

5. NUEVOS RECURSOS ALIMENTARIOS SOSTENIBLES EN EXTREMADURA

*Daniel Martín Vertedor
Jonathan Delgado Adámez*

Este capítulo surge de la estrategia que persigue la Unión Europea para aumentar la disponibilidad de alimentos seguros, producidos dentro del marco de la sostenibilidad, para satisfacer las demandas de una población creciente en base a una buena nutrición adaptada a los nuevos hábitos de los consumidores, garantizando el binomio salud/bienestar, frente a los problemas como consecuencia de una población cada vez más envejecida y el nuevo estilo de vida de la población. Esta estrategia debe desarrollarse en el marco del cambio climático y la reestructuración de la agricultura, frente al cambio de los cultivos convencionales a cultivos más rentables.

En este sentido, cabe destacar que algunas empresas en Extremadura están desarrollando en la actualidad, planes dirigidos a la obtención de alimentos de una forma sostenible, mediante la identificación de nuevas fuentes de materias primas y empleando tecnologías innovadoras en sus cadenas de producción, en respuesta a las múltiples ventajas que aportan estas materias primas por su productividad y competitividad. Se trata de un intento de adecuar el sector extremeño a las nuevas tendencias en la producción de alimentos, dirigida a la búsqueda de nuevos recursos alimenticios para la obtención de alimentos con diferentes perfiles sensoriales pero con unas propiedades nutritivas y con gran calidad final del mismo.

En este contexto, el presente capítulo de libro tiene como objetivo dar a conocer las estrategias e iniciativas destinadas a combatir los retos de un futuro cercano en el que se busca incrementar la diversidad de especies destinadas a la alimentación humana, y ofrecer productos adaptados a las nuevas demandas de los consumidores desde el punto de vista nutricional y que sean sostenibles con el medio ambiente tal como señala el documento de la Comisión: Food2030. Estos contenidos son estructurados en los siguientes apartados: Tendencias y desafíos de la alimentación y la agricultura; situación actual de la helicultura; la alguicultura; sistema de explotación y propiedades; y los insectos como fuente sostenible de alimento.

1. TENDENCIAS Y DESAFÍOS DE LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA

Atendiendo a las tendencias actuales a nivel global, en torno a la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas, así como a la seguridad alimentaria, cabe preguntarse si estos sistemas serán capaces de cubrir las necesidades de una población creciente, que se estima superará los 9.000 millones de personas a mediados de siglo, en un contexto de cambio climático

y en el que debe promoverse la sostenibilidad del entorno y los recursos hídricos. Para buscar la respuesta a este interrogante se hace necesario el análisis de estas tendencias y desafíos a los cuales debe enfrentarse la alimentación y la agricultura.

Tendencias:

- **Urbanización, crecimiento y envejecimiento de la población.** Aunque el incremento de la población mundial se está ralentizando, en Asia y África la población continúa aumentando, estimándose que la población mundial alcanzará los 9.700 millones de personas en el año 2050, concentrándose en las zonas urbanas. Esta urbanización como consecuencia de la desaparición de las zonas rurales, las cuales dependen principalmente de la agricultura para generar ingresos y empleo, que al no poder aumentar su nivel de desarrollo debido a la creciente presión a la cual se someterían a los recursos hídricos y las tierras; y sumado a que en los países de ingresos medianos y bajos se localizará gran parte de la población joven (15-24 años), aumentarán las restricciones de acceso al empleo, lo cual propiciará la urbanización y la emigración y, probablemente, el número de conflictos.
- **Cambios en el consumo de alimentos como consecuencia del crecimiento económico.** Los hábitos de consumo de alimentos están cambiando hacia un mayor consumo de alimentos de origen animal, como carne y derivados lácteos, y otros alimentos de producción intensiva, incidiendo negativamente en la sostenibilidad de los recursos naturales, como consecuencia del crecimiento económico, sobre todo en los países emergentes.

Por otro lado, los países de ingresos medianos y bajos invierten casi lo mismo en agricultura que los países de ingresos altos, aunque estos siguen siendo más intensivos en capital. Pero pese a estas inversiones, se estima que para 2030 existan centenares de personas subalimentadas, haciendo necesario incrementar las inversiones para erradicar la pobreza extrema y el hambre. Otro factor influyente en este hecho es el precio de los alimentos, el cual ha caído desde 2011, donde se sitúa el pico más alto. El precio en el futuro dependerá de la respuesta que den los sistemas de producción a la demanda creciente, en un contexto de cambio climático y recursos limitados, así como de la capacidad del comercio agrícola para adaptarse a este contexto cambiante.

- **Aumento de la competencia por los recursos naturales.** Dar respuesta a la demanda de la población en muchas ocasiones ha conllevado la sobreexplotación de los recursos naturales. De hecho, la principal causa de deforestación en el mundo es la expansión de los terrenos para la agricultura. Ello ha comportado, el aumento de la competencia por los recursos naturales destinados la producción de energía y alimentos, demandando mayores extensiones de terreno para cultivar y para la producción de biomasa que será empleada en la obtención de bioenergía, como alternativa a los combustibles fósiles, responsables en parte del cambio climático. Además, como consecuencia de estos procesos, existe una creciente demanda de agua por parte de

las zonas urbanas, la industria y la agricultura, lo que lleva a un agotamiento de los recursos hídricos.

- **Cambio climático.** Los diferentes sectores productivos y entre ellos, el sector de la alimentación, están contribuyendo de forma significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, el aumento de las temperaturas y los problemas de abastecimiento de agua conllevarán serias dificultades en la ganadería, especialmente en los ecosistemas de pastos semiáridos y áridos. Del mismo modo, la frecuencia de inundaciones y sequías, como consecuencia de la inestabilidad de las precipitaciones, provocará una caída generalizada en el rendimiento de los cultivos, afectando también a la silvicultura y al medio acuático.

Finalmente, el cambio climático también tendrá una repercusión en la seguridad alimentaria mundial haciéndose patente en el suministro, el acceso y el manejo de alimentos, y en la calidad y la seguridad de los mismos.

Por lo expuesto anteriormente, parece evidente la importancia de trabajar de cara a atenuar los efectos sobre la agricultura, mediante la implementación de nuevas modalidades de desarrollo agrícola que permitan incrementar la producción de alimentos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de alimento.

- **Innovación para mejorar la productividad agrícola.** Para atender a la demanda creciente, la FAO estima que la agricultura deberá incrementar en un 50% la producción de alimentos para el año 2050. Esto requiere de inversión público-privada en investigación que permita impulsar métodos productivos basados en la agricultura de conservación y la agricultura climáticamente inteligente.
- **Plagas y enfermedades.** Una de las consecuencias de la globalización es el incremento de las enfermedades y plagas transfronterizas en animales y plantas, de amplias consecuencias socioeconómicas y ambientales, así como un incremento en el riesgo asociado a la seguridad alimentaria, en la que destaca la aparición de resistencia a los antimicrobianos.
- **Conflictos y desastres naturales.** En las últimas décadas han aumentado los conflictos, así como el número y la intensidad de los desastres naturales, afectando a la seguridad alimentaria y a la nutrición de la población.
- **Desigualdad e inseguridad alimentaria.** Aunque la pobreza extrema en las últimas décadas está disminuyendo, siguen existiendo grandes desigualdades entre territorios, que es mitigada en las zonas rurales, en parte por la agricultura, pero insuficiente.
- **Alimentación y salud.** Mientras que en los países de ingresos altos nos enfrentamos a la obesidad y al sobrepeso, en los países de ingresos medianos y bajos la población se encuentra con malnutrición-desnutrición y carencia de micronutrientes, reflejando la desigualdad y haciendo patente que la disponibilidad de alimentos no implica necesariamente el acceso a toda la población.
- **Cambios estructurales y en el empleo.** El ritmo de los cambios estructurales y los patrones de transformación agrícola difieren entre las regiones, pero las pautas que

siguen han sido parecidas a nivel mundial. Reflejo de ello es que, en los últimos 50 años, la contribución relativa de la agricultura al PIB ha disminuido prácticamente en todos los lugares, al igual que la promoción del empleo agrícola.

- **Perfil de los agricultores.** Dado el índice de pobreza, los conflictos, el cambio climático y la competencia por los recursos naturales, aumentará el número de migraciones y por lo tanto su presencia en la agricultura. Por otro lado, estamos asistiendo a la feminización de la agricultura.
- **Cambios en los sistemas productivos de alimentación.** El incremento de la población repercutirá en una mayor demanda de productos agrícolas y fomentará las actividades agrarias. Asimismo, una urbanización creciente de la población requerirá de alimentos con mayor facilidad para ser procesados, transportados, distribuidos y almacenados, siendo estos factores claves en la transformación del sector alimenticio. Estas cadenas de valor alimentario requerirán de una mayor huella de carbono.
- **Desperdicio de alimentos.** Se estima que un tercio de los alimentos se pierde a lo largo de la cadena de suministro o se desperdicia, tanto en la producción primaria como durante las etapas de procesado y consumo.
- **Cambios en la gobernanza de los sistemas alimentarios.** Durante la dos últimas décadas la comunidad internacional ha puesto su atención en el “marco de gobierno”, es decir, la mejora de la transparencia, la ampliación de la participación y la garantía de inclusión social en procesos de toma de decisiones, la erradicación de la corrupción y el fomento de reformas institucionales; con el objetivo de alcanzar un desarrollo sostenible.
- **Financiación.** Uno de los factores claves para el desarrollo es la capacidad de captar financiación, ya que permite estimular el crecimiento económico y reducir la pobreza. En la actualidad nos encontramos con un aumento significativo en los flujos financieros hacia los países de ingresos bajos y medianos, de carácter privado generalmente y la movilización de recursos a nivel nacional.

Como consecuencia de un análisis crítico de estas tendencias, debemos plantearnos los desafíos a los que nos enfrentaremos en las próximas décadas, los cuales deben estar dirigidos a:

- Mejorar la productividad agrícola garantizando la sostenibilidad de los recursos naturales y atendiendo a la demanda creciente de alimentos.
- Abordar el cambio climático y el incremento de los desastres naturales.
- Mejorar la resiliencia ante los desastres, los conflictos y las crisis prolongadas.
- Prevenir las plagas y enfermedades transfronterizas como consecuencia de un proceso de globalización.
- Erradicar todas las formas de malnutrición y la pobreza extrema, así como intervenir para reducir la desigualdad.
- Incrementar las oportunidades para generar nuevos ingresos en las zonas rurales, como herramienta para abordar los problemas de la migración.

- Conseguir sistemas alimentarios más eficientes, inclusivos y resilientes.
- Lograr un sistema efectivo y coherente de gobierno, tanto nacional como internacional.

A continuación se exponen nuevos tipos de producciones de posible interés en un futuro como nuevas fuentes de materias primas para la alimentación.

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA HELICICULTURA

La helicultura o cría zootécnica de caracoles terrestres es una actividad agropecuaria reciente de gran potencialidad basada en la cría controlada de caracoles comestibles con fines comerciales y destinados al consumo humano. Se trata de una actividad que viene desarrollándose en las últimas décadas, sin que en la actualidad cuente con un desarrollo pleno, como respuesta a la reconversión del sector ganadero español, debido a las exigencias de la reforma de la Política Agrícola Común (PAC), así como a la alarmante situación de algunas poblaciones naturales de caracoles y los problemas sanitarios asociados a la importación para el consumo de terceros países. En la actualidad la helicultura nuevamente vuelve a tomar auge en respuesta a los desafíos de la alimentación, al tratarse de una actividad empresarial que permite un mejor uso de los recursos biológicos renovables, contribuyendo a satisfacer la demanda de alimentos sanos y seguros, a la vez que se promocionan actividades económicas sostenibles y diferenciadoras.

Podemos encontrar centenares de especies de caracoles, pero la helicultura se basa exclusivamente en el empleo de dos, el *Hélix Aspersa* (caracol común) y el *Otala Lactea* (ca-brillas). El caracol común es el más utilizado para la cría en cautiverio, aun así, su producción zootécnica es inapreciable frente a capturas e importación. Por su parte, *O. lactea* es la especie de más amplio consumo en España. Existe un interés creciente de la cría intensiva de otras especies de amplio consumo en España, como *Theba pisana* (caracol chico/blaquillo) o *Iberus alonensis* (caracol serrano), que es mucho más valorado económica y gastronómicamente que los anteriores, respondiendo bien a las exigencias del mercado europeo. Sin embargo, su cría es inexistente y su demanda no correspondida, dada la escasez natural de producto. En la actualidad, el mercado nacional y europeo del caracol se nutren casi exclusivamente de la captura e importación de varias especies, con una demanda muy superior a la oferta.

La cría es abordada de tres formas:

- En **extensivo**, es decir, a campo abierto, es un modelo en huertos cultivados con vegetales y acotados por redes antifugas tipo helitec que impidan la huida de los caracoles. Este modelo se basa en el ciclo biológico natural del caracol, con alimentación mediante forraje y escasa tecnificación.

Este sistema presenta una fase de reproducción y otra de engorde, aunque no permite un adecuado control productivo y, por tanto, es muy compleja una previsión adecuada de la producción final con el consiguiente incremento de la incertidumbre y por ende del riesgo empre-

sarial. Por otro lado, la alimentación con pasto y la dependencia climática condicionan que el ciclo productivo concluya en primavera, consignando la estacionalidad productiva y, por tanto, los precios de venta son desfavorables al competir con caracoles procedentes de poblaciones naturales.

La cubierta vegetal además de proporcionar alimentación a los caracoles les ofrece refugio y mantiene unas condiciones ambientales acordes con su hábitat natural. Las plantas que constituyen la cubierta vegetal deben ser bianuales, debido a que la alimentación con pasto alarga el ciclo productivo más allá del año. Asimismo, estas plantas deben poseer hojas anchas y largas, lo cual permite maximizar la densidad de cría, proporcionar sombra en verano y protección de las heladas en invierno. Atendiendo a estos criterios las especies más convenientes son del tipo alcachofa, col, espinaca, acelga, berza, colza o repollo. Pero en la elección final se tendrán en cuenta las condiciones climatología de la zona. Este sistema de alimentación no permite un crecimiento rápido de los caracoles los cuales, además, presentarán pesos finales altamente variables, obteniéndose hasta un ciclo anual si las condiciones son favorables.

Otro factor importante a tener en cuenta, es que la escasa tecnificación del sistema limita la implantación a zonas con climatología favorable, ya que no existe ningún mecanismo de control sobre las variables ambientales.

Las ventajas que presenta este sistema frente a otros son la baja inversión necesaria, una incidencia de enfermedades reducida y que requiere poca mano de obra, la cual no tiene que estar especializada.

- En **intensivo**, empleando recintos cerrados como, cobertizos, naves climatizadas o invernaderos cerrados, donde pueden controlarse los periodos de luz, la temperatura y la humedad. En este modelo podemos diferenciar tres fases en el que se controla el flujo de animales de una fase a otra: i) reproducción, ii) cría y iii) engorde. Este modelo presenta una alta tecnificación mediante el control de todas las variables climáticas asociadas al ciclo productivo, lo cual le permite romper la estacionalidad del mercado e incrementar la productividad.
- Las principales desventajas de este método son que los costos de instalación son mayores, requiere de mano de obra cualificada, elevada incidencia de enfermedades asociadas al manejo (ácaros, salmoneras, enanismo, etc.) y el desconocimiento zootécnico del sistema, lo que impide la estandarización del crecimiento.
- En forma **mixta** combinando los dos métodos anteriores.

Extremadura posee varios activos, como son una economía fuertemente vinculada al sector terciario, relacionada principalmente con la industria agroalimentaria, un rico patrimonio natural y un sustancial entorno rural, los cuales deben ser la base para potenciar y desarrollar la helicultura y el desarrollo de productos a base de caracoles de calidad e interés industrial. Sin duda, esta actividad agropecuaria singular reúne elementos y características que la configuran como una herramienta importante para el desarrollo local sostenible en el medio rural de Extremadura. En nuestra región la producción de caracoles como actividad industrial, está orientada

en dos direcciones; la comercialización del molusco vivo (figura 1) o bien la venta del molusco cocinado como conserva (figura 2). Algunos ejemplos de empresas dedicadas a esta actividad son, Caracolacea, Rosacol, Caracoles El Tesorillo, Sierra San Miguel y Caracol Sierra De Gata.

FIGURA 1: Caracoles destinados a la comercialización de moluscos vivos



FIGURA 2: Caracoles cocinados destinados a la venta en conserva



Los caracoles, desde el punto de vista nutricional, son unos moluscos con gran cantidad de agua (82%) y alta proporción de proteínas (16,3%) frente al bajo contenido en grasa (1,4%). Además de su contenido en minerales y vitaminas destaca el hierro, magnesio, potasio, calcio, zinc, fósforo y selenio; y el de vitamina B3 o niacina. Se estima que, una ración de caracoles cubre el 82% de las ingestas recomendadas de vitamina B3 en el hombre y el 100% en la mujer.

3. LA ALGUCULTURA: SISTEMA DE EXPLOTACIÓN Y PROPIEDADES

La alguicultura es la cría y recolección de algas mediante sistemas de explotación que conducen a aumentar su producción por encima de las capacidades que naturalmente podrían proliferar y que están apareciendo en los últimos años debido a la creciente demanda de ciertos consumidores por este tipo de productos que se caracterizan por sus propiedades saludables y sus peculiares características sensoriales.

En la actualidad, no son muchas las especies de algas que son cultivadas, debido a los inconvenientes en la cría de ciertas especies, la dificultad de la comercialización, exigencias del mercado, y a los requisitos en seguridad alimentaria. Para el consumo humano, son tres los géneros que más se comercializan: *Chlorella*, *Spirulina* y *Dunaliella*. Hay que destacar que este alimento se suele comercializar como suplemento alimentario, en formato en polvo, pastillas o en cápsulas tras su estabilización térmica antes de la puesta en el mercado.

Estas especies se caracterizan por aportar unas propiedades saludables en los seres humanos tras su ingesta. De este modo, la ingesta de *Chlorella* induce a una disminución de la concentración de colesterol en sangre, protege frente a una insuficiencia renal, promueve el desarrollo y crecimiento de la flora microbiana intestinal (*Lactobacillus* intestinales) y reduce la acumulación de dioxinas en el organismo.

Por otro lado, *Dunaliella* se caracteriza por presentar alto contenido en β -caroteno, astaxantina y en menor contenido en luteína y zeaxantina. El uso de estos compuestos químicos naturales es como colorante en ciertos alimentos que se usan para consumo humano y/o animal, y en cosmética. Estos compuestos actúan en reacciones químicas para producir vitamina A. Además, poseen características antiinflamatorias y anticancerígenas. Como se ha comentado, otro de los destinos comerciales de estas microalgas es la industria de la cosmética. Por ejemplo, la utilización de extractos de *Chlorella* estimula la síntesis de colágeno y la regeneración de los tejidos.

La *Espirulina* es otra microalga con propiedades muy interesantes desde el punto de vista del consumidor. La espirulina está extendida por todos los continentes, principalmente en Asia, África y Centroamérica y fundamentalmente en zonas cálidas, pero no es común en España donde solo se puede encontrar en pequeñas cantidades en el sur, en la zona de Doñana. De hecho, el cultivo de la espirulina también es muy excepcional en España, aunque hay industrias por todo el mundo que procesan este microalga. En la península Ibérica, junto a la empresa extremeña de Gata, solo hay constancia de otra empresa que comercializa este producto en la región de Murcia.

Por otra parte, cabe destacar que un segmento de la producción de microalgas se destina a la alimentación animal de gatos, perros, peces y aves entre otros. Ciertos estudios indican que estas especies de algas ejercen también un efecto beneficioso para los animales, mejorando el desarrollo y crecimiento, incrementan la fertilidad e incluso aumentan la respuesta inmune. Destacar que en las explotaciones de acuicultura de cría de moluscos y larvas de peces y crustáceos, las microalgas son utilizadas para alimentar fundamentalmente a estos animales.

El cultivo de microalgas presenta un gran abanico de diseños diferentes, que suelen adaptarse a las condiciones del terreno, pero que en líneas generales, podemos clasificarlos en i) cultivos abiertos y ii) cerrados o bioreactores. La elección de uno u otro sistema de cultivo depende de varios factores como la especie cultivada, las necesidades nutricionales y lumínicas, orientación correcta de la explotación, sistemas de limpieza, costos de la construcción, recursos hídricos disponibles en la explotación y calidad y características del suelo.

Los cultivos abiertos pueden instalarse tanto en el medio ambiente natural, como ríos, lagos y/o estanques, como de manera artificial, y pueden ser instalados con un amplio abanico de diseños diferentes. Este tipo de cultivo se caracteriza por el bajo costo, alta durabilidad y la facilidad de la construcción y demás operaciones de mantenimiento. Las microalgas son seres vivos que cultivados en abierto dependen en gran medida de las condiciones ambientales, por lo que hay que controlar y evaluar muchos parámetros para poder finalmente obtener un cultivo productivo y de calidad. Sin embargo estos cultivos abiertos presentan ciertas dificultades, como la evaporación del agua, dificultad de la accesibilidad a la luz y necesidad de disponer de extensión de terreno grandes. Es por ello que el desarrollo de la biotecnología ha conducido al establecimiento de los conocidos como cultivos cerrados o bioreactores. Los diseños de estos reactores son muy variados, mediante agitación por aire mediante burbujeo, y/o con suministro de iluminación artificial. En estos cultivos, las condiciones están más controladas y es más factible obtener algas más específicas y purificadas sin la intervención de factores externos. Estos cultivos permiten un control de parámetros de una manera más exhaustiva para el desarrollo de las microalgas, permitiendo realizar cultivos con una alta densidad poblacional.

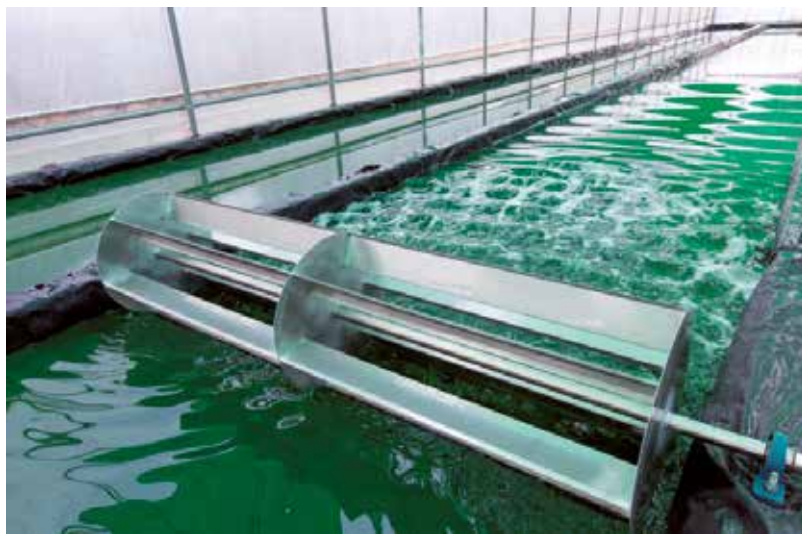
De este modo, la luz y el oxígeno disuelto son parámetros importantes para el correcto desarrollo de los cultivos de microalgas ya que son factores para la realización de la fotosíntesis y el correcto desarrollo del cultivo. Hay que tener en cuenta que la intensidad lumínica y el oxígeno en el fondo del estanque es mucho menor que en la superficie debido a la turbidez. Por lo tanto, es interesante incorporar al cultivo un mezclador para mover el cultivo entre las distintas capas verticales del mismo para favorecer que todas las microalgas reciben la misma luz y así el crecimiento del cultivo será más homogéneo (figura 3).

La temperatura es otro parámetro que influye directamente en el correcto desarrollo del cultivo. La temperatura óptima de cultivo se encuentra entre 28-35°C, por lo que fuera de este rango el desarrollo del cultivo se ve mermado y ralentizado. Hoy en día existen distintos mecanismos para controlar la temperatura, como microaspersión con agua fría y/o intercambiadores de calor para estimular el crecimiento cuando las temperaturas son bajas.

El pH del medio de cultivo es otro de los parámetros que debe ser tenido en cuenta. Un desarrollo microbiano en exceso puede provocar cambios en el pH que perjudiquen al cultivo. Así, el pH óptimo para el desarrollo de las microalgas en cultivos de agua dulce es alrededor de

8. Este parámetro se puede controlar en el agua mediante análisis periódicos y se puede corregir con adición de ácido o base o mediante la inyección de CO_2 .

FIGURA 3: Sistema de agitación del agua en piscina con cultivo de microalgas



Las microalgas necesitan para su correcto desarrollo de nutrientes en el medio. El nutriente más importante para el cultivo de microalgas es el nitrógeno que se suele incorporar en forma de nitrato (NO_3^-) o como amonio (NH_4^+). También el fósforo interviene en la transferencia de energía y en la formación de ADN.

Finalmente cuando el cultivo de microalgas está desarrollado, hay que cosecharlo para darle valor comercial al producto final. Existen varios métodos para la recuperación de las microalgas entre los que se encuentran la centrifugación, sedimentación, filtración, flotación y floculación.

De estos métodos, la sedimentación es quizás uno de los más comunes para la cosecha de la biomasa. Es rudimentario, pero muy eficiente y con bajo costo energético. La centrifugación y la filtración son métodos eficaces para la separación de la biomasa, sin embargo requiere de mucha energía. La flotación requiere de la adición de ozono o aire, siendo un método innovador y eficaz, pero requiere un incremento de los costes del cultivo. La floculación requiere la adición de sales metálicas que se unen con las microalgas para permitir la anexión de las mismas. Sin embargo, cuando las microalgas van destinadas a la alimentación, es complicado la separación de estos residuos.

En Extremadura, en el norte de Cáceres, la empresa Koru Espirulina se sitúa en el corazón de la Sierra de Gata, en una finca de 13.500 metros cuadrados entre Hoyos y Acebo, en la que han construido 2.000 metros de instalaciones para el cultivo y el secado de la espirulina, una microalga de agua dulce muy apreciada como 'superalimento' por sus características y propiedades nutricionales (figura 4). El producto que elabora esta empresa es totalmente natural.

Utiliza agua de pozo y no emplea aditivos ni pesticidas o herbicidas durante el proceso de elaboración ya que no está industrializado. Una vez se cosecha el producto es secado a baja temperatura para mantener las propiedades de la microalga y su mejor conservación. Así, contiene elementos nutritivos como son las vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN), clorofila, y también de fitoquímicos.

FIGURA 4: Vista panorámica aérea de las instalaciones de la empresa Koru Espirulina en Sierra de Gata (Cáceres)



Esta empresa comenzó la producción de esta microalga en 2016. Los periodos más productivos para el cultivo de la espirulina son de abril a octubre ya que los meses más cálidos son los adecuados para el desarrollo de la microalga.

La espirulina industrial se suele comercializar en formato cápsulas o pastillas. Sin embargo esta empresa produce esta microalga en forma de hebras para ser consumida añadiéndola a ensaladas, arroces y zumos que le confieren un color verde ya que contiene una alta concentración en clorofilas, y presenta un sabor muy suave.

La cepa de espirulina con la que trabaja esta empresa extremeña se ha ido concentrando hasta llenar los 350 metros de piscinas y recogen unos 3 kilos de espirulina seca cada día en la época más cálida. Todas las mañanas retiran un tercio de la cantidad de espirulina que hay en las piscinas, que se habrá recuperado una jornada después. Lo que recogen es una crema de color verde intenso y de consistencia similar al guacamole, que después se prensa durante una hora y media para retirar todos los restos de agua. A continuación se pasa la pasta que resulta por una embudidora con la que dan forma a la espirulina como hilos que reposan sobre una bandeja en la zona de secado, donde estarán durante varias horas a una temperatura de 45 grados que garantiza el secado progresivo pero suave (figura 5). En cuatro horas estará la producción seca y lista para recogerla y envasarla. La espirulina se vende en latas de 100 gramos y cuestan alrededor de 15 euros la unidad (figura 6).

FIGURA 5: Secado a baja temperatura de la hebras de espirulina



FIGURA 6: Vista con microscopio electrónico de las hebras de espirulina y presentación del producto comercial



4. LOS INSECTOS COMO FUENTE SOSTENIBLE DE ALIMENTO

La entomofagia es el consumo humano de insectos y arácnidos, o artrópodos en general, enteros con sus patas, antenas y alas. La ingesta de estos animales, es un hábito que está ampliamente distribuido por Asia, África, Latinoamérica y Australia.

Los insectos tienen un ciclo reproductor elevado y presentan un reducido impacto ambiental durante el ciclo de vida ya que pueden criarse en cautividad aprovechando ciertos

residuos alimentarios en concepto de economía circular. En general los insectos presentan una serie de ventajas ya que poseen un índice elevado de conversión de los productos alimentarios que ingieren en “carne”. De hecho, el ganado convencional requiere cuatro veces más alimento para poder transformarse en la misma proporción de “carne”. Destacar también que los insectos producen una menor cantidad de gases de efecto invernadero, necesitan un menor contenido de agua y requieren menos superficie de terreno para su cría en cautividad que el ganado tradicional.

La FAO estima esta práctica de cría de insectos para la alimentación como una solución viable para conseguir recursos alimentarios para los seres humanos en el futuro. La composición química de los insectos se considera tan saludable como los alimentos que habitualmente consumimos en una dieta mediterránea tradicional. Estos animales están incluidos en la lista *Novel foods* de la Comisión Europea como complemento dietético, y no como un sustituto de otros alimentos, pudiendo ser consumidos enteros o molidos, en forma de polvo o pasta, e incorporarse a otros alimentos. El consumo de insectos es realizado por cerca de dos mil millones de personas que consumen una gran variedad de insectos comestibles entre los que se encuentran por orden de importancia los escarabajos, orugas, abejas, hormigas, saltamontes y grillos.

En cuanto a los sistemas de producción, destacar que la cría de insectos se realiza en granjas que cumplen todas las exigencias de seguridad alimentaria y calidad. Las infraestructuras necesarias para la cría en cautividad de estos animales no requieren de una excesiva inversión. Además, en los sistemas de producción solamente se utilizan productos químicos para desinfectar las zonas de producción entre un lote y otro de insectos. La alimentación en este tipo de granjas se basa en fruta, carne, pan y restos orgánicos, ya que los insectos poseen enzimas capaces de transformar los alimentos en proteínas. Además, al igual que en otro tipo de sistemas de producción, suelen emplear un control estricto de temperatura, oxígeno y luz que mejora los sistemas de producción y evita la aparición de ciertas enfermedades.

Las primeras fases del desarrollo de los insectos, pupas, larvas y ninfas, son las más interesantes para su consumo humano ya que contienen menos quitina que hacen que sean más tiernos y digeribles. Los insectos, en algunas culturas, son consumidos vivos. Sin embargo es recomendable cocinarlos para eliminarles las feromonas y hacerlos más gustosos al paladar. La manera de cocinarlos es mediante un escaldado con agua caliente o también se pueden hervir, hornear, freír o secarlos y posteriormente se pueden añadir todos los ingredientes que se deseen (figura 7). El cocinado de los insectos también provoca un cambio de color del mismo a tonalidades más rojizas, doradas o marrones. Finalmente, los insectos tras su procesado, pueden adquirirse envasados, a granel, deshidratados, dulces, etc.

Desde el punto de vista del contenido nutricional, los insectos como saltamontes, gusanos de la harina, termitas, grillos, larvas y moscas y cucarachas, se caracterizan por ser una fuente proteica rica en aminoácidos y compuestos lipídicos bioactivos de buena calidad, ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (> 60%), entre los que se encuentran altos niveles de los ácidos oleico, y de los ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico, todos ellos de probado efecto positivo sobre la salud humana. Además, los insectos contienen fibra, micronutrientes y vitaminas como la riboflavina y el ácido fólico.

FIGURA 7: Puesto de comida de insectos fritos (langostas, gusanos, crisálidas, grillos, escorpiones y escarabajos gigantes) en un mercado en Bangkok (Tailandia)



Actualmente en Extremadura no existen explotaciones dedicadas en exclusividad a la cría de insectos para consumo humano. Sin embargo, se debe de tener en cuenta que puede ser un nicho de mercado para regiones rurales de nuestra región ya que la cría de estos animales muestra un fuerte potencial para su exportación como alimentos. En otras comunidades, la cría de insectos se restringe principalmente a granjas familiares y se destina a mercados específicos, siendo una alternativa barata y sostenible. En Valencia existe una granja productora de mosca (Bioflytech) que se usan como polinizadores en invernaderos. Otra empresa en Alicante, Insectfit, incorpora como ingrediente harina de grillo para elaborar barritas energéticas para deportistas debido a su alto contenido proteico. En Europa encontramos en Dole (Francia) una de las mayores empresas del mundo, Ynsect, que produce y comercializa la larva del gusano de la harina. El destino de este producto *en vivo* está focalizado para mascotas y para la pesca deportiva, pero también se destina como harina para su incorporación en comidas para deportivas y como piensos para la alimentación de peces y ciertos animales domésticos.

Sería básico potenciar la I+D+i con el objeto de mejorar los sistemas de producción en masa a fin de mecanizar y automatizar los cultivos de insectos para reducir los costes de producción hacia resultados económicamente rentables, mejorando la eficacia energética y que sean seguros desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. También es interesante el desarrollo de nuevos productos competitivos a base de insectos. Además, habría que implementar tablas nutricionales para insectos con objeto de mejorar su desarrollo. Puede ser interesante estudiar las posibles alergias que podrían provocar en humanos tras la ingesta de estos animales, al igual que sería conveniente catalogar las vías de zoonosis procedentes de la entomofagia y realizar estudios para prologar la vida útil del producto final sin que se pierdan las características de calidad.

Para que se desarrolle la entomofagia con éxito es necesario educar a los consumidores en el consumo de estos animales, para aprender las ventajas de su consumo o bien estudiar nuevas formas de incorporación de estas proteínas animales en la dieta o como complemento

alimenticio. Finalmente también es necesario el desarrollo de una legislación adecuada para la regulación de la cría de insectos para su comercialización como alimentos y/o piensos.

BIBLIOGRAFÍA

- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. Edible forest insects: humans bite back! In Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Edited by Patrick B. Durst, Dennis V. Johnson, Robin N. Leslie and Kenichi Shono. Bangkok, Thailand. 64 pp.
- Hernández-Pérez, A & Labbe, J.I. 2014. Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 49(2): 157-173. DOI 10.4067/S0718-19572014000200001.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos*.

