



**María José Suso**

Instituto de Agricultura Sostenible  
(IAS-CSIC)

## Co-creación de variedades locales sostenibles

Una oportunidad para el agricultor

■ En este artículo, su autora plantea el desafío de desarrollar modelos sostenibles de agricultura en la línea de los objetivos del Pacto Verde Europeo. Comparando el paradigma de la actual agricultura intensiva e industrializada (AI) y el de la agricultura de bajos insumos o ecológica (A-BI/E), el artículo identifica algunas herramientas para facilitar la transición hacia una A-BI/E. En concreto destaca las siguientes: 1) selección de caracteres para la adaptación a una A-BI/E; 2) descentralización e incorporación del *know-how* de los agricultores y de las particularidades y saberes locales; 3) creación de nuevas variedades locales genéticamente diversas, y 4) desarrollo de vínculos entre la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad.

### Palabras clave:

Agricultura de bajos insumos y ecológica | Abejas polinizadoras | Variedades heterogéneas | Servicios de los ecosistemas.

**En el actual contexto** de cambio climático es necesario revisar nuestro modelo agroalimentario para fortalecer la sostenibilidad de la agricultura. Una de las acepciones del término *sostenible* hace referencia a aquellos sistemas alimentarios que preservan la diversidad de los recursos genéticos para las futuras generaciones, respetando los valores humanos y la riqueza ambiental. Aplicar el principio de sostenibilidad en el sistema alimentario es un proceso complejo y multidimensional, que incluye valores sociales, jurídicos, económicos, ecológicos, culturales y éticos.

Actualmente, los principios de la sostenibilidad deben pensarse en el marco del reciente documento “Pacto Verde Europeo” elaborado por la Comisión Europea. Este pacto forma parte de las acciones desarrolladas por la Comisión Europea para aplicar en la UE la Agenda 2030 de Naciones Unidas y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En el citado documento, el Pacto Verde se configura en torno a una serie de áreas de actuación estrechamente interconectadas, dos de las cuales son especialmente relevantes para el desarrollo de variedades sostenibles: 1) la estrategia “De la granja a la mesa” y 2) la estrategia de “Preservación y restablecimiento de los ecosis-

temas y la biodiversidad”. Se pretende con esas dos estrategias intensificar los esfuerzos para combatir los efectos del cambio climático, proteger el medio ambiente y preservar la biodiversidad.

Los agricultores son un factor fundamental para alcanzar los objetivos del Pacto Verde, por lo que es preciso apoyarles en sus esfuerzos para cambiar los procesos productivos. Hay que poner en manos de los agricultores las herramientas necesarias para hacer compatible la producción de alimentos con un funcionamiento respetuoso de los agroecosistemas. Con el fin de facilitar esta sinergia, la doble estrategia del Pacto Verde propone simultáneamente apoyar la agrobiodiversidad y poner en valor los servicios proporcionados por los ecosistemas asociados, que son los que sostienen directamente el rendimiento de los cultivos. El desafío es mejorar la productividad agrícola mediante la creación de variedades de rendimiento óptimo gracias a un uso mejorado de los servicios proporcionados por los ecosistemas. Para ello es necesario explorar las distintas aproximaciones básicas para la creación de variedades locales que contribuyan a una agricultura de bajos insumos y ecológica (en adelante, A-BI/E).



Interacción abeja polinizadora-altramuz andino.

**El Pacto Verde Europeo plantea entre sus objetivos reducir notablemente el uso de plaguicidas químicos, así como de fertilizantes, y se propone también aumentar la proporción de agricultura ecológica. Para ello, se requiere un cambio fundamental en la actividad agrícola, que tiene que basarse en la ciencia y la tecnología**

El Pacto Verde Europeo plantea entre sus objetivos reducir notablemente el uso de plaguicidas químicos, así como de fertilizantes, y se propone también aumentar la proporción de agricultura ecológica. Para ello, se requiere un cambio fundamental en la actividad agrícola, que tiene que basarse en la ciencia y la tecnología. Precisamente en el marco de la política común europea de I+D+i se vienen implementando diversos proyectos científicos en los que se desarrollan conceptos e iniciativas de investigación para dar respuesta al desafío de la transición ecológica, respaldados, en unos casos, por programas como el de “Bioeconomía”, basados en el conocimiento (Horizonte 2020) y formalizados a través de convocatorias temáticas, y en otros casos, mediante “acciones Cost” o a través de los “grupos operativos” de la EPI-Agri.

Entre estos programas y acciones cabe mencionar algunos proyectos en los que esta autora ha tenido ocasión de participar como investigadora principal:

- SOLIBAM (Strategies for Organic and Low-input Integrated Breeding and Management) (<http://www.solibam.eu>) (Aproximaciones de mejora genética integradas con prácticas de manejo del cultivo en los sistemas agrícolas ecológicos y de bajo insumo).
- DIVERSIFOOD (Embedding crop diversity and networking for local high quality food systems) (<http://www.diversifood.eu>) (Incorporación de la diversidad de cultivos y de la creación de redes multiactor en los sistemas alimentarios locales de alta calidad).
- LIBBIO (Lupinus mutabilis for Increased Biomass from marginal lands and value for BIOrefineries) (<http://www.libbio.net>) (Altramuz andino en tierras marginales para biomasa y biorrefinerías).
- Cost action: Policies for Sustainable Pollination in Europe ([www.superbproject.eu](http://www.superbproject.eu)).
- EIP-AGRI: Focus Group-Genetic Resources. Cooperation Models (<https://ec.europa.eu/eip/agriculture>).

### Agricultura industrial (AI) vs agricultura de bajos insumos o ecológica (A-BI/E)

En función de la citada experiencia, consideramos de interés explorar si el actual paradigma del desarrollo agrícola industrial (AI) es capaz de responder adecuadamente a los desafíos planteados por el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, para en caso contrario perfilar los principios básicos de un paradigma alternativo.

La cuestión clave en el éxito de cualquier programa para la creación de variedades es tener los objetivos muy claros, a fin de guiar el programa y establecer las opciones de las distintas tecnologías. Por lo tanto, cuando hablamos del desarrollo de variedades para un modelo alternativo de agricultura del tipo A-BI/E, hay que definir los objetivos generales y específicos.

En los sistemas convencionales de agricultura (AI), la producción, entendida en su forma más simple como la maximización de los rendimientos, ha sido el objetivo mayoritario. Sin embargo, los programas de creación de variedades para una agricultura del tipo A-BI/E se reorientan hacia metas más amplias, por lo que hay que introducir nuevos conceptos que abarcan tanto valores económicos y sociales como ecológicos, culturales y éticos.

De esta forma, cuando surge la pregunta de si la adopción de las nuevas tecnologías propuestas por los modelos convencionales de agricultura industrial (AI) es factible en el marco del nuevo paradigma A-BI/E, la respuesta no solo hay que darla desde una perspectiva tecnológica, sino, y más importante, también desde unas perspectivas socioeconómicas, culturales y éticas. Es necesario, por tanto, analizar las diferencias entre ambos paradigmas agrícolas, que es lo que nos proponemos hacer en las siguientes líneas.

Desde hace varias décadas, la agricultura ha ido evolucionando hacia modelos cada vez más industriales, corporativos y globalizados, basados en el legado de la “Revolución Verde”. Con este término de “revolución verde” describimos estrategias de desarrollo agrícola fundamentadas principalmente en una producción centralizada de monocultivos a gran escala, que requieren insumos de alta concentración de combustible, maqui-





**Desde hace varias décadas, la agricultura ha ido evolucionando hacia modelos cada vez más industriales, corporativos y globalizados, basados en el legado de la “Revolución Verde”. Con este término de “revolución verde” describimos estrategias de desarrollo agrícola fundamentadas principalmente en una producción centralizada de monocultivos a gran escala, que requieren insumos de alta concentración de combustible, maquinaria, agua y pesticidas sintéticos y fertilizantes para obtener grandes rendimientos. Y todo ello con la importante contribución de la mejora genética**

na, agua y pesticidas sintéticos y fertilizantes para obtener grandes rendimientos. Y todo ello con la importante contribución de la mejora genética. En ese paradigma, la flora y la fauna silvestres son considerados competidores directos por los recursos y, por tanto, se eliminan. El sistema impone un enfoque “*one-size-fits-all*”, que tiende a la homogeneización del paisaje agrícola y la disminución de las singularidades locales.

Además de a la reducción de la diversidad interespecífica (entre especies) de los cultivos, la mejora genética contribuye a la disminución de la diversidad intraespecífica (dentro de cada especie) seleccionando los “mejores” genotipos, genéticamente homogéneos, y las variedades ampliamente adaptadas al medio. Las variedades tradicionales locales, que fueron hasta hace varias décadas la norma habitual de selección de semillas, fueron sustituidas por las llamadas líneas puras e híbridos F1 para maximizar la

rentabilidad de los sistemas de alto insumo.

La reducción de la variabilidad genética, tanto inter como intraespecífica, conduce a varios efectos: epidemias de plagas y enfermedades (vulnerabilidad genética); falta de adaptación al aumento de los estreses abióticos (como la sequía o el cambio climático), y falta de variación genética para distintas características que aportan calidad dentro de la especie cultivada.

El citado Pacto Verde Europeo reconoce que el modelo agrario convencional (AI) es insostenible desde el punto de vista medioambiental, y la Comisión Europea se dispone a impulsar modelos de bajo insumos y ecológicos (A-BI/E). Mientras que los modelos convencionales (AI) buscan obtener altos rendimientos mediante la sustitución de los servicios ecosistémicos por energía, agroquímicos y alto consumo de agua, el nuevo paradigma A-BI/E se propone reintegrar dichos servicios y la biodiversidad en los siste-

mas agrícolas, para mantener y/o aumentar los rendimientos y la resiliencia y eliminar o reducir al mínimo las externalidades negativas y la degradación ambiental asociadas.

Además, el modelo A-BI/E incluye también el objetivo de contribuir a la diversificación y descentralización, prestando mayor atención a las particularidades locales. De ahí que se plantee como un modelo participativo y diseñado para incorporar tanto el conocimiento ecológico local y las buenas prácticas *know-how* de los agricultores como la perspectiva de los consumidores. El enfoque implícito en el modelo A-BI/E es un enfoque “multiactor”, lo que significa ampliar la participación a todos los actores que forman parte de la cadena alimentaria (de ahí el significado de la estrategia “De la granja a la mesa”).

La A-BI/E busca desarrollar sistemas alimentarios que se apoyen en las economías locales, que ofrezcan alimentos de alta calidad directamente a los consumidores y que reintegren los servicios de los propios agroecosistemas. La A-BI/E se basa, por tanto, en el concepto de trabajar “con la naturaleza”, en lugar de combatirla. El objetivo de A-BI/E es la creación de sistemas agrícolas holísticos, basados en el uso de recursos renovables derivados de la propia finca.

La principal crítica que reciben los modelos agrícolas A-BI/E es que no son viables, debido a que producen, de promedio, rendimientos más bajos que los de la agricultura convencional (AI). Una de las causas principales de estas diferencias de rendimiento productivos es la falta de variedades adaptadas a las condiciones de cultivo de bajos insumos y con un bajo nivel de utilización de herbicidas, pesticidas y fungicidas. Actualmente, y con datos de la UE, se estima que alrededor del 95% de la producción ecológica se basa en variedades que fueron desarrollados para el sector convencional de alto insumo de herbicidas, pesticidas y fungicidas. Se trata de variedades que fueron seleccionadas bajo condiciones uniformes y altamente controladas y en las que se aplican fertilizantes solubles, semillas seleccionadas, herbicidas y otros pesticidas. Tales condiciones no son precisamente las de las explotaciones gestionadas según el paradigma de la A-BI/E y que, como hemos señalado, operan principalmente en ciclos de nutrientes que tienden a ser cerrados y con insumos externos mínimos.



**Con el fin de reducir la dependencia de insumos externos, se está ensayando la eficacia de una mayor biodiversidad funcional en los sistemas de cultivo. La diversidad funcional es, en este caso, la diversidad que se utiliza para mejorar el rendimiento de los cultivos.**

**Por ejemplo, diversos expertos identificaron oportunidades substanciales para el aumento de la productividad si se adopta un manejo amigable con los polinizadores**

En la actualidad, se da la paradoja de que los agricultores que trabajan en el marco del modelo A-BI/E dependen, en gran medida, de variedades obtenidas en los sistemas agrícolas convencionales y que consumen un alto nivel de insumos externos. Es poco probable que variedades desarrolladas para un contexto de altos insumos como el de la agricultura convencional (AI) sean capaces de enfrentarse a la mayor variación espacio-temporal de los sistemas de A-BI/E. El hecho de que tales variedades se utilicen en estos nuevos sistemas agrícolas no significa que ya estén óptimamente adaptadas a ellos, ya que no presentan los rasgos que se requieren en las condiciones productivas de A-BI/E.

Los agricultores A-BI/E pierden rendimiento, debido a la falta de características de competitividad frente a las malas hierbas y de resistencia frente a las plagas y enfermedades que asolan los cultivos. Los agricultores que optan por modelos A-BI/E necesitan variedades adaptadas específicamente

a este modelo de agricultura y no trasladar sin más los de la agricultura convencional. Las variedades adecuadas a la A-BI/E deben tener características que permitan evitar la utilización de insumos externos como pesticidas, herbicidas y fertilizantes químicos. La A-BI/E también debe favorecer que las variedades evolucionen y se adapten a condiciones agroclimáticas específicas y cambiantes. Esto solo es posible cuando variedades heterogéneas se utilizan y reproducen en la finca durante varias generaciones.

### Impulsando innovaciones de cambio

Para desarrollar un modelo agrícola del tipo A-BI/E basado en la biodiversidad y en el uso de los servicios ecosistémicos, hay que examinar y resolver una serie de cuestiones clave: 1) los caracteres más adecuados de las variedades; 2) la relevancia de la adaptación local; 3) la estructura genética de las varie-

dades, y 4) la construcción de sinergias entre la producción alimentaria y la conservación de la biodiversidad.

### Caracteres de las variedades para la adaptación a A-BI/E

La A-BI/E requiere características específicas que faciliten la adaptación de las variedades a las condiciones locales, ya que no se utilizan agroquímicos. Los rasgos importantes a considerar están relacionados con la adaptación de las plantas para sobrevivir a los estreses bióticos y abióticos, e incluyen la capacidad competitiva, la resistencia a las enfermedades y la capacidad de adquisición de nutrientes y eficiencia en su uso. Los caracteres de importancia son a menudo complejos porque tienen que utilizar los recursos locales (por ejemplo, la posibilidad de asociarse con especies beneficiosas, como los insectos polinizadores).

Así, la cuestión de los caracteres específicos de las variedades para una A-BI/E incluye recuperar y mejorar caracteres que pueden haberse perdido en los procesos de mejora en los sistemas agrícolas convencionales (AI). En los sistemas A-BI/E, para hacer frente a altos niveles de variación ambiental y al manejo, es importante tener una visión más holística y centrarse en las combinaciones de muchos rasgos (es decir, el ideotipo de la planta o del cultivo) y no tanto en los rasgos individuales. El "ideotipo" es el resultado de la expresión de muchos genes diferentes que interactúan con el medio ambiente y el manejo del cultivo.

Los modelos convencionales (AI) se centran más en el uso de caracteres altamente específicos, mientras que los de la A-BI/E prestan mayor interés a la salud de la planta en su conjunto, expresada por el vigor de la misma y controlada por múltiples genes o poligenes. La AI está primordialmente interesada en genes y alelos, y no en genotipos y poblaciones.

### Relevancia de la adaptación local

Las variedades de alto rendimiento, seleccionadas por su eficacia en el uso de un elevado aporte de insumos, pueden sufrir en los sistemas de A-BI/E un suministro insuficiente



ciente de nutrientes, lo que provoca una reducción considerable del rendimiento. La adaptación local es mucho más importante en la agricultura A-BI/E, ya que los recursos renovables que se utilizan pueden variar de una región a otra. Es preciso desarrollar variedades que funcionen bien en entornos muy distintos, abordando la interacción de la variedad con el ambiente (VxA).

Se conoce como interacción VxA al fenómeno por el cual las variedades exhiben diferentes respuestas en diferentes ambientes, ya que la superioridad de una variedad no es constante en todos los ambientes. Las interacciones VxA deben considerarse en las estrategias de creación de las variedades y explotar tales interacciones de forma ventajosa seleccionando para adaptaciones específicas.

Comparando los modelos A-BI/E frente a los convencionales (AI), cabe señalar que la parte correspondiente al medio ambiente en la interacción VxA es mucho más compleja y deberá tener en cuenta a otros actores. Por lo pronto, se requiere una mayor participación del agricultor y de los usuarios finales en el desarrollo de las variedades. El ambiente hace referencia en este caso a una localidad real, habitada por personas reales, que desarrollan la agricultura en un contexto agroclimático, económico y social determinado. Por lo tanto, es importante integrar los aspectos sociales “S” en la fórmula VxA, que en el paradigma A-BI/E se convertiría en VxAxS para incluir explícitamente el componente socioantropológico en las interacciones.

### Estructura genética de las variedades

Algunos especialistas han explorado el impacto de la heterocigosidad y los niveles de heterogeneidad en la capacidad competitiva frente a las malas hierbas y el estrés abiótico (resistencia a las bajas temperaturas y a la sequía) de distintas variedades de habas. Según los resultados de diversos estudios, resulta que la pérdida de rendimiento debido a la competencia con malas hierbas y los estreses abióticos depende principalmente del nivel de heterocigosidad de las variedades. Asimismo, mostraron que las mezclas de híbridos fue el tipo de variedad más competitivo, mientras que las líneas “puras” fue-



Abejas visitando flor de habas.

ron el grupo de variedad que registró una mayor pérdida promedio de rendimiento (un 35%). La capacidad competitiva de las variedades frente a las malas hierbas está determinada principalmente por su nivel de heterocigosidad y heterogeneidad. Sin embargo, el uso de altos insumos en la agricultura convencional resultó efectivo en un número reducido de variedades homogéneas. De ahí que para los sistemas A-BI/E el agricultor tiene que disponer de poblaciones con estructuras genéticas distintas de las actuales.

La estructura genética de una variedad influye en su potencial para expresar la resiliencia individual y poblacional. La diversidad, basada en la heterogeneidad y en la heterocigosidad de los genotipos, contribuye, sin duda, a rendimientos más altos y más estables. Hay que desarrollar nuevas poblaciones genéticamente heterogéneas, localmente adaptadas y con un nivel aceptable de “performance” (rendimientos). Se requiere una variación genética intravarietal para los rasgos adaptativos. Los tipos de variedades genéticamente heterogéneas que pueden favorecer la capacidad de resiliencia abarcan mezclas varietales, variedades multilínea, poblaciones de polinización abierta, poblaciones mixtas bajo manejo dinámico y variedades sintéticas, así como híbridos de tres vías.

Estos materiales genéticos aprovechan

las interacciones favorables entre los genotipos variados de distintas plantas, proporcionando niveles altos y fiables de producción a través de la complementación y compensación. En los sistemas A-BI/E, la protección contra el estrés biótico y abiótico (que varían de un año a otro y de una localidad a otra) debe depender de la respuesta diversa de los diferentes genotipos en un momento determinado y, en consecuencia, de la capacidad del cultivo, en su conjunto, para cambiar su composición a lo largo del tiempo y del espacio.

Esta capacidad cambiante es importante porque los sistemas A-BI/E tienen, a menudo, características muy específicas en términos de fertilidad del suelo, tipo de estrés biótico y abiótico, y técnicas agronómicas y de protección aplicadas por los agricultores (también en relación con sus propias habilidades y preferencias). Asimismo, este tipo de biodiversidad es también importante porque vivimos en un período de cambios climáticos rápidos e impredecibles. Además, en el desarrollo de estas variedades debe favorecerse la polinización cruzada porque produce genotipos variables y crea nuevas combinaciones alélicas en cada generación. Se precisa el desarrollo de una tecnología que impulse procesos que aumenten el nivel de polinización cruzada. Esta tecnología tiene, además, que ser respetuosa con el medio ambiente y hacer uso de los recursos lo-

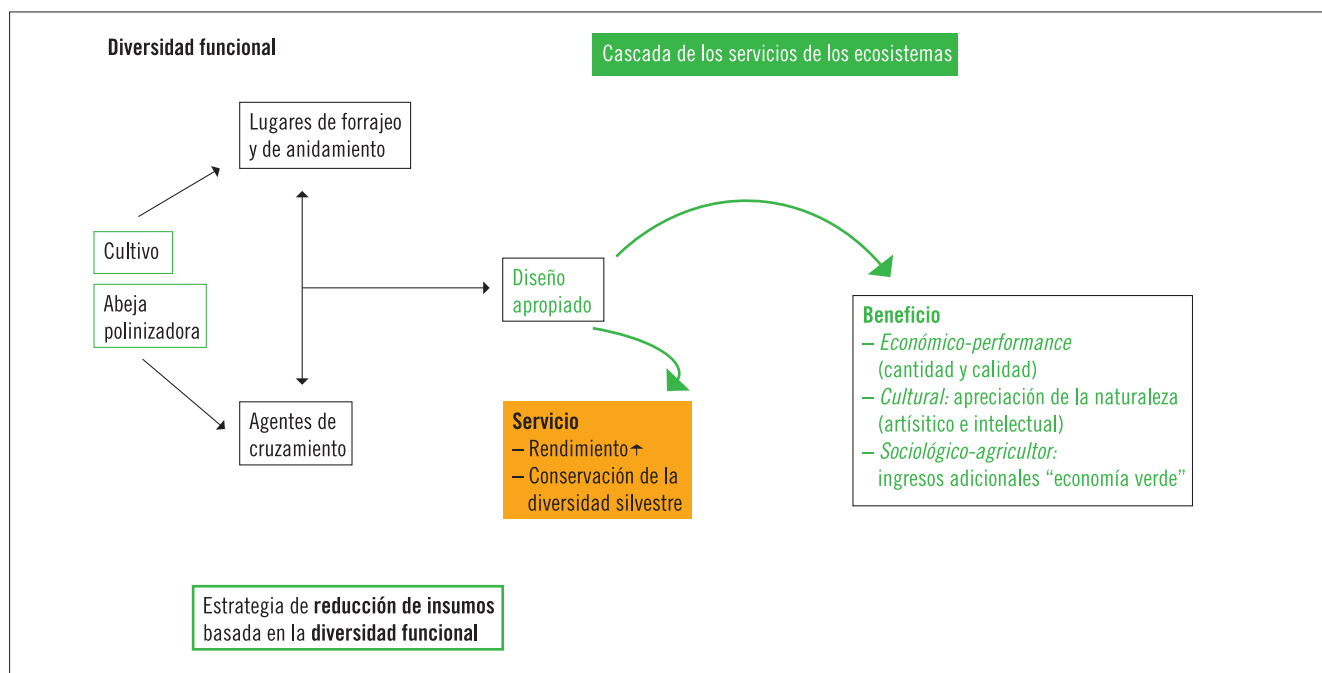


Figura 1. Sinergias entre la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad.

cales. Por ejemplo, en el caso de plantas entomógamas, los polinizadores, como agentes de polinización cruzada, deben ser considerados como un componente clave.

Este tipo de poblaciones genéticamente heterogéneas, sintetizadas mediante la mezcla o cruzamiento entre un número de variedades de distintos orígenes, se multiplican *in situ* a lo largo de varias generaciones y se propagan en la finca del agricultor en condiciones adecuadas. Los materiales genéticos, que pueden evolucionar a lo largo del tiempo y entre localidades, son materiales mucho más adecuados que los híbridos y las “líneas puras” y se deben realizar mayores esfuerzos que los que se realizan en la actualidad para desarrollarlos y difundirlos.

Los agricultores que estén satisfechos con las nuevas variedades multiplicarán y distribuirán sus semillas entre sus redes sociales. La creación de capacidad y capacitación en multiplicación, procesamiento, análisis y almacenamiento de semillas, así como en la gestión de la puesta en marcha de empresas de semillas, permitirá a los agricultores desarrollar una cadena de suministro de variedades locales e independizarse de las grandes empresas transnacionales de insumos, y de los productores de semillas selectas a

escala mundial, y podrán hacer frente a los precios volátiles.

El diálogo político y la intervención pública en la investigación agrícola son necesarios para impulsar y respaldar estas iniciativas de variedades creadas por los propios agricultores. La multiplicación de estas variedades heterogéneas mejorará la biodiversidad, aumentará la resiliencia frente a las crisis ambientales, económicas y alimentarias a largo plazo, y contribuirá a la seguridad y la soberanía alimentarias.

### Construcción de sinergias

Con el fin de reducir la dependencia de insumos externos, se está ensayando la eficacia de una mayor biodiversidad funcional en los sistemas de cultivo. La diversidad funcional es, en este caso, la diversidad que se utiliza para mejorar el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, diversos expertos identificaron oportunidades substanciales para el aumento de la productividad si se adopta un manejo amigable con los polinizadores.

Resultados obtenidos en una plantación comercial de soja (*Glycine max*) perteneciente a la agroindustria mostraron que el uso de las abejas (*Apis mellifera*) y de los po-

linizadores silvestres para complementar la polinización, aumenta la productividad de la soja. La producción industrial actual de la soja implica la autopolinización y el uso de grandes cantidades de pesticidas, lo que implica que los productores descuiden la polinización biótica. Estudios que compararon el rendimiento de soja mostraron un aumento del 18,09% del rendimiento en las zonas donde los polinizadores visitaban las flores. En comparación con las prácticas actuales de la agricultura convencional (AI), que se basan en un uso intensivo de pesticidas en el manejo del cultivo, es un hecho que el uso de polinizadores bióticos puede ser una práctica idónea para aumentar los rendimientos en el cultivo.

Con frecuencia, en las últimas décadas, la producción de alimentos se ha visto como el principal servicio suministrado por los agroecosistemas, y el concepto de agricultura se ha asociado con áreas de “sacrificio” ecológico. Pero esto no es ya válido porque los agroecosistemas proporcionan un hábitat esencial para muchas especies beneficiosas. Los sistemas agrícolas A-BI/E albergan un mayor número de organismos beneficiosos, tales como abejas y abejorros polinizadores, que los albergados en los sistemas convencionales (AI). Por este motivo, la selección de caracteres re-

lacionados con la capacidad de interactuar con estos organismos beneficiosos es importante en la agricultura de A-BI/E.

Es necesario establecer sinergias entre la producción de alimentos y la conservación de la biodiversidad de especies (fauna y flora silvestres) para crear modelos de producción en los que ambos aspectos resulten favorecidos (una situación conocida como ganador-ganador o *win-win*). Este tema se aborda en la Plataforma Intergubernamental sobre la Biodiversidad y los Servicios de los Ecosistemas (IPBES) (<http://www.ipbes.net/>). Esta plataforma tiene el propósito de coordinar y reforzar la política científica sobre la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica.

El enfoque utilizado en el tema que nos ocupa pretende, por tanto, optimizar la producción de los cultivos, a la vez que se refuerzan otros servicios ecosistémicos. En este caso, además de la polinización de cultivos destaca el control de plagas mediante enemigos naturales, y la fertilidad del suelo. Son servicios que no han sido considerados habitualmente como insumos agrícolas porque, a menudo, se asume erróneamente que son proporcionados “gratis” por los paisajes agrícolas. Sin embargo, la intensificación agrícola y la fragmentación de los hábitats naturales han dado lugar a la degradación de estos servicios, lo que resulta en amenazas que recortan la producción.

Una de las secciones de la citada plataforma IPBES está precisamente dedicada a la evaluación de la polinización asociada a la producción de alimentos. Se ha documentado que la densidad de abejas polinizadoras está determinada no solo por la proporción de hábitats seminaturales, sino también por la presencia en los paisajes agrarios

de cultivos en floración que ofrecen recompensas. Teniendo en cuenta el gran número de abejas que visitan estos cultivos entomógamos, su presencia es esencial para el mantenimiento de la fauna nativa.

En la figura 1 se presenta una estrategia para la reducción de insumos basada en la diversidad funcional. Se describen las sinergias entre la producción de alimentos y la restauración de la biodiversidad, alcanzadas a través de una cascada de servicios ecosistémicos, que incluyen el manejo sostenible de los polinizadores. Por ejemplo, los rasgos de las flores de los cultivos relacionados con los polinizadores son fundamentales para aumentar la abundancia de polinizadores y su actividad. A su vez, las abejas y abejorros silvestres utilizados como agentes de polinización cruzada son esenciales para la heterogeneidad y el vigor híbrido necesarios para aumentar el rendimiento y la resiliencia.

La metodología propuesta para facilitar las sinergias entre la resiliencia y la sostenibilidad y la restauración de la biodiversidad es el “Sistema del Diseño del Cultivo”. A través de la misma, se desarrollan variedades con vigor híbrido y heterogeneidad, que son resultado de rasgos florales apropiados para apoyar a las poblaciones de polinizadores que se utilizan como agentes de cruza-mientos. Los fenotipos florales son, por tanto, el resultado de la selección, con el doble objetivo de lograr un nivel alto de polinización cruzada y de preservar la diversidad de polinizadores.

La implementación de este enfoque no solo fomentará la heterogeneidad y el vigor híbrido del cultivo contribuyendo a un mayor rendimiento, sino que, al tener en cuenta las necesidades de las abejas polinizadoras, ayudará a restaurar la biodiversidad respaldando además otros servicios no ali-

mentarios, como, por ejemplo, los servicios culturales y de apreciación (artística, intelectual, espiritual o recreativa) de la naturaleza. Brindará también nuevas oportunidades, como, por ejemplo, una acreditación de comportamiento amigable con las abejas por parte de los agricultores, lo que les permitiría obtener ingresos adicionales por su contribución al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En esta estrategia, la producción de semillas y los polinizadores se benefician mutuamente, por lo que puede considerarse una situación *win-win* (ganador-ganador) para el agricultor, el polinizador y el cultivo. Estas sinergias son las que las prácticas de la agricultura convencional (AI) han eliminado.

## Reflexiones finales

Por tanto, un mensaje importante es que la biodiversidad y los servicios que proporcionan los ecosistemas son los instrumentos adecuados para contrarrestar los efectos negativos (genéticos, ambientales, sociales y de salud) que se observan en los modelos convencionales. Hay que documentarlos y exigir su salvaguarda porque de ellos depende nuestra seguridad alimentaria y la salud nutricional. ¡Nuestra vida y la de las siguientes generaciones! No solo hay que conservar de forma estática el material genético, sino también los procesos responsables de su generación, diversidad y mantenimiento.

## Agradecimientos

La autora agradece a Antonio Gómez Sal sus reflexiones y comentarios constructivos a la primera versión de este manuscrito. ■

### ▼ Referencias bibliográficas

- BEBELI, P.J.; E. LAZARIDI; T. CHATZIGEORGIOU; M.J. SUSO y col. (2020). “State and Progress of Andean Lupin Cultivation in Europe: A review”, *Agronomy*, 10, 1038. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071038>
- COLE, L.J.; D. KLEIJN; L.V. DICKS; C. STOUT y col. (2020). “A critical analysis of the potential for EU Common Agricultural Policy measures to support wild pollinators on farmland”, *Journal of Applied Ecology*, 57: 681-694. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13572>
- PALMER, R.G.; PT. PÉREZ; E. ORTIZ-PÉREZ; F. MAALOUF y M.J. SUSO (2009). “The role of crop-pollinator relationships in breeding for pollinator-friendly legumes: from a breeding perspective”, *Euphytica*, 170, 35-52. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-9953-0>
- SUSO, M.J.; P.J. BEBELI; S. CHRISTMANN; C. MATEUS; V. NEGRI; M.A.A. PINHEIRO DE CARVALHO; R. TORRICELLI, y M.M. VELOSO (2016). “Enhancing Legume Ecosystem Services through an Understanding of Plant-Pollinator Interplay”, *Frontiers in Plant Science*, 7, 333. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00333>