



Cultiva tu espirulina

*Una primitiva forma de vida que nos ofrece
posibilidades de supervivencia en un futuro posible*

Con más de 3.500 millones de años a cuestas, las cianobacterias, entre ellas la espirulina, han poblado diversos ambientes acuáticos en todo el planeta. Algunas de estas ancestrales formas de vida han demostrado ser un excelente sustrato alimenticio para los humanos así como para animales, aves, peces y crustáceos.

UNA CIANOBACTERIA CON MUCHAS PROPIEDADES

Se ha publicado mucho acerca de la espirulina, incluyendo estudios nutricionales que han demostrado que esta cianobacteria es una de las mejores fuentes naturales de proteínas de alta calidad, de fácil digestibilidad y absorción. La espirulina contiene además unas sesenta sustancias alimenticias fundamentales para el ser humano; entre las más importantes, clorofila, carotenoides, enzimas, antioxidantes, complejos vitamínicos, minerales, ácidos grasos y sus proteínas, que contienen todos los aminoácidos esenciales que necesita el organismo.

Este producto se perfila como una buena fuente de nutrición por sus proteínas, vitaminas y minerales biodisponibles, ya que consumiendo solo algunos gramos al día (cinco a diez gramos), además de un poco de agua, una persona podría subsistir por bastante tiempo, manteniéndose en un estado de reposo. Si esos cinco a diez gramos de espirulina complementan una dieta de frutas, verduras y cereales, una persona podría desarrollar una vida normal.

La espirulina seca puede guardarse por mucho tiempo si se mantiene en un ambiente fresco, seco y oscuro. Sus características nutricionales podrían disminuir o verse afectadas si el producto es sometido a intensa radiación solar o a calor y/o humedad excesivos, cosa que ocurre con la mayoría de los productos alimenticios.

Además de ser una interesante alternativa alimentaria, a partir de la espirulina puede obtenerse el pigmento azul ficocianina, que se usa como colorante natural en la industria, y por otra parte también tiene la habilidad de sintetizar otras biomoléculas de interés, como polisacáridos, ácidos grasos, aminoácidos, proteínas, enzimas y pigmentos.

Otra de las características (muy poco conocida) que posee la espirulina es su capacidad para absorber minerales y almacenarlos dentro de su estructura citoplasmática en la forma de metalo-proteínas. De esta manera, el hierro, el zinc, el selenio, el cobalto, el níquel y varios otros metales pueden ser fijados por la espirulina, para lo cual la cultivamos en forma especial, incluyendo un tratamiento de inducción para absorber dichos metales. De esta manera contamos con la biodisponibilidad de estos metales, para el tratamiento de alguna dolencia generada por el déficit de alguno de ellos.

UN CULTIVO VENTAJOSO

Los antiguos habitantes del valle de México y los miembros de la tribu Kanembou del Chad desarrollaron en lugares tan distantes entre sí tres actividades

clave: la separación de la espirulina desde el agua (por medio de filtración), la preservación del producto empleando secado solar y el balanceo de su dieta por medio de agregar a sus cereales las proteínas, vitaminas y minerales que aportaba la espirulina. En los últimos 40 años se han realizado muchos progresos en cuanto a técnicas de cultivo, cosecha y secado, que nos han llevado a optimizar lo que ancestralmente se hacía en México y África.

Debido a que este microorganismo puede cultivarse de diversas formas, incluyendo algunas bastante sencillas (aunque no sean comerciales), es que se ha propuesto como una alternativa para la supervivencia, especialmente en pequeñas comunidades rurales o en el ámbito familiar. Su cultivo tiene ventajas sobre la agricultura convencional; por ejemplo estas:

- 1) No requiere de suelos fértiles; puede aprovechar áreas con suelos salinos y áridos.
- 2) Usa eficientemente el agua y en su cultivo se pueden usar aguas salobres y alcalinas, las cuales además se reciclan, generando muy pocos residuos, que a su vez pueden ser usados para compostaje.

La espirulina se ha propuesto como una alternativa para la supervivencia, especialmente en pequeñas comunidades rurales o en el ámbito familiar. Tiene un gran poder nutricional, y su cultivo tiene ventajas sobre la agricultura convencional.

- 3) La espirulina requiere mucha menos energía que cualquier cultivo agrícola. En términos de eficiencia energética es cinco veces más eficiente que la soja y unas cien veces más eficiente que la producción animal.

- 4) En cuanto al rendimiento, la espirulina, con aproximadamente un 60% de proteínas (peso seco) y una alta velocidad de reproducción, produce veinte veces más proteína por unidad de área que la soja y cuarenta veces más que el maíz. Y, si atendemos al área de cultivo necesaria para alimentar a los animales de consumo humano, la espirulina es por lo menos doscientas veces más eficiente en su generación de proteínas.

Pensando en un método de producción de espirulina que fuese eficiente, con bajo consumo de energía y que requiriese una discreta cantidad de mano de obra, para ser desarrollado en cualquier país que reúna condiciones climáticas apropiadas, a comienzos de los años 90 desarrollamos en Chile una planta de producción modular, la cual puede hacerse crecer en función de las necesidades del productor, lo que fue expuesto en algunos congresos especializados. Este tipo de plantas pueden ser también la unidad de producción de una aldea o pequeña comunidad humana que desee o necesite una fuente de nutrientes como



Cultivo artesanal (Masiapo, Perú).



Cultivo artesanal (India).



Cultivo artesanal (Kabinda, República Democrática del Congo).



Cultivo en el jardín (Mialet, Francia).

El objetivo principal del trabajo 'en el jardín' es cultivar una pequeña cantidad de espirulina, que se pueda cosechar para el consumo doméstico.

los que ofrece la espirulina, especialmente si en algún momento se hace difícil la obtención de proteínas de consumo humano. Pueden escribirnos si desean más información respecto a este tipo de producción, pero vamos a continuar el artículo centrándonos en el cultivo artesanal de la espirulina, posible de llevar a cabo por cualquier particular sin necesidad de invertir en maquinaria y apto para satisfacer las necesidades de un pequeño grupo humano, como una familia.

EL CULTIVO ARTESANAL DE LA ESPIRULINA

Los antecedentes

La espirulina está siendo cultivada industrialmente y semiindustrialmente, pero también se está cultivando de modo artesanal. El cultivo artesanal de la espirulina surgió por la inquietud por la desnutrición infantil que afectaba a muchos países del Tercer Mundo. La composición química de la espirulina y su aceptación como alimento saludable, rico en proteínas, vitaminas y minerales, motivó a proponer su uso con niños desnutridos en diversas latitudes. Así fue como durante los años 80 y 90 varias ONG europeas promovieron la espirulina en sus programas de ayuda humanitaria. Un ejemplo es ACMA, ONG liderada por el Dr. Ripley Fox y su esposa Denise. Siendo consecuentes con la antigua máxima que reza "si un hambriento te pide pan, no solo le des pan; enséñale a cultivar el trigo para que fabrique su propio pan", decidieron promover la instalación de pequeñas unidades productivas en localidades afectadas por la desnutrición en países tercermundistas.

La mayor parte de los proyectos se han realizado en África y su ca-

pacidad productiva es muy limitada. Erróneamente, al comienzo de las experiencias se pensaba que el cultivo de espirulina era algo muy simple y fácil de reproducir en todas partes; sin embargo, la realidad mostró que había complicaciones. El análisis de estas complicaciones nos reveló que estaban relacionadas con las costumbres e idiosincrasia de los potenciales usuarios, los recursos tecnológicos y humanos disponibles, los abastecimientos de materias primas básicas y la calidad del medio ambiente.

Cultivando espirulina 'en el jardín'

Durante la segunda mitad de los 90, el ingeniero químico francés Jean-Paul Jourdan, ya retirado de la actividad laboral, desarrolló la idea de cultivar su propia espirulina, en su casa. Basándose en las experiencias de los proyectos artesanales que visitó en África, Sudamérica y Asia, además del prolífico intercambio con el Dr. Ripley Fox y con otros devotos de la espirulina, generó una tecnología más simple que le permitió producir una pequeña cantidad diaria de espirulina, para su propio consumo. En su villa de Mialet (en el sur de Francia) llevó a cabo, durante ocho años, varias pequeñas unidades de cultivo, que sirvieron de escuela a muchos franceses y extranjeros que visitaron sus instalaciones. El objetivo de esta interesante idea era producir una pequeña cantidad de espirulina para satisfacer diariamente las necesidades familiares. Hoy son decenas las personas que cultivan de esta manera en Francia. Algunas de ellas han encontrado en esta actividad una manera de ganarse la vida; han creado unidades artesanales un poco más grandes, pero basadas en el mismo principio.

El objetivo principal del trabajo 'en el jardín' es cultivar una pequeña

cantidad de espirulina, que se pueda cosechar en forma diaria para el consumo doméstico, sin entrar en complicaciones técnicas. Se trata de que el producto sea fácil de obtener y consumir. Nuestra recomendación para esto es consumir la espirulina fresca, es decir la pasta obtenida de la operación de cosecha que detallaremos luego. La pasta de espirulina puede guardarse en el refrigerador y también congelarse para su consumo posterior. Para consumirla, se puede integrar perfectamente con un jugo de frutas o como parte de un plato de espaguetis o de una ensalada verde, a los cuales va a aportar su valor nutritivo.

Para hacernos una idea de en qué consiste el cultivo 'en el jardín', imaginemos un cultivo agrícola cualquiera, patatas por ejemplo, pero con la cualidad de que, en vez de plantar una vez y luego cosechar de una vez la totalidad de las patatas producidas, nosotros podremos plantar (inocular) un cultivo una vez y luego cosechar

El medio de cultivo es un caldo diluido que emula los componentes del agua de los lagos donde crece la espirulina en forma nativa. Allí verteremos un pequeño volumen de cultivo concentrado, al que llamamos 'inóculo'.

muchas veces ese mismo cultivo, y en un tiempo mucho más corto. Esto nos permitirá contar con espirulina 'fresca' durante un largo periodo de tiempo; y, si hacemos un buen manejo, podríamos tener el cultivo productivo en forma indefinida durante años.

En términos generales es un proceso sencillo, pero que requiere dedicación y claridad. A nuestro juicio se hace necesario que quien

quiera desarrollar esta actividad se documente adecuadamente, a fin de no cometer errores que podrían llevar a una decepción.

El proceso de producción doméstica quedaría resumido a las siguientes operaciones: 1. preparación del medio de cultivo; 2. inoculación del 'reactor'; 3. cultivo; 4. cosecha.

1. Preparación del medio de cultivo

Los cultivos bajo invernadero son los que dan mejores resultados, especialmente en los países con estaciones definidas. En general España, Portugal, el sur de Francia, Italia, Grecia o las islas del Mediterráneo son buenos emplazamientos para pequeñas unidades productivas individuales y/o artesanales de espirulina. El sombreado es especialmente adecuado en la época estival.

Si no se cuenta con un invernadero es mejor cubrir el biorreactor (el contenedor) con un plástico transparente con tratamiento antiultravioleta; de lo contrario, usar una malla mosquitera si se está al aire libre y en la época estival.

Para que un cultivo artesanal doméstico valga la pena y puedan retirarse unos cuantos gramos de biomasa fresca diariamente, deberíamos contar con un contenedor con capacidad para 100 litros por lo menos. Lo ideal serían unos 1.000 litros.

Independientemente del contenedor de agua que se vaya a usar (que deberá ser poco profundo), este tiene que encontrarse limpio y desinfectado para su uso. La desinfección se puede hacer con algún detergente, procurando enjuagar muy bien antes de usarlo. No se recomienda el uso de cloro o productos en base a este, ya que es difícil retirar del envase con un solo enjuague. Los materiales recomendados pueden ser plásticos que resistan ácidos y bases fuertes, como son bidones para el agua envasada. También pueden ser de vidrio, pero solo en el caso de volúmenes pequeños, ya que mover un envase muy grande es dificultoso.



Cultivo en el jardín (Mialet, Francia).



Reactor artesanal de 10.000 litros, bajo invernadero (F. y A. Ayala).



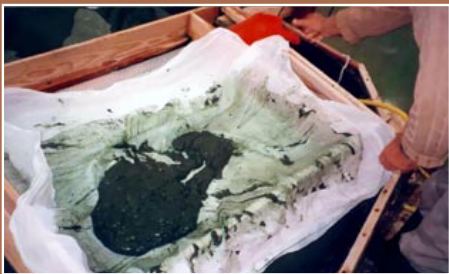
Reactor de fibra de vidrio de 500 litros (F. y A. Ayala).



Reactor artesanal de 2.000 litros (F. y A. Ayala). La agitación del agua se hace manualmente, con dos palas que giran sobre un eje.



Cosecha por filtración (Mialet, Francia).



Caja artesanal de filtración.

Una vez contamos con el recipiente, ya podemos proceder a preparar el medio de cultivo. Tendremos que disolver unas sales en agua, dejar decantar los insolubles (es decir, dejar el líquido en reposo hasta que las sustancias insolubles creen un poso) y recuperar el líquido cristalino, sin el poso.

El medio de cultivo es un caldo diluido que emula los componentes del agua de los lagos donde crece la espirulina en forma nativa. Su principal función es proveer de los iones nutrientes con que se alimenta este microorganismo. Tendremos que disolver y diluir, una a una, estas sales de tipo agrícola en agua potable: bicarbonato de sodio (8 gramos por litro), cloruro de sodio (5 g/l), nitrato de potasio (2 g/l), sulfato dipotásico (1 g/l), fosfato monoamónico (0,1 g/l), sulfato de magnesio (0,2 g/l), urea (0,02 g/l), nitrato de calcio (0,05 g/l) o cloruro de calcio (0,03 g/l) y sulfato de

Lo habitual es que transcurran de 15 a 20 días desde la inoculación hasta la primera cosecha. Entonces se puede ir cosechando diariamente, o en días alternos. Podremos contar con espirulina 'fresca' durante un largo periodo de tiempo, acaso durante años.

hierro (0,005 g/l). Estas sales permiten un crecimiento normal de la espirulina bajo condiciones estándares. Para pequeños cultivos de pocos litros se puede usar agua destilada o desmineralizada.

También podríamos usar orina, sangre, cenizas, excrementos sometidos a biodigestión, clavos sometidos a la acción del vinagre, etc. para obtener nutrientes para la espirulina. Sin embargo, el manejo en estos casos no es simple, ni tampoco la aplicación.

2. Inoculación del 'reactor'

Llamamos 'reactor' a todo contenedor de un cultivo, pues allí se producen una enorme cantidad de reacciones bioquímicas cuya evidencia es el aumento de la concentración de filamentos de espirulina.

Para sembrar una cepa de espirulina en el medio de cultivo necesitaremos un pequeño volumen de cultivo concentrado, al que llamamos 'inóculo'. Se puede obtener de algún laboratorio especializado o de algún productor que quiera solidarizarse. Habitualmente las cepas tienen un costo que varía según el proveedor y el uso que se hará de ellas. El inóculo equivale a la semilla en los cultivos agrícolas.

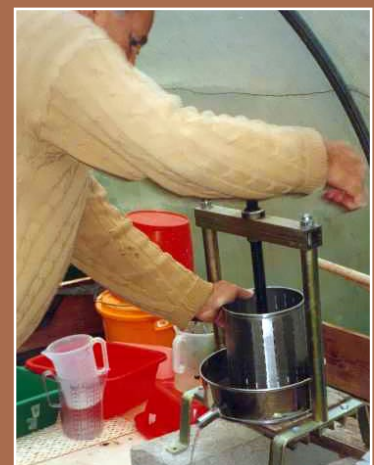
La mejor época del año para comenzar en Europa es a partir de abril; sin embargo, la inoculación se puede hacer en cualquier época si el cultivo está dentro de un invernadero o en un ambiente controlado.

La inoculación del microorganismo obedece a un porcentaje del total del cultivo a realizar, del 10 al 20%. Por ejemplo, si se quiere tener un litro de cultivo final el inóculo para este cultivo debería ser de 100 a 200 ml (mililitros). Una relación del 10 al 20% de inóculo es razonable; una concentración menor podría causar algún problema si no se tienen precauciones en relación con la exposición a la luz solar directa. Debemos ir paso a paso en la preparación del inóculo. Si tenemos 100 ml de 'cultivo semilla', con él preparamos el primer litro, y después de 10 a 15 días estamos en condiciones de aumentar a 10 litros. En 10 a 15 días más podremos avanzar hasta 100 litros, y así continuar con la secuencia hasta los 1.000 litros.

Para que la espirulina crezca y se multiplique, se necesitan ciertas condiciones medioambientales que tienen que encontrarse dentro de un rango. Estas condiciones o variables son, fundamentalmente, la luminosidad, la temperatura, el pH, la salinidad y el ciclo de luz / oscuridad. También habrá que compensar la evaporación y que agitar el líquido.



Extrusión.



Prensa para concentrar la pasta de espirulina (Mialet, Francia).



Concentrado de espirulina fresca.

Luminosidad: media sombra; nunca el sol directo.

Temperatura: puede oscilar entre 12 °C y 38 °C.

pH: entre 9,5 y 10,5.

Salinidad: inferior a 25 g/l.

Ciclo de luz / oscuridad: 12 horas de luz y 12 de oscuridad. En general los cultivos controlados mantienen un régimen de iluminación artificial de 12 horas sobre 24. Si se está al aire libre el régimen de iluminación vendrá dado por la época del año y el clima. En Europa, en verano podrá sombreadarse con malla, pero en primavera u otoño no será necesario.

Evaporación: se recomienda mantener el volumen inicial del medio de cultivo.

Agitación: está explicada en el apartado siguiente. Puede ser manual o mecánica.

3. Cultivo

Es el periodo de tiempo que se debe esperar para que la espirulina se multiplique y aumente así su concentración en el líquido. Durante este tiempo, se deben mantener las condiciones medioambientales estables, para evitar el riesgo de que el cultivo muera.

Lo ideal sería que el líquido estuviese sujeto a una agitación permanente, a fin de maximizar la exposición a la luz de todos los filamentos de espirulina. De esta manera se promovería la fotosíntesis y la reproducción del alga, lo que redundaría en un aumento de la concentración del cultivo, hasta el

punto de hacerlo cosechable. Esta mezcla podemos hacerla mediante la inyección de aire por medio de bombas para peceras. Cuando se tiene un volumen un poco grande de agua es recomendable hacer la mezcla mediante una paleta o escombillón varias veces al día.

4. Cosecha

Consiste en recolectar una cierta cantidad de biomasa de espirulina. Esto se hace por filtración simple, empleando una malla de serigrafía o un tamiz muy fino (de 35 a 55 micras). Terminada la operación ya se puede consumir el producto, en forma directa.

Lo habitual es que transcurran alrededor de 15 a 20 días desde la inoculación hasta la primera cosecha (tener en cuenta sin embargo lo expresado en el apartado 2 respecto a la progresión del cultivo).

Habitualmente se cosecha alrededor del 10% del volumen total, diariamente o en días alternos; se obtendrán entre 0,5 y 1 gramos por litro (expresado en peso seco, aunque recomendamos comerla fresca: de acuerdo con nuestra propia experiencia esta es la forma más nutritiva, pues no se la somete al secado, que conlleva alguna merma en el aspecto nutricional). La cosecha puede extenderse el tiempo que queramos, siempre y cuando repongamos periódicamente las sales consumidas por la espirulina y hagamos un buen manejo del cultivo.

Cultivar espirulina 'en el jardín' es algo terapéutico, pues la jardinería es una excelente alternativa para combatir el estrés. Pero no solo la actividad es terapéutica; también lo es el producto, especialmente si este microorganismo es cultivado con dedicación personalizada.



Francisco Ayala.



Anibal Ayala.

**Natural Waves Asesores. Para un mayor asesoramiento, el lector interesado puede dirigir sus consultas a fayalaj@natwaves.com*



Incubadora casera para el mantenimiento de cepas de espirulina (F. y A. Ayala).



Secado solar de la espirulina (Masiapo, Perú).