

Producción de harina de *Spirulina máxima* para ser empleada como ingrediente en la elaboración de dietas para peces

Production of Spirulina maxima meal to be used as an ingredient in the manufacture of fish diets

David D. Rincón Rodríguez^{1*}, Abraham M. Semprún Avendaño², Martín J. Dávila Ojeda², Humberto A. Velásquez Gonzalez², Ever D. Morales Avendaño² y Jim L. Hernández Rangel²

¹Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA), Decanato de Agronomía, Estación de Piscicultura. Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. *Correo electrónico: david.rincon@ucla.edu.ve.

²Universidad del Zulia, Facultad Experimental de Ciencias, Departamento de Biología. Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue la producción de biomasa seca de *Spirulina maxima* en cultivos discontinuos a escala piloto, estableciendo el promedio de conversión de peso húmedo a peso seco por volumen de cultivo utilizado. El crecimiento de *Spirulina maxima* se realizó con el medio de cultivo Zarrouk diluido en agua destilada (25:75), iniciando en unidades de cultivo de 1 L de capacidad, para luego ser escalados hasta tanques cuadrados, aumentando su volumen con agua potable, bicarbonato de sodio al 20% y un fertilizante comercial a 1 mL L⁻¹. Los cultivos se mantuvieron protegidos con mallas durante los 29 días hasta la etapa de la cosecha. La biomasa fresca fue colectada, mediante filtración por gravedad, a través de un tamiz de 40 µm, colocándose en bandejas y secadas a 50°C. En total se realizaron cuatro cosechas con un volumen total de 550 L. de cultivo, obteniendo 2,5 kg. de harina de *Spirulina maxima*; con un promedio de 4,56 g/l⁻¹ de biomasa seca por litro de cultivo, demostrando el alto y viable potencial de cultivo que presenta esta microalga. EL análisis proximal realizado a esta harina, demuestran que el porcentaje de proteína (33,90% / 100 g.) presente en su composición es aceptable para ser empleada como fuente alternativa en la nutrición de peces para la producción de proteína animal.

Palabras clave: Microalga, *Spirulina maxima*, biomasa, nutrición, peces.

ABSTRACT

The aim of this work was the production of dry biomass of *Spirulina maxima* on a pilot scale batch cultures, as to establish an average conversion from a wet to dry weight basis per volume of culture used. Growth of *Spirulina maxima* was made with the culture medium Zarrouk diluted in distilled water (25:75), starting in farming units of 1 L capacity, before being scaled up square tanks, increasing their volume with water, bicarbonate sodium to 20% and commercial fertilizer at 1 mL L⁻¹. Cultures were kept covered with mesh in the 29 days until the harvest stage. The fresh biomass was collected by gravity filtration through a 40-micron sieve, placed in trays and dried at 50°C. A total of four harvests were conducted with a total volume of 550 L. culture, obtaining 2.5 kg. *Spirulina maxima* flour, an average of 4.56 g/l⁻¹ of dry biomass per liter of culture, demonstrating the potential of high and sustainable crop that this microalgae has. The proximal analysis of this meal, show that the percentage of protein (33.90% / 100 g.) present in the composition is acceptable to be used as an alternative source in the nutrition of fish in order to produce animal protein

Key words: Cultivation, *Spirulina maxima*, dry biomass, nutrition, fish.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura representa una de las opciones que puede contribuir efectivamente al desarrollo de los países, debido a que por más de un cuarto de siglo, esta actividad ha sido uno de los sectores de producción alimentaria de rápido crecimiento, con un aumento anual del 8,8% desde 1970 hasta la actualidad. En comparación, el sector ganadero, también en pleno auge, creció con una tasa de tan sólo el 2,8% anual en el mismo período (FAO, 2007).

Las proteínas de origen animal contenidas en las harinas de pescado, carne o sangre, son excelentes; pero con precios elevados o bien no se encuentran disponibles en cantidades suficientes para abastecer la demanda en el mercado. Entre los criterios de selección de algunas fuentes proteicas alternativas, es necesario considerar que el contenido de proteínas del producto a utilizar, sin importar su origen (animal, vegetal o unicelular), sea lo suficientemente elevado como para permitir sustituciones importantes de la harina de pescado (De la Higuera y Cardenete, 1987).

El género *Spirulina maxima*, es una microalga perteneciente al grupo de las cianobacterias (Nostocales: Oscillatoriaceae), de forma filamentosa simple no ramificada. Su amplio análisis proximal es conocido, donde despunta su enorme porcentaje proteico entre 65 y 75% (promediado en 70%), además de la presencia de aminoácidos esenciales necesarios para la dieta de cualquier individuo en desarrollo, por lo cual, se ha utilizado como alimento de diversas especies que van desde insectos, crustáceos, peces, aves de corral, ganado vacuno y porcino e inclusive el hombre.

Es importante indicar, que pequeñas cantidades de *Spirulina* en la dieta de peces produce efectos significativos sobre el crecimiento, utilización del alimento, condición fisiológica, respuesta al estrés, resistencia a enfermedades, así como calidad de la carne en cuanto a contenido de grasa y coloración. En algunos países, la *Spirulina*, se emplea como alimento para aves de ornato, gatos y perros, especialmente para las hembras con crías y como tónico para caballos, vacas y sementales (Ramírez y Olvera, 2006).

En este sentido, la producción de fuentes alternativas de alimentos es de suma importancia y el cultivo de *Spirulina* representa una de esas alternativas, puesto que su velocidad de crecimiento es mayor que la de los cultivos agrícolas y muy similar a la de microorganismos como levaduras y bacterias, duplicando su biomasa de tres a cinco días. Además de sus propiedades nutritivas, su cultivo presenta pocas limitaciones, pues crece bien en aguas cálidas y altamente alcalinas, disminuyendo la posibilidad de contaminación con otros microorganismos (Jourdan, 1999). Su pared celular es delgada y carece de celulosa, lo que facilita su digestión, diferenciándose así de las algas verdes como *Chlorella* que también es producida y empleada como alimento en acuicultura. Las cosechas de *Spirulina* no requieren grandes esfuerzos; y finalmente, los estudios de toxicidad revelan que es inocua; se puede emplear como complemento alimentario tanto para animales como para humanos (Coverti *et al.*, 2006).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la producción de biomasa seca de *Spirulina maxima* en cultivos discontinuos a escala piloto, estableciendo el promedio de conversión de peso húmedo a peso seco por volumen de cultivo utilizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de Investigaciones piscícolas "Dr. Lino Hernández Correa", adscrito a la Facultad Experimental de Ciencias de la Universidad del Zulia, específicamente en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Cultivo, cosecha, secado y pulverizado de *Spirulina maxima*

El crecimiento de *Arthrospira maxima* se realizó con el medio de cultivo Zarrouk (Zarrouk, 1966) diluido en agua destilada en proporción 25:75. Estos cultivos se mantuvieron con aireación continua (aireador sweetwater, modelo-51, 5 HP, EUA.), a temperatura de $29 \pm 2^\circ\text{C}$, pH de $9,5 \pm 0,5$ y un fotoperíodo de 12:12 (Jourdan, 1999). Se iniciaron en cultivos stock de esta microalga en frascos de 1 l de capacidad (5 frascos cultivos stock), escalonando el volumen hasta obtener cultivos pilotos dispuestos en tanques cuadrados

de 200 l de capacidad (4 tanques cuadrados), los cuales se encontraron protegidos por mallas, utilizando únicamente como medio cultivo para estos tanques bicarbonato de sodio al 20% y un fertilizante foliar de reconocida marca comercial (ONICA, Venezuela), a un ml/l.

La investigación tuvo una duración de cuatro meses ininterrumpidos en los tanques de cultivo piloto registrándose cuatro ciclos de cultivo (1 por cada tanque) con temperaturas promedio de $31,2 \pm 2,4^{\circ}\text{C}$. y pH de $9,8 \pm 0,4$. Estos parámetros fueron medidos dos veces por semana durante cada ciclo de cultivo (YSI profesional plus, EUA). Cada 29 días, se realizó la cosecha de un tanque, donde la biomasa fresca colectada mediante filtración por gravedad y filtrada a través de un tamiz de 40 μm fue colocada en bandejas para su secado introduciéndola en una estufa pasteur a temperatura de 50°C (Thelco modelo 368A EUA.), revisándose a diario hasta su secado (aproximadamente 48 h).

Para el pulverizado de la biomasa seca, se utilizó un molino semiautomático y se envasó en seco a una temperatura de 25°C . Seguidamente, se estableció el promedio de conversión de peso húmedo a peso seco por volumen de cultivo utilizado. Por último, se realizó un análisis proximal completo con el fin de conocer el contenido nutricional de esta harina. Para el pulverizado de la biomasa seca, se utilizó un

molino semiautomático (Electrolux, modelo N24 AKM 4080W, Suecia).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen de cultivo total en litros fue de 550 l (137,5 l/tanque) y la biomasa seca total colectada de harina de *Spirulina maxima* al final de la investigación fue de 2,5 Kg. El promedio equivalente entre biomasa seca por litro de cultivo fue de $4,56 \text{ g/l}^{-1}$. Estos resultados demuestran que se pueden lograr altos índices de conversión de biomasa húmeda a seca de *S. maxima* al ser cultivada a escalas intermedias.

Como se observa en la Figura, el promedio de biomasa seca de *Spirulina* por cosecha se mantuvo por encima de 600 g., considerándose como una cifra importante, debido a que el volumen de cultivo total fue de 550 l.

En el Cuadro, se aprecia la composición química nutricional de la harina de *Spirulina maxima*, donde podemos apreciar que los porcentajes de proteínas y extracto etéreo (grasas) son bajos en comparación con lo publicado por Lara *et al.*, 2005; Ramírez y Olvera, 2006 donde presentan esta microalga con un enorme potencial proteico. Los valores proximales que presentó la harina de *S. maxima* en esta investigación, pueden ser un indicador que el medio de cultivo empleado (compuesto por una base química,

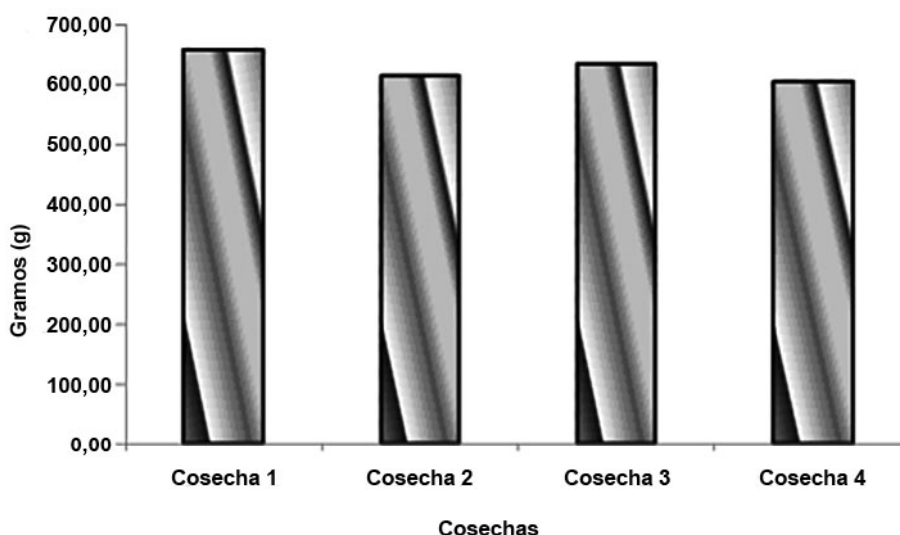


Figura. Cantidades obtenidas por cosecha.

Cuadro. Composición proximal de la harina de *Spirulina* máxima.

Ingrediente	Porcentaje de nutrientes por cada 100 g.					
	Proteína	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Humedad	Ceniza	Extracto Libre de Nitrógeno
Harina de <i>S. maxima</i>	33,90	3,64	1,18	4,28	31,10	25,90

un fertilizante comercial y agua potable) no fue el adecuado para alcanzar todo el potencial nutricional de esta microalga, según lo registrado en varias investigaciones como las de Ximena, 1989; Jourdan, 1999; Colla *et al.*, 2007, donde se utilizaron medios de cultivos provistos con minerales, sales, bases, fuentes nitrogenadas y agua.

A pesar de que estos cultivos fueron realizados a cielo abierto, los valores promedios de los parámetros físico-químicos medidos (32°C para temperatura y 10 para el pH) se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para el cultivo de *Spirulina*, según lo reportado por Jourdan, 1999; Rodríguez y Triana, 2005; Ogbonda *et al.*, 2007.

No obstante, a pesar de no presentar valores muy elevados en cuanto a proteína, la harina de *Spirulina*, podría emplearse en combinación con otros ingredientes para elaborar alimentos completos para la nutrición animal, tal cual lo concluyen Martínez *et al.*, 1993; El-Sayed, 1994; Rincón, 2009; dando por sentado los beneficios a nivel de salud, alimentación, reproducción, sobrevivencia y coloración, en los cuales la *Spirulina* incide directamente, según Coverti *et al.*, 2006; Ramírez y Olvera, 2006.

CONCLUSIONES

La cantidad total de biomasa seca de *Spirulina maxima* obtenida fue de 2.510,44 kg., siendo el promedio equivalente entre la biomasa seca por litro de cultivo de 4,56 g/l⁻¹.

El cultivo de *Spirulina maxima* a escala intermedia podría ser el comienzo de un sistema de desarrollo sustentable para la producción de harina de esta microalga.

La harina de *Spirulina maxima* posee una composición proximal aceptable para ser utilizada como una fuente alternativa para la nutrición animal.

El cultivo para la producción de harina de *Spirulina maxima*, a ser empleada como fuente de proteína microalgal, representa un avance importante en la tecnología de alimentos con miras a la sustitución parcial o substancial de algunos ingredientes en la alimentación de peces.

La *Spirulina*, representa una alternativa nutricional para la producción de proteína animal (peces) a bajo costo para los sectores más desfavorecidos de la sociedad, incidiendo positivamente en el progreso de la seguridad y soberanía alimentaria.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación por el financiamiento de esta investigación, bajo la modalidad del Fondo de Investigación, Desarrollo e Innovación.

LITERATURA CITADA

- Colla, L., C. Oliveira, C. Reichert and J. Viera. 2007. Production of biomass and nutraceutical compounds by *Spirulina platensis* under different temperature and nitrogen regimes. *Revista Bioresource Technology*, 98 (7): 1489-1493.
- Coverti, A. A. Lodi, A. Del Borghi and C. Solisio. 2006. Cultivation of *Spirulina platensis* in a combined airlift-tubular reactor system. *Biochemical Engineering Journal*. 32: 13–18.

- De la Higuera, M. y G. Cardenete. 1987. Fuentes alternativas de proteína y energía en acuicultura. Industrias gráficas España, SL. Madrid, España, pp. 59-92.
- SAGPyA. Dirección de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura. Perspectivas en acuicultura: Nivel mundial, regional y local. 2008. Buenos Aires, Argentina. 90 p.
- El-Sayed, A. 1994. Evaluation of sobean meal, spirulina meal and chicken offal meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sarba*) fingerlings. *Aquaculture*. 127: 169-176.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación. 2007. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Departamento de Pesca y Acuicultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 198 p.
- Jourdan, J. P. 1999. Cultivez votre spiruline, manuel de culture artisanale de la spiruline. Ed. Antenna Technology. París, Francia. 126 p.
- Lara, R., T. Castro, J. Castro, G. Castro, A. Malpica y V. García. 2005. La importancia de *Spirulina* en la alimentación acuícola. *Revista Contactos*. 57: 13-14.
- Martínez, C., M. Chávez, M. Olivera y M. Addo. 1993. Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. *Avances en nutrición acuícola* III. pp. 279 - 289.
- Ogbonda, K., R. Aminigo and G. Abu. 2007. Influence of temperature and pH on biomass production and protein biosynthesis in a putative *Spirulina* sp. *Revista Bioresource Technology*. 98 (11): 2207-2211.
- Ramírez, L. y R. Olvera. 2006. Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp). *Revista Interciencia*. 31 (9): 657-659.
- Rincón, D. 2009. Evaluación de los niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (= *Spirulina*) *maxima*, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Trabajo de Grado, Facultad Experimental de Ciencias, LUZ. Zulia, Venezuela. 64 p.
- Rodríguez, A. y F. Triana. 2005. Evaluación del pH en el cultivo de *Spirulina* spp. (= *Arthrospira*) bajo condiciones de laboratorio. Trabajo de maestría, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. 106 p.
- Ximena, G. 1989. Cultivo de *Spirulina maxima* para suplementación proteica. *Livestock Research for Rural Development*. 1 (1): 9.
- Zarrouk, C. 1966. Contribution à L'étud d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physyiques et chimiques sur la croissance et la photosynhèse de *Spirulina maxima*. Tesis doctoral, Universidad de Paris, Francia. 90 p.