

Producción de microalgas usando subproductos mariculturales

Production of microalgae using mariculture by-products

Juan Fernando Merino Moya¹, Eleuterio Lucio Encomendero Yépez²

RESUMEN

En base a los resultados de crecimiento poblacional de microalgas, obtenidos en laboratorio, es factible utilizar los subproductos generados por el cultivo de *Argopecten purpuratus* "concha de abanico", usando técnicas sencillas (extractos acuosos y ensilado biológico), como medio de cultivo algal, en la costa de la región Ancash. Esto debido a las condiciones de iluminación natural, temperatura, amplia disponibilidad de terrenos eriazos y arenales costeros, considerados como elementos importantes para la realización de cultivos masivos de microalgas al aire libre, usando piletas agitadas por ruedas de paletas o motobombas. Se analizan las ventajas y desventajas de dichos cultivos y se plantean aspectos técnicos del manejo de los cultivos microalgales derivados de su adecuación a las variaciones de la temperatura diaria, precipitaciones pluviales, contaminación por microorganismos, sedimentación natural de las microalgas y el estrés hidráulico; así como otros aspectos técnicos que permitirán incrementar la productividad de los cultivos y disminuir los costos de producción, enlazados a la climatología y la actividad industrial.

Palabras clave: Microalgas, subproductos, concha de abanico, *Argopecten purpuratus*.

ABSTRACT

On the basis of the results on population growth of microalgae, obtained in the laboratory, one can affirm that it is feasible to use the by-products generated by the cultivation of *Argopecten purpuratus* 'concha de abanico', using simple techniques (aqueous extracts and biological silage), as a means of algal culture, on the coast of the Ancash region. This is due to the conditions of natural lighting, temperature, wide availability of terrains lands, and coastal sands, regarded as important elements for the realization of mass cultivation of microalgae outdoors, using pools agitated by wheels of pallets or pumps. Advantages and disadvantages of these cultures are discussed and it is proposed some technical aspects of the culture management micro algal appear derived from its adaptation to variations in daily temperature, rainfall, contamination by micro-organisms, natural sedimentation of microalgae and hydraulic stress; as well as other technical aspects that will increase the productivity of cultures and reduce the costs of production, linked to the weather and industrial activity.

Key words: Microalgae, by-products, 'concha de abanico', *Argopecten purpuratus*.

¹ Biólogo Pesquero. Maestro en Ciencias. Profesor Principal de la Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú.

² Biólogo Pesquero. Maestro en Ciencias del Mar. Profesor Principal de la Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú.

INTRODUCCIÓN

Las microalgas son organismos que con sus pigmentos son capaces de realizar la fotosíntesis. Se caracterizan por presentar reproducción asexual (Merino, 2002), que es útil para la producción masiva, por cuanto, es posible obtener altos niveles biomasa en poco tiempo; ya que el proceso reproductivo dura de 18 a 24 horas. Por ello, no se recomienda cultivar algas de reproducción sexual porque requieren mayor tiempo y, si bien permiten la variabilidad, es más costoso por la pérdida de gametos durante la unión (Barsanti y Gualtieri, 2006).

Actualmente, las microalgas son cultivadas para diversos usos, destacando los relacionados con la obtención de sustancias bioactivas para la nutrición humana. También son útiles como alimento o aditivos en la crianza comercial de animales acuáticos, en la obtención de biocombustibles y la producción de alimento vivo, de gran utilidad en la acuicultura. Es bueno resaltar que, como consecuencia de la declinación de las capturas de peces, la acuicultura está en constante crecimiento, requiriendo el desarrollo de metodologías y sistemas para la producción masiva de microalgas, a fin de ser utilizadas directa e indirectamente en la crianza de esos animales. Así, desde hace varias décadas, las micro algas son utilizadas en la alimentación de diversos organismos acuáticos de interés comercial, siendo muy requeridas en los hatcheries para la producción de alimento vivo para las fases larvales iniciales de animales acuáticos (De Pauw y Persoone, 1988)

En la región Ancash, el cultivo de “concha de abanico” se ha desarrollado fuertemente, habiéndose convertido en una de las zonas más productivas de la costa peruana, pero generando, a la vez, importantes cantidades de residuos que, vertidos directamente a los ambientes acuáticos o terrestres, afectan negativamente el medio ambiente y la salud de los pobladores.

Debido a la nutrición orgánica e inorgánica de las microalgas, los subproductos de la maricultura pueden usarse en la preparación de medios nutritivos alternativos para su cultivo, convirtiéndolos en biomasa algal y reduciendo la contaminación ambiental. Los subproductos, por contener carbono y nitrógeno orgánicos, posibilitan la realización de cultivos heterótrofos que, según Barclay y otros (1994), presentan ventajas sobre

la producción fotosintética: alto grado de control de los procesos, que facilita el rápido crecimiento y la producción; fácil mantenimiento de un monocultivo con productos reproducibles; y bajo costo de procesamiento de la biomasa celular.

En este trabajo, se precisan las principales ventajas y desventajas de la producción algal y se plantean las posibilidades de producir biomasa, mediante el uso de medios de cultivos alternativos, basados en el reciclaje de los subproductos de la pesquería y la maricultura.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CULTIVO DE MICRO ALGAS

Ventajas

El tamaño de las micro algas favorece el aprovechamiento fotosintético eficiente de la luz natural o artificial, considerando la ventaja de la proporción área : volumen. En estos organismos, la mayor área de exposición, en relación a su volumen optimiza el funcionamiento de sus pigmentos en la captura de la luz y la obtención de sustancias orgánicas que sustentan sus procesos metabólicos y la generación de crecimiento y biomasa.

En el cultivo masivo, las microalgas presentan las siguientes ventajas:

1. Existencia de cepas algales procedentes de agua dulce (*Scenedesmus*, *Nannochloris*), marina (*Tetraselmis*, *Isochrysis*, *Navícula*) y salobre (*Dunaliella*), adecuadas a cada una de sus peculiares características ambientales de salinidad, temperatura, nutrición, y otros.
2. Su nutrición, generalmente mineral, y su rápido crecimiento han posibilitado el dominio de la metodología de su cultivo y la producción masiva de cultivos unialgales, en condiciones controladas de laboratorio y al aire libre. Esta característica de su nutrición hace posible el aprovechamiento de los nutrientes en los residuos de la maricultura.
3. Los ensayos y la existencia de información científica abundante han ampliado el conocimiento sobre sus requerimientos nutricionales y la composición bioquímica.
4. El adecuado manejo y control de algunos nutrientes y parámetros de cultivo posibilitan el incremento del contenido de pigmentos, lípidos y otras sustancias de interés económico.

5. Por su aparato fotosintético, sus pigmentos aprovechan mejor la luz natural y artificial. Por ello, se considera que las condiciones climatológicas, de luz y de temperatura, imperantes en la zona deben ser aprovechadas con piletas de cultivos al aire libre.
6. Su rápida reproducción asexual y el adecuado control de las condiciones de cultivo y nutrientes posibilitan altos niveles de productividad en la generación de biomasa.
7. El tamaño pequeño permite su cultivo en recipientes de grandes volúmenes, siendo requisito importante la agitación de los cultivos para evitar la sedimentación de las algas. Este aspecto, unido a las condiciones de luz y temperatura, justifican utilizar el sistema de cultivo al aire libre basado en las piletas someras.
8. Mediante la aplicación de métodos físicos, químicos y biológicos, los nutrientes presentes en los residuos de la maricultura se hacen accesibles a las microalgas, lo que permite hacer cultivos heterotróficos o mixotróficos.

Desventajas

Generalmente, las desventajas giran alrededor de sus altos costos de producción, estimándose costos mayores de 50 dólares por kilo de masa seca, en un criadero de ostras, y aún mayores en criaderos pequeños. Por ejemplo, Coutteau y Sorgeloos, citado por Borowitzka (1997), en su reconocimiento de criaderos de bivalvos a nivel mundial, obtuvieron costos de 300 a 400 dólares por kilo de masa; sin embargo, los costos de producción masiva al aire libre de *Spirulina*, *Dunaliella* y *Chlorella* son del orden de 15–20 dólares por kilo. Según Borowitzka (1997), las razones de los altos costos son:

1. Las especies cultivadas para la acuicultura no crecen en condiciones selectivas como lo hacen *Dunaliella*, *Spirulina* y *Chlorella* y son, por tanto, cultivadas en sistemas cerrados.
2. El clima, a menudo, no es óptimo para el crecimiento (frío, calor, lluvia, entre otros) y las algas se cultivan con luz artificial y con temperatura controlada, lo que incrementa los costos de energía. Además, la luz artificial genera menor producción por la limitación luminosa.
3. Los cultivos algales requieren de expertos que no están en el criadero y se considera una distracción de recursos, lo que resulta en problemas mayores

cuando el cultivo colapsa. Esta seguridad reducida incrementa los costos.

4. Las algas crecen principalmente en cultivos batch, lo que incrementa la labor requerida y los costos de capital.
5. Los sistemas usados (botellones, bolsas, reactores, tanques) son ineficientes, generan bajas productividades y cultivos menos seguros. Estos sistemas no son apropiados para el control computarizado o automatizados, que incrementa los costos de labor.
6. Los costos de producción de biomasa algal es afectada por las economías de escala.

Indudablemente, es necesario un mejoramiento de los rendimientos de especies promisorias, pudiéndose recurrir a la tecnología genética para obtener cepas con revolucionarios rendimientos (Richmond, 2000). Sin embargo, técnicamente, hay algunas desventajas relacionadas con el poco o nulo control de algunos parámetros medioambientales, los mismos que, en base a experiencias, pueden ser solucionados, como los siguientes:

1. Dificil control de las variaciones diarias de la temperatura, que lleva a la limitación del rendimiento de los cultivos algales al aire libre

Este inconveniente puede ser superado haciendo cultivo de cepas nativas, por tener todos sus sistemas adecuados a las variaciones de la temperatura. También se debe considerar que las cepas algales en cultivo son mesófilas, cuyos rangos de temperatura fluctúan de 20 a 35 °C, por lo que su aclimatación debe ser relativamente fácil. La elección de la cepa nativa y su aclimatación la habilitaría a optimizar sus procesos fotosintéticos. Por otro lado, su rápido crecimiento, por su reproducción asexual, incrementará sus habilidades de adecuación. La influencia de la luz y temperatura ejercerán cambios genotípicos con respuestas de adecuación que serán transferidas a su descendencia. Así, las integrantes de cada filial estarán mejor capacitadas para reproducirse y crecer en esas condiciones.

La fluctuación diaria de la temperatura puede ejercer efectos positivos sobre los rendimientos algales, al considerar que la disminución nocturna de la temperatura detiene o minimiza el consumo del material orgánico, generado durante la fotosíntesis diurna con el consecuente incremento neto en la generación diaria de la biomasa algal.

2. Las excesivas lluvias, por las inesperadas e incontrolables diluciones de las suspensiones algales, afectarán sensiblemente la dinámica del crecimiento algal pudiendo, en casos extremos, ocasionar desbordes y pérdidas de los cultivos.

Por tanto, el centro de producción algal se podría ubicar en una zona con bajas o nulas precipitaciones pluviales, recomendándose zonas costeras desérticas o terrenos eriazos de la ceja de costa. En estas zonas hay grandes áreas no apropiadas para la agricultura convencional y que además de presentar adecuadas condiciones climatológicas para tal fin, son baratas.

3. La excesiva contaminación de los cultivos mediante la intromisión descontrolada de otras algas, protozoos, bacterias, hongos, etc. afectarán negativamente la dinámica del crecimiento y la calidad del producto final.

En base a las experiencias en cultivos al aire libre (Merino y otros, 1986) es factible el control de los procesos infecciosos y de contaminación, mediante la aplicación de sustancias químicas de probada eficacia y de uso convencional como, karathane, antracol y germex. Por otro lado, el uso de agua marina en cultivos masivos de algas limitará la presencia y desarrollo de microorganismos infecciosos.

4. La sedimentación de las algas impedirá el aprovechamiento de la luz natural y los nutrientes aplicados; y la muerte de algas aportará materia orgánica para la proliferación de organismos indeseables con la consiguiente pérdida de los cultivos.

Los barridos manuales periódicos y la regulación de la velocidad de la suspensión algal serán buenos mecanismos para reducir los efectos negativos de la sedimentación de las algas.

5. El cultivo de microalgas en piletas de plano inclinado requiere de motobombas que causarían estrés hidráulico por la manipulación constante de la llave de compuerta.

Este efecto es negligible, por cuanto, muchas microalgas por tener pared celular pueden soportar este estrés; en tanto que, en el cultivo de microalgas carentes de paredes celulares, las interferencias del estrés hidráulico en el crecimiento y metabolismo algales pueden ser controlados con la adecua-

ción de las velocidades de las suspensiones algales y el uso de motobombas de flujo continuo y bajo caudal.

Hay otros aspectos técnicos que permitirán incrementar la productividad de los cultivos y disminuir los costos de producción, enlazados a la climatología y a la actividad industrial, pesquera y acuícola que se realizan en nuestra zona:

1. Las piletas de plano inclinado al aire libre son baratas (Richmond, 1990) y permitirán el aprovechamiento de la pendiente del terreno; y la disponibilidad de áreas costeras en desuso propicia el escalamiento mediante la construcción de grandes unidades de cultivo.
2. La utilización de materiales e insumos locales para la construcción de las piletas de cultivo e infraestructura anexa disminuirán los costos de producción.
3. Hay posibilidades de usar medios de cultivo alternativos y de realizar cultivos hetero y mixotróficos que incidirán en la disminución de los costos de producción.
4. La disponibilidad de fertilizantes de uso convencional incrementarán los rendimientos algales y abaratar los costos de producción.
5. El reciclaje de residuos industriales, especialmente de la maricultura, ayudarían a la solución de las graves dificultades derivadas de la contaminación de los cuerpos de agua y terrenos aledaños a las zonas de influencia de estas industrias.
6. La obtención de CO₂, insumo clave en la producción algal, a partir de las valvas de “concha de abanico”, favorecerá el uso de una metodología propia para la producción masiva de microalgas con el beneficio de coadyuvar a la decontaminación del ambiente.
7. La realización de cultivos semicontinuos con 3 ó 4 cosechas parciales continuas racionaliza el uso de materiales, agua y mano de obra, reduciendo costos de producción.

Aprovechamiento de los nutrientes en los residuos

Usando subproductos de maricultura en el cultivo masivo de microalgas al aire libre, se han desarrollado dos procesos para aprovechar los nutrientes en estos residuos.

1. Disolución ácida de las valvas de concha de abanico

La disolución ácida de las valvas produce CO₂ que será usado como fuente de carbono inorgánico, con lo que se asegura el aporte continuo de tan importante fuente carbonada y eficiente control de las fluctuaciones del pH.

La obtención del CO₂ a partir de valvas de concha de abanico se realiza mediante el molido de las valvas para facilitar la acción de la solución ácida, en un reactor herméticamente cerrado (Figura 1), equipado con un sistema de control de la presión de salida del gas e inyección directa a los cultivos algales. Luego de extraído todo el CO₂, queda en el líquido remanente las sales minerales que constituían las valvas que serán aprovechadas como nutrientes por las microalgas. Adicionalmente, la acidez de la solución remanente favorecerá el control del pH de los cultivos algales, considerando la dureza de las aguas (dulces y marinas) a utilizar en la producción masiva al aire libre.

Actualmente se dispone de resultados exitosos a nivel de laboratorio, tanto en los procesos de obtención del CO₂ como en su dosificación a los cultivos algales (Alva y Román, 2010)

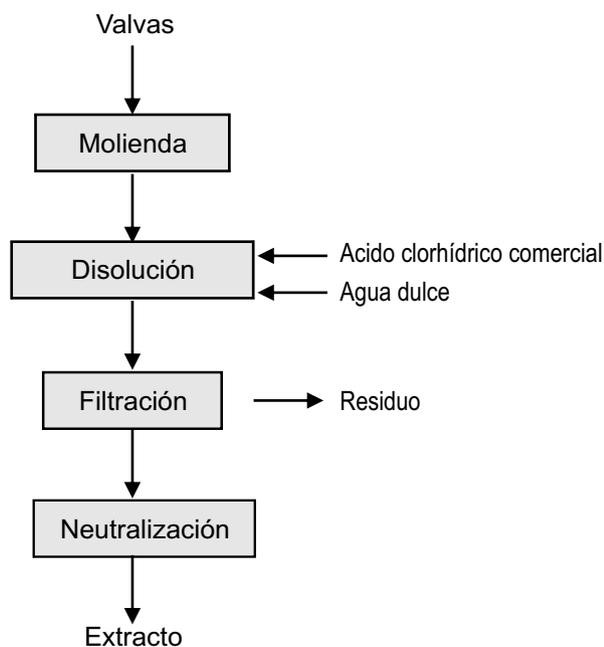


Figura 1. Esquema de la preparación del extracto acuoso de "concha de abanico"

2. Preparación de ensilados biológicos

Se usan los subproductos blandos, aprovechando sus contenidos de nutrientes orgánicos e inorgánicos, principalmente carbono y nitrógeno orgánicos. Los amino ácidos pueden ser inmediatamente metabolizadas y el CO₂ o compuestos orgánicos derivados pueden ser excretados al medio. El nitrógeno del amino ácido es retenido y el carbono del esqueleto forma CO₂ u otros componentes carbonados no volátiles (Wheeler y otros, 1974). El uso de ensilados abre oportunidades para hacer cultivos heterotróficos dirigidos a la obtención de sustancias químicas de interés económico, tales como pigmentos y lípidos. Estos ensilados se preparan mediante la cocción de la partes blandas de "concha de abanico" por 10 minutos, y luego de enfriadas, son finamente trituradas manualmente, para, posteriormente, ser inoculadas con bacterias de yogurt natural e incubadas en estufa por 48 horas a 70 °C. Obtenido el ensilado, se procede a una extracción acuosa por ebullición de 50 g disueltos en 1000 mL de agua dulce y hervido por 30 minutos, para, a continuación, ser filtrado y aforado a 1000. Se ha demostrado el efecto positivo del uso de ensilado biológico en el crecimiento algal y en los contenidos de lípidos y de pigmentos (Ipanaque y Paredes, 2009), posiblemente por la generación de sustancias bioactivas por bacterias y levaduras, durante la fermentación.

En base a las experiencias realizadas a nivel de laboratorio, es posible el reciclaje total de los subproductos de concha de abanico a través de su utilización como medios alternativos para el cultivo de microalgas. Por otro lado, el reciclaje de los subproductos de la "concha de abanico" permitirá el desarrollo de una nueva metodología para la producción masiva de microalgas propiciando las siguientes ventajas:

1. Reciclaje total de los subproductos de la concha de abanico.
2. Producción de biomasa algal susceptible de ser usada en hatcheries como alimento vivo (rotíferos), producción de pigmentos (carotenos) y producción de biocombustible.
3. Minimización del impacto negativo de los subproductos, cuyo destino final son los ambientes marinos o terrestres, mediante la elaboración de medios de cultivo y la utilización del CO₂, obtenido a partir de las valvas de concha de abanico.

4. Minimización de controversias sociales por el agotamiento de áreas terrestres para depositar residuos mariculturales.
5. Generación de empleo para los pobladores de la zona.
6. Generación de actividades conexas a la maricultura, con el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos mariculturales.
7. Mejoramiento de las condiciones paisajísticas de las zonas aledañas a los centros mariculturales, deterioradas por grandes acumulaciones de sus subproductos.
8. El uso masivo de estos medios de cultivo reduciría los costos de producción del alimento vivo, permitiendo potenciar la acuicultura marina y continental de nuestro país.

CONCLUSIONES

Por las condiciones climáticas en la costa de la región Ancash, especialmente de luz y temperatura, el cultivo masivo de microalgas usando piletas al aire libre es factible.

Las dificultades o desventajas que presentan los cultivos masivos al aire libre pueden ser fácilmente superados mediante la aplicación de adecuadas medidas de manejo y control de tales cultivos.

Transformar los residuos de la maricultura en biomasa microalgal es factible, mediante técnicas químicas y biológicas sencillas.

El reciclaje de los subproductos pesqueros y mariculturales, mediante la preparación de medios de cultivos microalgales, atenuaría la actual contaminación acuática y terrestre generada por las deposiciones de dichos residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, L. F. y Román, R. L. 2010. Efecto de tres concentraciones de CO₂ obtenido de valvas de *Argopecten purpuratus* "concha de abanico", en el crecimiento poblacional de *Tetraselmis suecica* en condiciones de laboratorio. Tesis Blgo. Acui. Universidad Nacional del Santa. Perú. 37p.
- Barclay, W.; Meager, K. y Abril, J. 1994. Heterotrophic production of long chain omega-3 fatty acids utilizing algae and algae. *Journal of Applied Phycology*, 6:123-129.
- Barsanti, L. y Gualtieri, P. 2006. *Algae: Anatomy, biochemistry and biotechnology*. Taylor & Francis Group. Boca Raton. London. New York.
- Borowitzka, M. A. 1997. Microalgae for aquaculture: Opportunities and Constrains. *Journal of Applied Phycology*, 9: 393-401.
- De Pauwn, N. y Persoone, G. 1988. Microalgae for aquaculture. En: M.A. Borowitzka, M. A. y Borowitzka, L. J. (Eds.). *Microalgal biotechnology*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 197-221.
- Ipanaqué, J. M. y Paredes, Y. 2009. Efecto del ensilado de los desechos blandos de *Argopecten purpuratus* "concha de abanico", en el crecimiento poblacional y contenido de lípidos totales de *Tetraselmis suecica*, en condiciones de laboratorio. Tesis Blgo. Acui. Universidad Nacional del Santa. Perú. 58 p.
- Merino, F. 2002. Cultivo masivo de microalgas de agua salada. Informe final de año sabático. Universidad Nacional del Santa. Chimbote, Perú.
- Merino, F.; Rodríguez, A. y Cruz, J. 1986. Control de Infecciones por *Chytridium* sp. en cultivos de *Scenedesmus acutus* al aire libre. *Hidrobios X* (2): 13-17. Trujillo.
- Richmond, A. 1990. Large scale microalga culture and applications. *Progress in Phycological Research*, 7: 269-329.
- Richmond, A. 2000. Microalgal biotechnology at the turn of the millennium: A personal view. *Journal of Applied Phycology*, 12: 441-451.
- Wheeler, P. A.; North, B. B. y Stephens, G. C.. 1974. Amino acid uptake by marine phytoplankters. *Limnology and Oceanography*, 19(2): 249-259.