



Algunas cianficeas se han utilizado en alimentación humana.



Tetraselmis s.p.p., una de las microalgas más utilizadas en acuicultura.

Las microalgas: ¿una potencial alternativa de producción? (I)

E. González de Chabbarri. J. A. Aguado Ramo. B. Mas Alvarez
Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. UCM

Durante los últimos siglos el hombre, junto con su ganado, cosechas, materiales, energía e información ha crecido desmesuradamente sobre la Tierra, hasta el punto de alcanzar una capacidad real de influir sobre la biosfera. Pese a todo, sólo aprovechamos una pequeña fracción de la producción primaria del planeta.

Esto nos hace meditar sobre nuestras estrategias de gestión, de modo que en la actualidad la explotación de los recursos naturales como oposición a la conservación, constituye uno de nuestros mayores dilemas.

Una perspectiva para la utilización futura de los recursos biológicos existentes en los sistemas acuáticos pasa necesariamente por plantearse el aprovechamiento directo del fitoplacton y por la reducción del número de eslabones intermedios en las redes tróficas, cuyo destinatario final es el hombre.

La utilización de las microalgas como fuente de proteínas y vitaminas se remonta probablemente a períodos anteriores a la historia escrita. Algunas civiliza-

ciones emplearon las microalgas como alimento desde épocas anteriores al comienzo de la era cristiana, pero fue a partir de la II Guerra Mundial cuando científicos alemanes comenzaron a cultivarlas masivamente para obtener nutrientes.

Más recientemente, en 1980, el biólogo alemán Beijerinck fue el primero en conseguir cultivos puros de una sola alga. Posteriormente se han realizado cultivos de microalgas por numerosos investigadores y vieron que en condiciones adecuadas de cultivo, en especial a intensidades lumínicas saturadas, son mucho más productivas que las plantas superiores o las células fotoautótrofas aisladas de ellos, llegán-

dose a obtener producciones equivalentes del orden de 60-75 t de sustancia seca por hectárea y año, con un contenido en proteína bruta superior en muchos casos al 50%.

Si tenemos en cuenta que en la agricultura tradicional la producción de un cultivo forrajero es, aproximadamente, de 7.000-10.000 kg SS/ha/año, la producción de biomasa de las microalgas es un proceso unas 10 veces más eficaz y casi 100 veces más eficiente en la producción de proteína.

Algunos autores han resaltado el interés que pueden tener los cultivos de microalgas, pues según estimaciones realizadas para producir la misma cantidad de biomasa que la agricultura tan sólo necesitan 1/50 parte de la superficie agrícola, 1/10 parte del agua y 2/3 de la energía consumida. Por lo tanto, no compiten en superficie con los cultivos agrícolas, su producción es continua, toda la biomasa que se obtiene es utilizable por carecer de partes leñosas, y poseen una digestibilidad y calidad nutritiva elevadas.

Las importantes y diversas posibilidades de aprovechamiento que, como iremos exponiendo, presentan las microalgas, han hecho que constituyan uno de los objetivos fundamentales de



Spirogyra insignis, alga filamentosa muy frecuente en nuestras aguas continentales.



APETENZYMAS[®]



NATURE $\frac{S}{A}$

**AROMATIZANTES • SABORIZANTES • EDULCORANTES
COLORANTES ARTIFICIALES • ACIDIFICANTES • FUNGICIDAS
ANTIOXIDANTES • FERMENTOS LACTEOS**

la investigación en biotecnología. Su empleo en diversos campos de la técnica explica la importancia económica que han adquirido.

ALIMENTACION HUMANA

Actualmente, la producción de determinadas especies de microalgas se ha orientado hacia el consumo humano, básicamente como «alimentos dietéticos» para los que se ha consolidado un buen mercado. Por ejemplo, *Spirulina* se consume como comprimidos para reducir el apetito debido a su elevado contenido proteico (más del 70% de P.B en S.S.). Se considera que este alga puede ser una importante alternativa de proteína para los países en vías de desarrollo, habiendo sido ya utilizada regularmente por los nativos del lago Tchad.

Otras algas verde-azuladas que también han sido consumidas por el hombre son *Nostoc pruniforme* (Mongolia, China y Andes peruanos); *Nostoc commune* que forma grandes cepas correas en Mongolia, China, Ecuador, Fiji y Okinawa; *Nostoc verrucosum*, consumida en Tailandia; *Phylloderma sacrum* que se considera un alimento exquisito en Japón y algunas especies de las algas verdes filamentosas *Oedogonium* y *Spirogyra* que se recolectan y consumen en Burma, Tailandia, Vietnam e India.

La lista de estas algas de agua dulce comestibles no se ha completado aún y posiblemente muchas más microalgas no «convencionales» están entre las denominadas **nuevas fuentes de proteína**.

Una de las objeciones que se han planteado al uso de las microalgas en alimentación humana es su alto contenido en ácidos nucleicos (aproximadamente un 4%), que en las personas se metabolizan por la vía de degradación de las purinas hasta ácido úrico. Como es sabido el exceso de ácido úrico en sangre puede provocar problemas de gota (por formación de tofos gotosos en las articulaciones) y litiasis renal. Sin embargo se ha demostrado que estos problemas no se presentan si el consumo de ácidos nucleicos no sobrepasa los 2 g por persona y día.

Otro aspecto importante a tener en cuenta con miras a su utilización en alimentación, humana o animal, es la posible contaminación de las microal-

gas con minerales tóxicos, hidrocarburos policíclicos procedentes del medio ambiente, etc. Diversas pruebas han demostrado que en Tailandia *Scenedesmus* presenta menores concentraciones de estos elementos que los vegetales vendidos al consumo en Alemania.

También se han desarrollado cultivos mixtos alga-bacteria en aguas residuales urbanas, que teóricamente tienen mayor riesgo de producir una biomasa contaminada con metales pesados y otros elementos tóxicos. Tras comprobar que no se producen intoxicaciones en pollos y carpas alimentados con esta biomasa, los productos obtenidos (carne de pollo y carpa) se sometieron a una segunda prueba toxicológica con ratas en crecimiento. Durante la prueba no se presentó ningún síntoma de enfermedad y no se observaron diferencias significativas en el contenido en metales pesados de los órganos de las ratas tratadas y los controles. De todas formas, cualquier proteína de origen unicelular (S.C.P.) que vaya a emplearse en alimentación humana o animal debe someterse a un riguroso control que garantice la ausencia total de elementos tóxicos en el producto final. Estos controles incluyen test toxicológicos con varias especies animales.

Todos los animales empleados en pruebas de microalgas han aceptado bien los piensos que las contenían, incluso en elevadas concentraciones, no habiéndose encontrado anomalías serias en períodos de alimentación de hasta tres años y en experiencias de alimentación a varias generaciones no se han detectado efectos negativos sobre la reproducción ni la lactación.

En general el valor nutritivo de las microalgas es alto, variando en función de diversos factores como la especie, condiciones de crecimiento, fase de crecimiento, etc. (Cuadro I). No obstante algunas presentan problemas de digestibilidad debido a la presencia de pared celular. Este problema puede atenuarse mediante el secado, bien sea al sol (sistema empleado desde la antigüedad) o en tambores de secado en caliente.

Se han realizado pruebas de alimentación con *Scenedesmus* en niños desnutridos, administrando 11 g diarios a cada niño, obteniéndose una ganancia de peso neta de 28 g/día respecto a un control sin microalgas, y sin que se haya encontrado ningún tipo de reacción orgánica adversa. Ya en los años 50 se introdujeron algas en la alimentación de personas enfermas con raciones diarias de 21±3 g de materia seca de *Chlorella* obtenida de un lago eutrófico y presentada como sopa. El suplemento de algas aparentemente ayudó a mejorar la condición física de los enfermos.

En resumen, aunque la utilización de microalgas en alimentación humana no es un objetivo urgente ni prioritario, se puede afirmar que tienen una buena calidad nutritiva y están aparentemente libres de sustancias tóxicas que puedan limitar su utilización, independientemente de la poca aceptación que puedan tener como nueva fuente de alimentos, al menos en el área de los países occidentales industrializados.

ALIMENTACION ANIMAL

Es suficientemente conocido que el mayor porcentaje del coste total en las

Cuadro I				
Composición bioquímica de algunas especies de microalgas al comienzo de la fase estacionaria (expresado en porcentaje del peso orgánico)				
	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Relación c/n
T. suecica	14,6	16,9	37,4	3,6
P. Tricornutum	13,4	38,8	5,6	1,2
P. Lutheri	43,0	28,6	15,6	5,7
Rhodomonas sp.	44,6	33,0	28,9	5,0
C. calcitrans	11,5	10,3	11,3	2,8
I. galbana	25,0	25,9	37,9	11,0
H.akashiwo	8,7	14,1	5,6	1,5

Fernández-Reiriz et al., 1989.

distintas producciones animales, sobre todo en las intensivas, corresponde al capítulo de la alimentación y dentro de éste el mayor valor es el del aporte de proteína a la ración. El empleo de proteínas alternativas de alta calidad que reemplacen a la soja y a otras fuentes de proteína convencionales, constituye uno de los retos con que se enfrentan los especialistas en producción animal con el objetivo de reducir costes y hacer competitivos sus productos. Con esta finalidad se han realizado múltiples experimentos de alimentación de animales domésticos con microalgas.

Avicultura

La mayor parte de los estudios de alimentación con microalgas se han realizado en avicultura, ya que la incorporación de éstas a la ración ofrece una de las posibilidades más atractivas.

Con el propósito de reemplazar la proteína de soja en raciones para broilers en Israel utilizaron algas producidas en aguas residuales. Los resultados obtenidos en diversas pruebas indican que todas las especies utilizadas pueden reemplazar con éxito un 25% de la proteína procedente de la soja. Sin embargo, cuando la proporción de microalgas era superior al 15% de la ración se observó una disminución de la eficiencia de conversión del pienso.

No se recomiendan concentraciones superiores al 5% para sustituir a la harina de pescado aunque los resultados no son concluyentes hasta el momento.

Estudios en los que se ha empleado *Spirulina* en proporciones de hasta el 30% de la ración, revelan que tanto la eficiencia proteica como la energética de este alga son similares a las de otras proteínas convencionales. Sin embargo, los mejores resultados se obtuvieron con cantidades en torno al 10%. Niveles comprendidos entre el 15% y el 20% en general reducen el crecimiento de los broilers, aunque un 15% de *Microactinium* da lugar a crecimientos y reproducción normales en pollos que luego eran perfectamente seguros para consumo humano.

En todos los casos y ejemplos hasta aquí mencionados se utilizó biomasa algal completa.

También se han probado fracciones de *Spirulina* y *Scenedesmus* cuyos lípidos se habían extraído con cloruro de etileno. Contrariamente a lo ocurrido con microalgas completas, era posible alimentar a las aves exclusivamente con proteína procedente de éstas sin que observase retraso en el crecimiento respecto al lote control. Este hecho sugirió que los efectos negativos de las algas completas podía deberse al contenido en lípidos, compuestos por ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga.

En ponedoras se han realizado también algunos trabajos, y en ellos no se han encontrado diferencias significativas en la producción de huevos, peso del huevo y eficiencia en la conversión del pienso entre los controles y las gallinas que recibieron raciones que contenían hasta un 12% de *Chlorella* producida en aguas residuales. Se ha sugerido que, a diferencia de lo que ocurre con broilers, las algas pueden servir casi como única fuente de proteínas en raciones de ponedoras. Sin embargo se ha constatado que la sustitución de un 10% de proteína de soja por *Spirulina* en raciones para ponedoras altera las características organolépticas del huevo, a causa de lo que se denomina «flavour químico».

Otro efecto de la alimentación de las aves con microalgas completas es una pigmentación anaranjada de la grasa subcutánea en los pollos y la intensificación del color de la yema del huevo, factores ambos que son valorados positivamente por los consumidores.

Porcino

Los cerdos constituyen otro grupo de animales que pueden ser potencialmente consumidores de microalgas. Ya en 1966, se utilizó una mezcla de *Chlorella* y *Scenedesmus* para sustituir distintas proporciones de harina de soja y de algodón en fórmulas para cerdos, sin que se apreciaran diferencias importantes en el índice de conversión.

También se ha utilizado *Scenedes-*

mus para sustituir a la harina de alfalfa en pienso para cerdos en una proporción del 12% de la ración, obteniéndose resultados aceptables.

En otras pruebas se sustituyó un 12% de la proteína de una ración destinada al cebo de lechones por *Spirulina* y también en una prueba a largo plazo sustituyeron con este alga, durante dos ciclos reproductivos, un 5% de la proteína del concentrado que se administraba a las reproductoras. En ninguno de los parámetros estudiados se observaron diferencias y la capacidad reproductiva de las cerdas tampoco sufrió alteraciones.

Posteriormente, se ha demostrado que se puede sustituir hasta el 33% de la proteína, con una mezcla de *Spirulina* y *Chlorella*, sin efectos negativos.

De acuerdo con la mayoría de los autores, se puede concluir que aproximadamente la tercera parte de la proteína de las raciones que se administran al ganado porcino podría proceder de las microalgas.

Rumiantes

Las pruebas realizadas con ovejas y vacas no han dado los resultados que se podrían esperar *a priori*, aunque todavía su número es muy escaso.

En efecto, ensayos realizados en 1960 para determinar el valor nutritivo de *Chlorella*, *Scenedesmus obliquus* y *S. quadricauda* producidos en aguas residuales, indicaron que en ovejas el coeficiente de digestibilidad de la fracción hidrocarbonada de las algas fue menor que el del heno, debido a la menor digestibilidad de la fibra de las algas. En vacuno se apreció una tendencia similar. Cuando disminuía el porcentaje de algas de la ración la digestibilidad aparente de los hidratos de carbono aumentaba. Sorprende que los rumiantes no pueden digerir con eficacia la fracción hidrocarbonada de las microalgas.

Empleando *Spirulina* en niveles del 20% en una ración completa para ovino, se ha comprobado que se puede sustituir la totalidad de la harina de soja por este alga sin efectos negativos significativos sobre el incremento de peso o el índice de conversión.