovechable por las plantas para realizar la fotosíntesis. Este rango de luz es lo que se conoce como radiación fotosintéticamente activa (Richmond, 2004). De esta manera, los pigmentos y todos los organismos relacionados con la captación de luz se asocian con sistemas especiales de membranas fotosintéticas, localizadas en el interior de los cloroplastos que contienen las moléculas de clorofila. La mayoría de ellas actúan como centros captadores de luz o antena y una pequeña parte son centros de reacción que reciben la energía capturada por las antenas.

Fase 11. Liberación del gas biotratado con las microalgas a la atmósfera

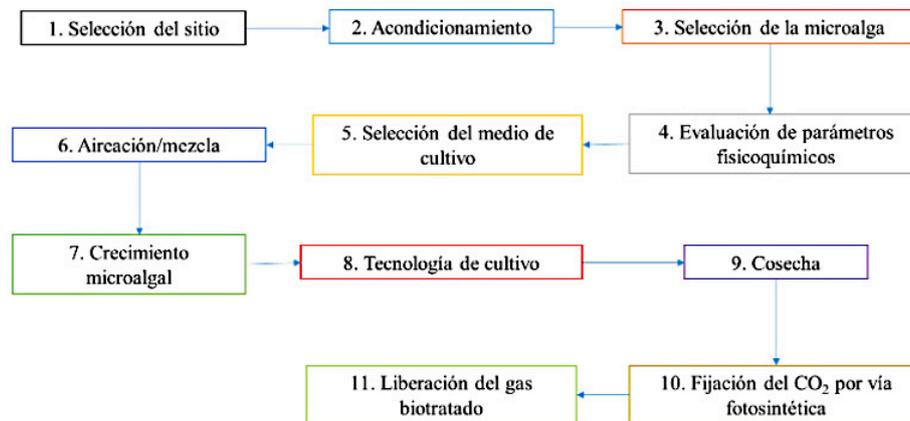


Figura 1. Fases del proceso de biofijación del CO₂ a partir del cultivo de una microalga

Se debe contar con un sistema para la emisión a la atmósfera del gas que ha sido biotratado, que cumpla con normativas internacionales de calidad del aire y que no represente ningún riesgo para la salud ni para el ambiente (Figura 1).

Resultados esperados

Con base en la propuesta planteada se espera obtener las condiciones óptimas para el crecimiento del cultivo en función de una selección adecuada de equipos, espacio y medio de cultivo, además de parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH y luz, que ayuden a promover el crecimiento microalgal.

Por su parte, en relación al sistema de cultivo, se propone emplear un sistema cerrado, debido a que en este es más fácil controlar la temperatura por medio de varios mecanismos, a diferencia del sistema abierto, pues en este se deben llevar a cabo acciones adicionales para contrarrestar el efecto de la temperatura, esto con la finalidad de obtener un mayor crecimiento en masa de la microalga a gran escala con un alto rendimiento en cuanto a productividad; es decir, mantener el cultivo en la fase de crecimiento donde esta exhiba mayores propiedades para capturar el CO₂.

Finalmente, se estima una mitigación significativa de las emisiones de CO₂ por medio de las microalgas, y, en consecuencia, la obtención de un aire libre de contaminantes que cumpla con normativas estándar de calidad. Por otro lado, es importante mencionar los diversos usos de la biomasa microalgal producida que además de proporcionar oxígeno al ambiente, y contener ácidos grasos útiles, es capaz de producir una multitud de productos alimentarios y farmacéuticos, además de energía; lo cual representa un valor agregado, a la eliminación de los gases de efecto invernadero que se acumulan en la atmósfera.

Referencias

- [1] Díaz, G. “El cambio climático”, Ciencia y Sociedad. Vol. 37, pp. 228, (2012)
- [2] Iagua. Venezuela/Cambio climático. (s.f). Recuperado de: <https://www.iagua.es/noticias/cambio-climatico>
- [3] ERS. Microalgas: ¿Solución global? (2008). Recuperado de: <https://www.dw.com/es/microalgas-soluci%C3%B3n-global/a-3077156>
- [4] IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (2013).

[5] UAM. **Microalgas, arma diminuta para combatir el cambio climático**. Dirección de comunicación social. (2017).

[6] Hernández, A. y Labbé, J. “**Microalgas, cultivo y beneficios**”. Revista de Biología marina y Oceanografía. Vol 49, pp. 1-14, (2014),

[7] Richmond, A. **Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied phycology**. Blackwell Science, UK, (2004).

[8] Raven, J. **Mechanisms of inorganic carbon acquisition in marine phytoplankton and their implication for the use of other resources**. Limnology and Oceanography. (1991).

Nota especial

Artículo presentado en el Concurso “Camino al Futuro Venezuela 2035” de Fedecámaras edición 2023, modalidad: Estudiante. Área temática: Los desafíos de Venezuela ante el cambio climático: sus implicaciones para las empresas.