

The background features a vintage-style map with a circular grid, overlaid on a light green and yellow textured background. The map includes labels for continents like 'AMERICA' and 'AFRICA', and oceans like 'OCEANUS'. Botanical illustrations of various leaves and plants are scattered around the map. In the top right corner, there are several small black silhouettes of birds in flight.

Capítulo 3

## La salud del suelo

*La agricultura debe, literalmente, volver a sus raíces redescubriendo la importancia de los suelos sanos, aprovechando las fuentes naturales de nutrientes para las plantas y empleando los fertilizantes minerales de manera racional.*



**E**l suelo es fundamental para la producción agrícola. Sin suelo no se podría producir alimentos a gran escala ni alimentar al ganado. Debido a que es finito y frágil, el suelo es un recurso muy valioso que necesita cuidados especiales por parte de sus usuarios. Muchos de los sistemas de gestión del suelo y los cultivos actuales son insostenibles. En un extremo del espectro se encuentra la Unión Europea, donde el uso excesivo de fertilizantes ha dado lugar al depósito de nitrógeno (N), lo que constituye una amenaza para la sostenibilidad de, aproximadamente, el 70% de la naturaleza<sup>1</sup>. En el extremo opuesto del espectro se encuentra la mayor parte del África subsahariana, donde el uso insuficiente de fertilizantes hace que los nutrientes del suelo exportados con los cultivos no se repongan, lo que ocasiona la degradación del suelo y la reducción del rendimiento.

Cabe preguntarse cómo se ha llegado hasta la situación actual. La principal causa fue cuadruplicación de la población mundial durante los últimos 100 años, lo que requirió un cambio fundamental de la gestión del suelo y los cultivos para producir más alimentos. Ello se consiguió, parcialmente, gracias al desarrollo y al uso masivo de fertilizantes minerales y, especialmente, nitrógeno, dado que la disponibilidad de N es el principal determinante del rendimiento en todos los cultivos más importantes<sup>2-5</sup>.

Antes del descubrimiento de los fertilizantes minerales nitrogenados hacían falta siglos para acumular reservas de nitrógeno en el suelo<sup>6</sup>. A diferencia de ello, la explosión de la producción alimentaria en Asia durante la Revolución Verde se debió, principalmente, a la utilización intensiva de fertilizantes minerales junto con el germoplasma mejorado y el riego. La producción mundial de fertilizantes minerales aumentó casi un 350% entre 1961 y 2002, de 33 millones de toneladas a 146 millones de toneladas<sup>7</sup>. Los fertilizantes minerales son los responsables de, aproximadamente, un 40% del incremento de la producción de alimentos registrado durante los últimos 40 años<sup>8</sup>.

**La contribución de los fertilizantes a la producción de alimentos** también ha conllevado costos importantes para el medio ambiente. Hoy en día Asia y Europa presentan los mayores índices de uso de fertilizante mineral por hectárea. También se enfrentan a los mayores problemas de contaminación ambiental resultante del empleo excesivo de fertilizante, como la acidificación del suelo y el agua, la contaminación de los recursos hídricos de superficie y subterráneos y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero potentes. En China la eficiencia actual del consumo de N es solamente del 26-28% en el caso del arroz, el trigo y el maíz y menor al 20% en el caso de las hortalizas<sup>9</sup>. El resto se libera directamente al medio ambiente.

Las repercusiones de los fertilizantes minerales en el medio ambiente dependen de la gestión, concretamente de cuestiones como la cantidad de fertilizante empleada en comparación con la cantidad exportada con los cultivos o el método y el calendario de aplicación. En otras palabras, es la *eficiencia* del uso de fertilizante, especialmente de N y fósforo (P),

la que determina si este aspecto de la gestión del suelo es de gran ayuda para los cultivos o si, por el contrario, es un factor negativo para el medio ambiente.

El reto, por lo tanto, reside en abandonar las prácticas insostenibles actuales en favor de la gestión de la tierra que pueda constituir unos cimientos sólidos para la intensificación sostenible de la producción agrícola. En muchos países se necesitan cambios mucho mayores en la gestión del suelo. Los nuevos enfoques fomentados en la presente publicación toman como base el trabajo realizado por la FAO<sup>10-12</sup> y muchas otras instituciones<sup>13-20</sup> y se centran en la gestión de la salud del suelo.

## La gestión de la salud del suelo

La salud del suelo se ha definido como: “la capacidad del suelo de funcionar como un sistema vivo. Los suelos sanos mantienen una diversa comunidad de organismos del suelo que ayudan a controlar las enfermedades de las plantas, los insectos y las malas hierbas, forman asociaciones simbióticas beneficiosas con las raíces de las plantas, reciclan los nutrientes vegetales esenciales, mejoran la estructura del suelo con efectos positivos para la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo y, en última instancia, mejoran la producción agrícola”<sup>21</sup>. A tal definición puede añadirse una perspectiva ecosistémica: un suelo sano no contamina su entorno, sino que contribuye a mitigar el cambio climático conservando o incrementando su contenido de carbono.

El suelo contiene una de las poblaciones de organismos vivos más diversas de la Tierra, vinculados estrechamente mediante una compleja red alimentaria. El suelo puede estar enfermo o sano en función de cómo se gestione. Dos características fundamentales de un suelo sano son la rica diversidad de su biota y el elevado contenido de materia orgánica no viva en el suelo. Si la materia orgánica aumenta o se mantiene en una cantidad satisfactoria para el crecimiento productivo de los cultivos, es razonable suponer que el suelo está sano. El suelo sano es resistente a los brotes de plagas transmitidas por el suelo. La mala hierba parasítica *Striga*, por ejemplo, constituye un problema mucho menos grave en los suelos sanos<sup>22</sup>. Además, los daños causados por plagas que no se transmiten por el suelo, como el barrenador del tallo del maíz, son menores en suelos fértiles<sup>23</sup>.

La diversidad de la biota del suelo es mayor en los trópicos que en suelos de climas templados<sup>24</sup>. Dado que el índice de intensificación agrícola en el futuro será, en líneas generales, mayor en los trópicos, los agroecosistemas de estas zonas se encuentran especialmente amenazados por la degradación del suelo. Toda pérdida de la biodiversidad y, en última instancia, del funcionamiento del ecosistema afectará más a los agricultores de subsistencia de los trópicos que a los de otras regiones porque dependen en mayor medida de estos procesos y sus servicios.

Las interacciones funcionales de la biota del suelo con componentes orgánicos e inorgánicos, el aire y el agua determinan la capacidad del suelo de almacenar y liberar nutrientes y agua a las plantas, así como de promover y sustentar su crecimiento. Las grandes reservas de nutrientes almacenados no son, por sí mismas, garantía de la elevada fertilidad del suelo o de una gran producción agrícola. Dado que las plantas absorben la mayoría de sus nutrientes en una forma soluble en agua, la transformación y el ciclo de los nutrientes —mediante procesos que pueden ser biológicos, químicos o físicos— son cruciales. Los nutrientes deben ser transportados a las raíces de las plantas a través de agua fluida. Por consiguiente, la estructura del suelo es otro componente clave de un suelo sano porque determina su capacidad de retención de agua y la profundidad de enraizamiento. La profundidad de enraizamiento podría verse limitada por obstáculos físicos, como una capa freática próxima a la superficie, un lecho de roca u otras capas impenetrables, o por problemas químicos como la acidez del suelo, la salinidad, la sodicidad o las sustancias tóxicas presentes en él.

**La escasez de cualquiera de los 15 nutrientes** necesarios para el crecimiento de las plantas puede limitar el rendimiento del cultivo. Para conseguir la mayor productividad necesaria para satisfacer la demanda de alimentos actual y futura es urgente garantizar la disponibilidad de dichos nutrientes en el suelo y aplicar una cantidad equilibrada de los mismos de fuentes orgánicas y fertilizantes minerales, si es necesario. La provisión oportuna de micronutrientes en fertilizantes enriquecidos es una fuente potencial de nutrición mejorada de los cultivos en los casos en que existen deficiencias.

El nitrógeno también se puede añadir al suelo mediante la integración de leguminosas y árboles fijadores de N en los sistemas agrícolas (véase, asimismo, el Capítulo 2, *Sistemas de explotación agrícola*). Dado que tienen raíces profundas, los árboles y algunas leguminosas que mejoran el suelo tienen la capacidad de bombear hacia la superficie nutrientes del subsuelo que, de otro modo, nunca llegarían a los cultivos. La nutrición de los cultivos puede mejorarse con otras asociaciones biológicas: por ejemplo, entre las raíces de los cultivos y las micorrizas del suelo, que ayudan a la yuca a captar fósforo en los suelos agotados. En los casos en que estos procesos ecosistémicos no consiguen suministrar nutrientes suficientes para conseguir un rendimiento elevado, la producción intensiva dependerá de la aplicación racional y eficiente de fertilizantes minerales.

La combinación de procesos ecosistémicos y el uso racional de fertilizantes minerales conforma la base de un sistema de gestión sostenible de la salud del suelo capaz de producir un rendimiento más alto empleando menos insumos externos.

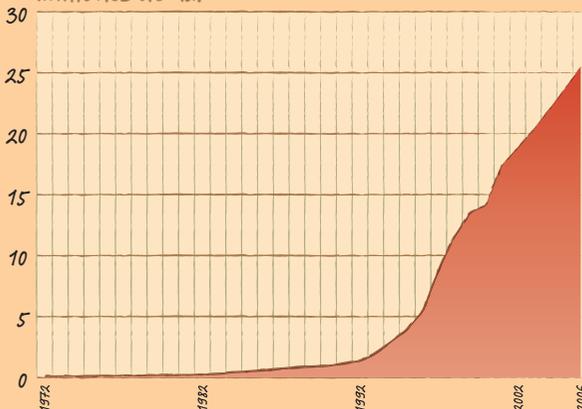
## Tecnologías que permiten ahorrar y crecer

No es probable que una única técnica pueda solucionar las limitaciones concretas relativas a la salud y la fertilidad del suelo existentes en diferentes lugares. No obstante, los principios básicos de la buena gestión de la salud del suelo, descritos más arriba, se han aplicado fructíferamente en una gran variedad de agroecologías y en condiciones socioeconómicas diversas.

Tomando como base los principios de gestión de la salud del suelo, las investigaciones realizadas en diferentes regiones del mundo han determinado algunas de las técnicas que producen mejores resultados. Los siguientes ejemplos describen sistemas de gestión agrícola que presentan un elevado potencial para la intensificación y la producción sostenible. Abordan problemas concretos relativos a la fertilidad del suelo en diferentes zonas agroecológicas y han sido ampliamente adoptados por los agricultores. Podrían servir como modelo para que los socios nacionales elaborasen políticas que animasen a los agricultores a adoptar estas técnicas como parte de la intensificación sostenible.

de Moraes Sá, J.C. 2010. No-till cropping system in Brazil: Its perspectives and new technologies to improve and develop. Presentación preparada para la Conferencia Internacional de Ingeniería Rural, 6-8 septiembre 2010, Clermont-Ferrand, Francia (<http://www.ageng2010.com/files/file-inline/J-C-M-SA.pdf>).

Expansión de la superficie bajo labranza cero en Brasil (millones de ha)



### ► Aumento de la materia orgánica del suelo en América Latina

Los oxisoles y los utisoles son los tipos de suelos dominantes en las regiones de sabana tropical del Cerrado y de pluviselvas de la Amazonia en el Brasil, y también son muy frecuentes en la zona de bosque húmedo de África. Estos suelos se encuentran entre los más antiguos del planeta y son pobres en nutrientes y muy ácidos debido a su reducida capacidad de almacenar nutrientes —y cationes en particular— en sus capas de superficie y subsuelo. Además, al estar ubicados en regiones con copiosas precipitaciones, estos suelos son propensos a la erosión si la superficie no está protegida por cubierta vegetal.

Al convertir la tierra de la vegetación natural al uso agrícola es necesario hacer un esfuerzo especial por reducir al mínimo la pérdida de materia orgánica del suelo. Los sistemas de gestión de estos suelos se han diseñado para conservar e incluso aumentar la materia orgánica proporcionando una cubierta permanente del suelo, mediante el empleo de materia orgánica rica en carbono, y garantizando el cultivo con labranza mínima o sin labranza en la superficie. Estas prácticas constituyen un componente fundamental del enfoque de la ISPA.

Tales sistemas están siendo adoptados rápidamente por los agricultores en muchas zonas de América Latina y, especialmente, en las zonas húmedas y subhúmedas, porque controlan la erosión del suelo y generan ahorros al reducir la mano de obra necesaria. Su adopción ha venido facilitada por la estrecha colaboración entre los servicios de investigación y extensión gubernamentales, las asociaciones de agricultores y las empresas privadas que producen productos agroquímicos, semillas y maquinaria. El cultivo sin labranza se ha difundido rápidamente y en la actualidad cubre 26 millones de hectáreas en oxisoles y utisoles en el Brasil.

### ► Fijación biológica del nitrógeno para enriquecer los suelos pobres en N de las sabanas africanas

La producción agrícola de las regiones de sabana del África occidental, oriental y austral se ve gravemente limitada por la deficiencia de N y P en los suelos<sup>17, 25</sup>, así como por la falta de micronutrientes como zinc y molibdeno. El empleo de cultivos leguminosos y árboles capaces de fijar nitrógeno atmosférico en combinación con la aplicación de fertilizantes minerales fosfatados ha producido resultados muy prometedores en las evaluaciones en las explotaciones agrícolas realizadas por el Instituto de Biología y Fertilidad de los Suelos Tropicales, el Centro Mundial de Agrosilvicultura y el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA).

La combinación de la aplicación de fertilizantes minerales y una leguminosa de grano de doble propósito como la soja, intercalada o rotada con el maíz, aumentó el rendimiento del maíz en Kenia del 140% al 300%<sup>17</sup> y resultó en un balance de N positivo en el sistema agrícola. Las leguminosas de grano de doble propósito producen una gran cantidad de biomasa con sus hojas secas y sus raíces, además de un rendimiento de grano aceptable. Diversas comunidades agrícolas del África oriental y austral han adoptado este sistema<sup>26</sup>, que presenta la ventaja adicional de ayudar a los agricultores a combatir la mala hierba *Striga*, ya que algunos cultivares de soja actúan como "cultivos trampa", lo que obliga a las semillas de *Striga* a germinar cuando sus huéspedes usuales, el maíz o el sorgo, no están presentes<sup>10, 27</sup>.

En el África oriental y austral los sistemas de cultivo de maíz con deficiencia de N han incrementado su productividad gracias al barbecho mejorado con árboles y arbustos leguminosos. En una hectárea de plantación, especies como *Sesbania sesban*, *Tephrosia vogelii* y *Crotalaria ochroleuca* acumulan en sus hojas y raíces cerca de 100 a 200 kg de

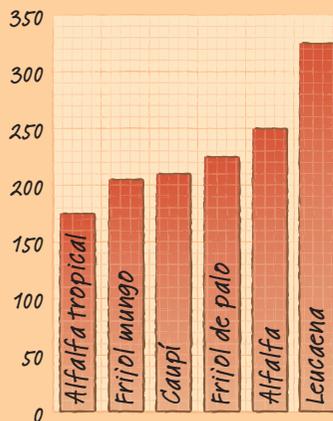
nitrógeno —dos tercios procedentes de la fijación de nitrógeno— a lo largo de un período comprendido entre seis meses y dos años. Junto con las aplicaciones posteriores de fertilizante mineral, este barbecho mejorado proporciona suficiente N para tres cultivos de maíz posteriores como máximo, lo que resulta en un rendimiento cuatro veces mayor que el obtenido en sistemas sin barbecho.

Las investigaciones al respecto indican que un sistema agroforestal completo con rotaciones de barbecho y árboles de valor elevado puede triplicar las reservas de carbono de una explotación agrícola en 20 años<sup>28</sup>. El sistema ha tenido tanto éxito que decenas de miles de agricultores de Kenia, Malawi, Mozambique, la República Unida de Tanzania, Uganda, Zambia y Zimbabwe están adaptando las técnicas que lo componen a sus condiciones locales.



*Sesbania sesban*

Cantidades medias de nitrógeno que fijan diversas legumbres (kg N/hal año)



FAO. 1984. Legume inoculants and their use. Roma.



Faidherbia albida

► **El cultivo de perennifolios en el Sahel (África)**

La acacia albida (*Faidherbia albida*) es un componente natural de los sistemas agrícolas del Sahel. Es muy compatible con los cultivos alimentarios porque no compite con ellos por luz, nutrientes o agua. De hecho, este árbol pierde sus

hojas, ricas en nitrógeno, durante la temporada húmeda, lo que proporciona una cubierta vegetal protectora que también sirve como fertilizante natural para los cultivos. La Unidad de Agricultura de Conservación de Zambia ha comunicado un rendimiento del maíz sin fertilizantes de 4,1 t/ha en la vecindad de acacias albidas, en comparación con el rendimiento de 1,3 t del maíz cultivado cerca de estos árboles, pero fuera de la cubierta de copas<sup>29</sup>. En la actualidad más de 160 000 agricultores de Zambia producen cultivos alimentarios en 300 000 ha con acacias albidas. De igual modo, se han observado resultados

prometedores en Malawi, donde el rendimiento del maíz cultivado en la vecindad de acacias albidas es casi el triple que el rendimiento del maíz cultivado en zonas alejadas. En el Níger existen más de 4,8 millones de ha cultivadas mediante actividades agroforestales con acacia albida, lo que ha mejorado la producción de mijo y sorgo.

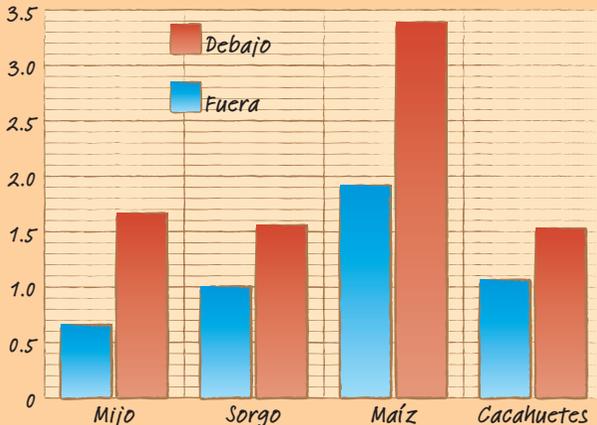
Miles de pequeñas explotaciones de secano de Burkina Faso también están cambiando a estos sistemas agrícolas con perennifolios.

► **La aplicación de urea en profundidad en el cultivo de arroz en Bangladesh**

En toda Asia los agricultores aplican fertilizante nitrogenado al arroz antes de trasplantarlo mediante la difusión de una aplicación basal de urea al suelo húmedo, o al agua estacionaria, y la posterior difusión de una o más aplicaciones de cobertura de urea en las semanas posteriores al trasplante y previas a la fase de floración. Tales prácticas son agrónomicas y económicamente ineficientes y dañinas para el medio ambiente. Las plantas de arroz emplean solamente una tercera parte del fertilizante aplicado<sup>30</sup>, mientras que la mayor parte del fertilizante restante se pierde al ser transmitido al aire mediante la volatilización y al agua superficial de escorrentía. Tan solo permanece en el suelo una pequeña cantidad de fertilizante, disponible para los cultivos posteriores.

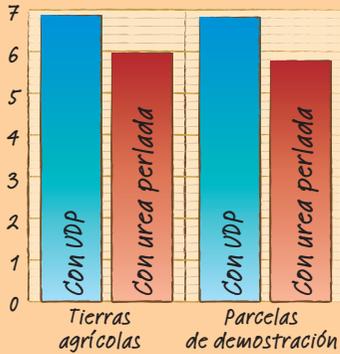
Una manera de reducir la pérdida de N es comprimir la urea perlada para formar supergránulos de urea (SGU), que se introducen a 7-10 cm de profundidad entre las plantas. Conocida comúnmente como aplicación de urea en profundidad, esta práctica duplica el porcentaje de N absorbido por las plantas<sup>31-35</sup>, reduce el N que se pierde al ser transmitido al aire y al agua superficial de escorrentía y ha producido incrementos medios del rendimiento del

Rendimientos de los cultivos bajo y fuera de la cubierta de copas de *Faidherbia albida* (t/ha)



FAO. 1999. Agroforestry parklands in sub-Saharan Africa, por J.-M. Boffa. Roma.

Rendimientos medios del arroz usando urea perlada y con urea aplicada en profundidad (UDP)\*, Bangladesh, 2010 (t/ha)



\* Datos de 301 parcelas agrícolas y 76 parcelas de demostración.

IFDC. 2010. Improved livelihood for Sidr-affected rice farmers (ILSAFARM). Quarterly report submitted to USAID Bangladesh, No. 388-A-00-09-00004-00. Muscle Shoals, EE.UU.

18% en los campos de los agricultores. El Centro internacional de promoción de los fertilizantes y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional están ayudando a los pequeños productores a ampliar la técnica de la aplicación de urea en profundidad en todo Bangladesh. El objetivo es que en cinco años el número de agricultores que emplean esta técnica haya alcanzado los dos millones<sup>36</sup>. La técnica se está difundiendo rápidamente en Bangladesh y está siendo investigada por otros 15 países, la mayoría de ellos del África subsahariana. Las máquinas empleadas para producir SGU en Bangladesh se fabrican localmente y cuestan entre 1 500 y 2 000 USD.

### ► Gestión de nutrientes en función de la ubicación en el cultivo intensivo de arroz

El Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI) y sus asociados nacionales han elaborado el sistema de gestión de nutrientes en función de la ubicación (GNFU) para la producción altamente intensiva de arroz. La GNFU es un sofisticado sistema de conocimientos

centrado en el monocultivo doble y triple de arroz. Los análisis realizados en 180 lugares de ocho zonas importantes de arroz de regadío de Asia permitieron llegar a la conclusión de que este sistema generó un incremento del 30-40% de la eficiencia del uso de N gracias, principalmente, a la mejora de la gestión del N. En todos los lugares y en cuatro cosechas sucesivas de arroz, la rentabilidad aumentó, en promedio, un 12%.

En varias provincias de China la GNFU redujo un tercio el empleo de fertilizante nitrogenado por parte de los agricultores, mientras que incrementó el rendimiento un 5%<sup>37</sup>. Una estrategia de gestión del N en función de la ubicación fue capaz de incrementar la eficiencia de la absorción cerca del 370% en la llanura de China septentrional<sup>9</sup>. Dado que la eficiencia media de recuperación de fertilizante nitrogenado de las plantas de sistemas intensivos de arroz solamente asciende al 30%, tales hitos son notables y contribuyen de manera importante a reducir los efectos ambientales negativos de la producción de arroz. La compleja tecnología de GNFU está siendo simplificada para facilitar su amplia adopción por los agricultores.



arroz

## El camino por recorrer

Las siguientes medidas son necesarias para mejorar las prácticas de gestión de la tierra actuales y proporcionar una base sólida para la adopción con éxito de la intensificación sostenible de la producción agrícola. La responsabilidad de la aplicación reside en los asociados nacionales, asistidos por la FAO y otros organismos internacionales.

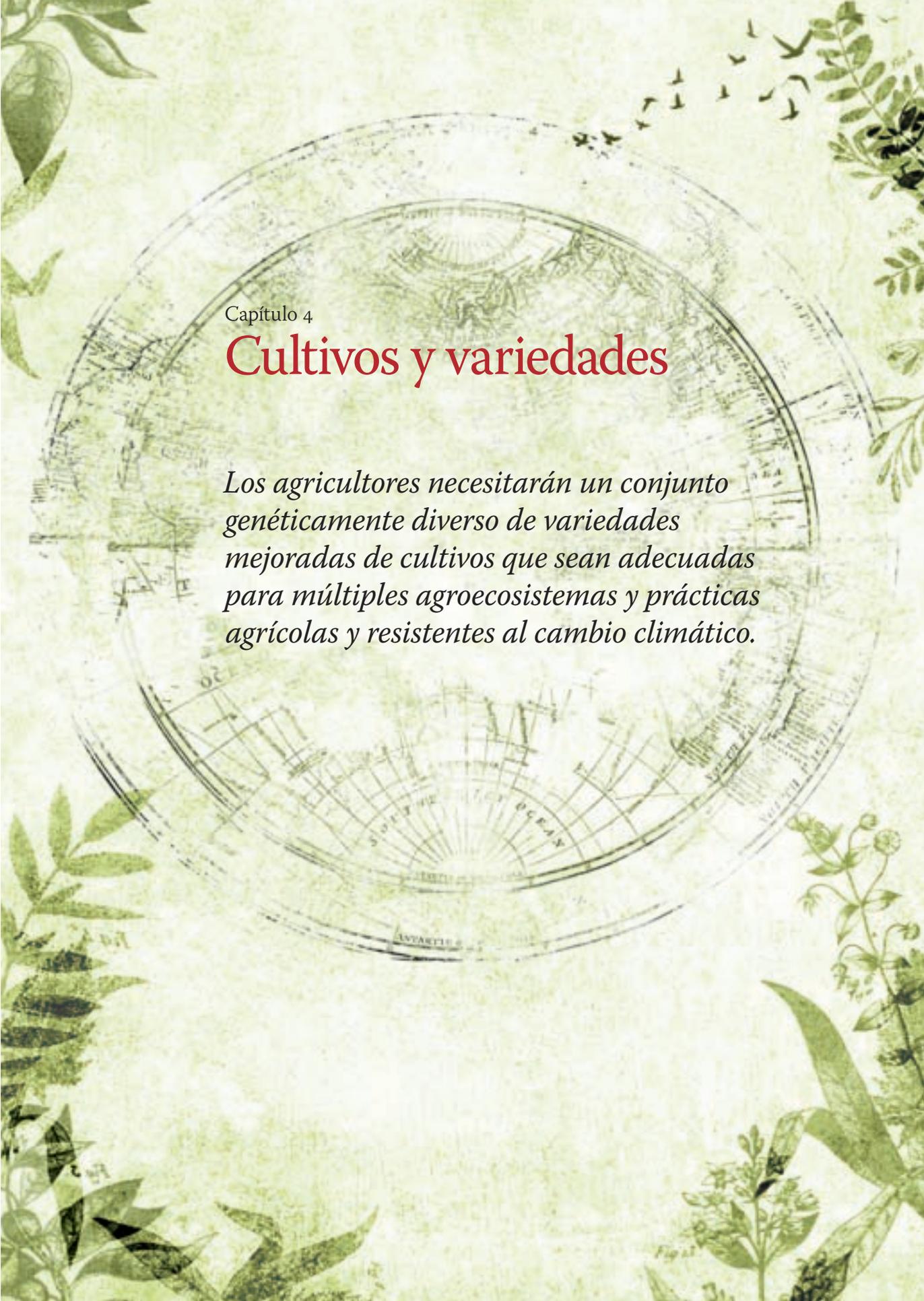
*Crear reglamentos nacionales para la gestión acertada de la tierra.* Un marco de políticas de apoyo debería tener como objetivo animar a los agricultores a adoptar sistemas agrícolas sostenibles basados en suelos sanos. Se necesita liderazgo para establecer y seguir de cerca las mejores prácticas con la participación activa de los pequeños agricultores y sus comunidades. Los gobiernos deben estar preparados para reglamentar las prácticas agrícolas que causan la degradación del suelo o que suponen graves amenazas para el medio ambiente.

*Seguir de cerca la salud del suelo.* Los responsables de las políticas y las instituciones nacionales encargadas de velar por el medio ambiente están demandando métodos y herramientas para verificar las repercusiones de las prácticas agrícolas. Si bien el seguimiento de la salud del suelo es una tarea muy complicada, ya se están tomando medidas para llevarlo a cabo en los planos mundial<sup>38</sup>, regional y nacional<sup>39</sup>. El seguimiento de las repercusiones de la producción agrícola ha avanzado notablemente en los países desarrollados pero en muchos países en desarrollo todavía está comenzando. La FAO y sus asociados han elaborado una lista de métodos y herramientas para realizar evaluaciones y el seguimiento de las tareas<sup>40</sup>. Deberían identificarse los principales indicadores de la calidad de la tierra que necesitan ser desarrollados de manera inmediata y a largo plazo<sup>41</sup>. Los indicadores prioritarios son el contenido de materia orgánica del suelo, el balance de nutrientes, la brecha del rendimiento, la intensidad y la diversidad del uso de la tierra y la cubierta vegetal. Los indicadores que todavía necesitan ser desarrollados son la calidad del suelo, la degradación de la tierra y la biodiversidad agrícola.

*Fomentar la capacidad.* La gestión de la salud del suelo requiere una gran cantidad de conocimientos y para su amplia adopción será necesario fomentar la capacidad mediante programas de formación para los trabajadores de extensión y los agricultores. También habrá que mejorar las habilidades de los investigadores en los planos tanto nacional como internacional, con vistas a proporcionarles los conocimientos necesarios para respaldar la gestión del suelo con arreglo a la ISPA. Los responsables de las políticas deberían explorar nuevos enfoques, como los grupos de apoyo para la cooperación sobre investigación adaptativa<sup>42</sup>, que proporcionen apoyo técnico y formación en el puesto de trabajo a las instituciones nacionales de investigación y traduzcan los resultados en unas directrices prácticas para los pequeños agricultores. Será necesario reforzar la capacidad nacional para realizar investigaciones en las explotaciones agrícolas y dirigirla a reducir la variabilidad espacial y temporal mediante, por ejemplo, el mejor uso de la modelización de ecosistemas.

*Difundir información y comunicar los beneficios.* Toda aplicación a gran escala de la gestión de la salud del suelo requiere la amplia disponibilidad de información de apoyo, especialmente mediante canales con los que los agricultores y los trabajadores de extensión estén familiarizados. Dada la elevada prioridad otorgada a la salud del suelo en la ISPA, los medios de comunicación empleados deben ser no solo los periódicos y los programas de radio nacionales, sino también las tecnologías de la información y la comunicación modernas como los teléfonos móviles e Internet, que pueden ser mucho más eficaces a la hora de hacer llegar la información a los agricultores jóvenes.





Capítulo 4

## Cultivos y variedades

*Los agricultores necesitarán un conjunto genéticamente diverso de variedades mejoradas de cultivos que sean adecuadas para múltiples agroecosistemas y prácticas agrícolas y resistentes al cambio climático.*



La intensificación sostenible de la producción agrícola requerirá cultivos y variedades mejor adaptados a las prácticas productivas basadas en el ecosistema que los disponibles en la actualidad, diseñados para la agricultura que requiere una gran cantidad de insumos. El uso selectivo de insumos externos supondrá que las plantas tendrán que ser más productivas, emplear los nutrientes y el agua de manera más eficiente, ser más resistentes a las plagas de insectos y las enfermedades y ser más tolerantes a la sequía, las inundaciones, la helada y las temperaturas más altas. Las variedades empleadas en la ISPA deberán adaptarse a las zonas y los sistemas productivos menos favorecidos y tendrán que producir alimentos con un valor nutricional más elevado y con propiedades organolépticas deseables y ayudar a mejorar la provisión de servicios ecosistémicos.

Estos nuevos cultivos y variedades serán empleados en sistemas productivos cada vez más diversos en los que la biodiversidad agrícola conexas —como el ganado, los polinizadores, los depredadores de plagas, los organismos del suelo y los árboles fijadores de nitrógeno— es también importante. Las variedades adecuadas para la ISPA tendrán que ser adaptadas a las prácticas productivas y los sistemas agrícolas, en constante evolución, (véase el Capítulo 2) y al manejo integrado de plagas (véase el Capítulo 6).

**La ISPA será llevada a cabo en combinación** con la adaptación al cambio climático, el cual, según las previsiones, ocasionará alteraciones en el calendario, la frecuencia y el volumen de las precipitaciones, lo que a su vez ocasionará sequías graves en algunas zonas e inundaciones en otras. Es probable que se registre un incremento de los episodios meteorológicos extremos junto con la erosión del suelo, la degradación de la tierra y la pérdida de biodiversidad. Muchas de las características necesarias para la adaptación al cambio climático son similares a las necesarias para la ISPA. El aumento de la diversidad genética mejorará la adaptabilidad, mientras que la mayor resistencia al estrés biótico y abiótico incrementará la resistencia general de los sistemas agrícolas.

La consecución de la ISPA implica obtener no solo un nuevo abanico de variedades, sino una cartera cada vez más diversa de variedades de un abanico ampliado de cultivos, muchos de los cuales reciben poca atención en la actualidad por parte de los fitomejoradores públicos o privados. Los agricultores deberán contar, asimismo, con los medios y la oportunidad de emplear estos materiales en sus diferentes sistemas productivos. Por ello la gestión de los recursos fitogenéticos, el desarrollo de cultivos y variedades y la distribución de semillas y material de plantación adecuados y de gran calidad a los agricultores son contribuciones fundamentales para la ISPA.

## Principios, conceptos y limitaciones

El sistema que proporcionará variedades adaptadas y de alto rendimiento a los agricultores consta de tres partes: *conservación y distribución de los recursos fitogenéticos, obtención de variedades y producción y distribución de semillas*. Cuando más fuertes sean los vínculos entre estas diferentes partes, mejor funcionará el sistema al completo. Para la obtención de variedades habrá que disponer de material conservado y mejorado y generar nuevas variedades a un ritmo que satisfaga las cambiantes demandas y necesidades. Es fundamental llevar a cabo la distribución oportuna a los agricultores de material adaptado adecuado, de la calidad y en la cantidad correctas y a un costo aceptable. Para su correcto funcionamiento el sistema necesita un marco institucional adecuado, así como políticas y prácticas que respalden las partes que lo componen y los vínculos entre ellas.

La conservación mejorada de los recursos fitogenéticos —*ex situ, in situ* y en las explotaciones agrícolas— y la distribución mejorada de germoplasma a los diferentes usuarios dependen de los esfuerzos coordinados realizados en los planos internacional, nacional y local<sup>1</sup>. En la actualidad los bancos de germoplasma de todo el mundo conservan unos 7,4 millones de muestras de material, complementadas por la conservación *in situ* de variedades tradicionales y variedades silvestres afines a las plantas cultivadas por parte de programas nacionales y agricultores, así como por el material conservado en los programas de fitomejoramiento públicos y privados<sup>2</sup>. Los programas nacionales de conservación bien consolidados, combinados con el incremento de la disponibilidad y la distribución de una mayor diversidad interespecífica e intraespecífica, serán fundamentales para poner en práctica con éxito la ISPA.

**La eficacia de los programas de mejoramiento de los cultivos** se ve influida por diversas cuestiones técnicas, institucionales y en materia de políticas. Para la preselección de las variedades se necesita un gran abanico de materiales diversos. La genética molecular y otras biotecnológicas son ampliamente empleadas en la actualidad en los programas de mejoramiento tanto nacionales como del sector privado, y pueden realizar una contribución esencial a los objetivos de mejoramiento de la ISPA<sup>3</sup>. La dimensión reglamentaria y relativa a las políticas debe incluir no solo la distribución de variedades, sino también disposiciones concernientes a la protección de la propiedad intelectual, leyes sobre semillas y el empleo de técnicas de restricción.

Los beneficios de la conservación de recursos fitogenéticos y del fitomejoramiento no se harán realidad a menos que los agricultores reciban semillas de calidad de variedades mejoradas mediante un sistema eficaz de multiplicación y distribución de semillas. El análisis de las variedades de materiales prometedores de los programas de mejoramiento debe ir seguido de la inmediata distribución de las mejores variedades para la multiplicación de las semillas de generación temprana. La certificación de la producción de semillas, junto con la garantía de calidad proporcio-

nada por el servicio nacional de semillas, son fases cruciales previas a la venta de las semillas a los agricultores. Tanto el sector público como el privado deberían respaldar esta cadena de valor y, donde sea posible, las empresas locales de semillas deberían producir semillas certificadas y vendérselas a los agricultores.

Los agricultores en pequeña escala de todo el mundo siguen dependiendo considerablemente de las semillas conservadas por los agricultores y tienen un acceso reducido a los sistemas comerciales de semillas. En algunos países, bastante más del 70% de las semillas, incluidas las de los principales cultivos, se gestionan dentro de sistemas de semillas conservadas por los agricultores. Tanto los sistemas de conservación de semillas en las explotaciones como los sistemas oficiales serán cruciales para la distribución de material adaptado a la ISPA. En las diversas prácticas y procedimientos adoptados en apoyo de la ISPA habrá que tener en cuenta el modo en que funcionan los sistemas de semillas conservadas por los agricultores y habrá que reforzarlos para aumentar el suministro de nuevo material a los fitomejoradores.

Para garantizar que las diferentes partes del sistema de suministro de material fitogenético y semillas pueden hacer frente a los retos impuestos por la ISPA, será necesario contar con un marco reglamentario y de políticas eficaz, con instituciones adecuadas, con un programa continuado de fomento de la capacidad y, sobre todo, con la participación de los agricultores. También es importante un programa de investigación sólido dirigido a proporcionar información, nuevas técnicas y material. Idealmente el programa debe reflejar los conocimientos y la experiencia de los agricultores, reforzar los vínculos entre los agricultores y los investigadores de diferentes ámbitos y satisfacer las necesidades dinámicas y cambiantes.

## Enfoques que permiten ahorrar y crecer

### ► Mejora de la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos

Los recursos fitogenéticos —la diversidad interespecífica e intraespecífica de los cultivos, las variedades y las especies silvestres afines— son fundamentales para el desarrollo agrícola y para la mejora tanto de la cantidad como de la calidad de los alimentos y otros productos agrícolas. Los genes de variedades tradicionales y los afines silvestres de los cultivos constituyeron el núcleo de la Revolución Verde y proporcionaron los caracteres del semenanismo presentes en las variedades modernas del trigo y el arroz, además de incrementar la resistencia de los cultivos ante las principales plagas de insectos y enfermedades.

El éxito de la ISPA dependerá del empleo de recursos fitogenéticos de nuevas y mejores maneras. Sin embargo, la importancia crucial de los genes de variedades locales y afines silvestres de los cultivos en el desarrollo de nuevas variedades es proporcional a la preocupación creciente sobre la pérdida de biodiversidad en todo el mundo y sobre la necesidad de su conservación efectiva. El reconocimiento internacional de los recursos fitogenéticos se ve reflejado en las conclusiones de la Cumbre

Mundial sobre la Seguridad Alimentaria<sup>4</sup>, celebrada en 2009, en la ratificación por más de 120 países del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA)<sup>5</sup> y en los objetivos estratégicos del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)<sup>6</sup>.

La dimensión internacional desempeñará una función clave en la movilización de recursos fitogenéticos para la intensificación sostenible. El marco internacional para la conservación y el uso sostenible de los recursos fitogenéticos ha sido reforzado notablemente por el TIRFAA, el Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos y el programa de trabajo sobre biodiversidad agrícola del CDB. En la actualidad está surgiendo un sistema mundial que puede prestar apoyo a la ISPA. Dado que una gran parte de la diversidad necesaria para la ISPA podría estar conservada en otros países o en los bancos internacionales de germoplasma del GCIAl, la participación nacional en los programas internacionales será fundamental.

Los países en desarrollo tienen que reforzar sus programas nacionales relativos a los recursos fitogenéticos mediante la aprobación de la legislación adecuada para aplicar plenamente las disposiciones del TIRFAA. Se han elaborado unas directrices sobre la aplicación<sup>7</sup> y la Secretaría del TIRFAA, Bioersivity International y la FAO están trabajando en cuestiones relativas a la aplicación en colaboración con unos 15 países. La aplicación del Plan de acción mundial sobre los recursos fitogenéticos actualizado y del artículo 9 del TIRFAA sobre los derechos de los agricultores contribuirá notablemente a la creación de un marco operativo nacional para la puesta en práctica de la ISPA.

Con vistas a adoptar estrategias de intensificación sostenible, los países deben conocer el grado y la distribución de la diversidad de las especies de los cultivos

Número de muestras recogidas cada año desde 1960 y conservadas en los principales bancos de genes



FAO. 2010. The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Roma.

y sus afines silvestres. Las tecnologías de cartografía de la diversidad y de localización de la diversidad amenazada por el cambio climático han mejorado<sup>8</sup>. En un proyecto importante ejecutado en Armenia, Bolivia, Madagascar, Sri Lanka y Uzbekistán y respaldado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial se han diseñado y analizado diversas maneras de mejorar la conservación y el uso de afines silvestres de los cultivos. Los principales elementos son la creación de alianzas institucionales entre los organismos dedicados a la agricultura y el medio ambiente, la realización de inventarios de las especies nacionales y el análisis de mecanismos para identificar los afines silvestres prioritarios. Con arreglo a dicho proyecto se crearon y aplicaron planes de gestión de la conservación del área y las especies, se identificaron las medidas de

gestión del cambio climático necesarias para conservar la diversidad útil y se iniciaron programas de fitomejoramiento que emplearon nuevo material determinado gracias a los trabajos de conservación y establecimiento de prioridades<sup>9</sup>.

La intensificación requerirá el incremento del flujo entrante de germoplasma y variedades prometedoras en los programas de mejoramiento. El sistema multilateral de acceso y reparto de beneficios con arreglo al TIRFAA proporciona el marco internacional necesario, si

bien —dada la creciente importancia de la diversidad para la ISPA— podría ser necesario ampliarlo para que cubriese un número mayor de cultivos que los incluidos en la actualidad en el anexo 1 del TIRFAA. En el ámbito técnico existen diversos procedimientos, como la Estrategia de identificación selectiva de germoplasma (en curso de elaboración), para identificar el material útil en colecciones extensas<sup>10</sup>.



*banano*

El traslado del material genético también requiere la mejora de la capacidad y las prácticas fitosanitarias, así como de la capacidad de distribución, de los bancos de germoplasma.

La caracterización y evaluación exhaustivas de las colecciones de los bancos de germoesperma en los ámbitos nacional y local, junto con la participación de los agricultores en la evaluación del material potencialmente útil, contribuirá de manera crucial a la mejora de la utilización de los recursos fitogenéticos. Su uso eficaz también requiere sólidos programas de investigación y preselección. La Iniciativa de colaboración mundial para el fortalecimiento de la capacidad de fitomejoramiento está elaborando un manual sobre la preselección para ayudar a incrementar tal capacidad. No obstante, en última instancia los países y el sector privado del fitomejoramiento tendrán que respaldar el refuerzo de la capacidad nacional de investigación agrícola con la introducción de cursos universitarios sobre conservación y fitomejoramiento para la ISPA.

*trigo silvestre*



## ► Obtención de variedades mejoradas y adaptadas

La intensificación sostenible requiere variedades de cultivos adecuadas a diferentes prácticas agronómicas, a las necesidades de los agricultores en agroecosistemas localmente diversos y a los efectos del cambio climático. Las características más importantes serán la mayor tolerancia al calor, la sequía y la helada, la mayor eficiencia en el uso de los insumos y la mayor resistencia a las plagas y las enfermedades. Ello supondrá la obtención de un gran número de variedades extraídas de material de fitomejoramiento aún más diverso.



cebada

Dado que la producción de variedades nuevas lleva muchos años, los programas de fitomejoramiento tienen que ser estables, estar dotados con personal suficiente y disponer de fondos adecuados. Tanto las instituciones públicas como las empresas privadas de fitomejoramiento desempeñarán una función muy importante en el desarrollo de dichas variedades: el sector público se suele centrar en los principales

cultivos básicos, mientras que el sector privado se ocuparía en mayor medida de los cultivos comerciales. Cuanto más abierto y vigoroso sea el sistema, mayor será la probabilidad de generar el nuevo material necesario.

El incremento notable del apoyo público a la investigación sobre preselección y mejoramiento será un importante paso hacia adelante. La ISPA requiere nuevos materiales, la redefinición de los objetivos y prácticas de mejoramiento y la adopción de enfoques de mejoramiento de poblaciones. Ciertas propiedades como la resistencia

y la estabilidad de la producción deberán ser inherentes y no depender de factores externos.

Es poco probable que los programas de mejoramiento tradicionales públicos o privados sean capaces de proporcionar todo el nuevo fitomaterial necesario o de producir las variedades más adecuadas, especialmente de cultivos secundarios a los que se destinan pocos recursos. El fitomejoramiento participativo puede ayudar a solventar esta laguna.

El Centro internacional de investigación agrícola en las zonas secas (ICARDA), junto con la República Árabe Siria y otros países de Oriente Medio y África del Norte, ha emprendido un programa de mejoramiento participativo de la cebada que mantiene un alto grado de diversidad y produce material mejorado capaz de ofrecer un buen rendimiento en condiciones de pluviosidad muy limitada (menos de 300 mm al año). Los agricultores participan en la selección de los materiales genéticos de partida y en las evaluaciones en las fincas. En Siria, este procedimiento ha producido incrementos significativos de las cosechas de cebada y ha aumentado la resistencia de las variedades de cebada a la sequía<sup>11</sup>.

Se necesitan políticas y reglamentos para respaldar la producción de nuevas variedades y garantizar unos beneficios adecuados para el fitomejoramiento tanto público como privado. No obstante, quizás tendrían que ser más abiertos y flexibles que los procedimientos y disposiciones actuales, basados en las patentes, existentes con arreglo a la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). La uniformidad y la estabilidad de las variedades adaptadas a la ISPA podrían ser diferentes a las características previstas en la actualidad de acuerdo con la UPOV, y es necesario reconocer los derechos de los agricultores, tal y como se establece en el TIRFAA. La cuestión más importante es que las políticas y los reglamentos deben

respaldar la difusión rápida del material adaptado a la ISPA: en muchos países la fase de aprobación de variedades nuevas es demasiado extensa.

El marco institucional que respalda la obtención y la difusión de variedades es deficiente en diversos países. Los programas de formación universitarios y de otro tipo tendrán que ser modificados para poder formar a un mayor número de fitomejoradores e investigadores sobre mejoramiento acerca del uso de prácticas de mejoramiento de los cultivos para la ISPA. Los agricultores deberían participar más plenamente tanto en la determinación de los objetivos del mejoramiento como en el proceso de selección. Habrá que reforzar los servicios de extensión para responder a las necesidades expresas de los agricultores y para proporcionar buenas orientaciones prácticas para el cultivo de nuevas variedades.

### ► Mejora de la producción y distribución de semillas

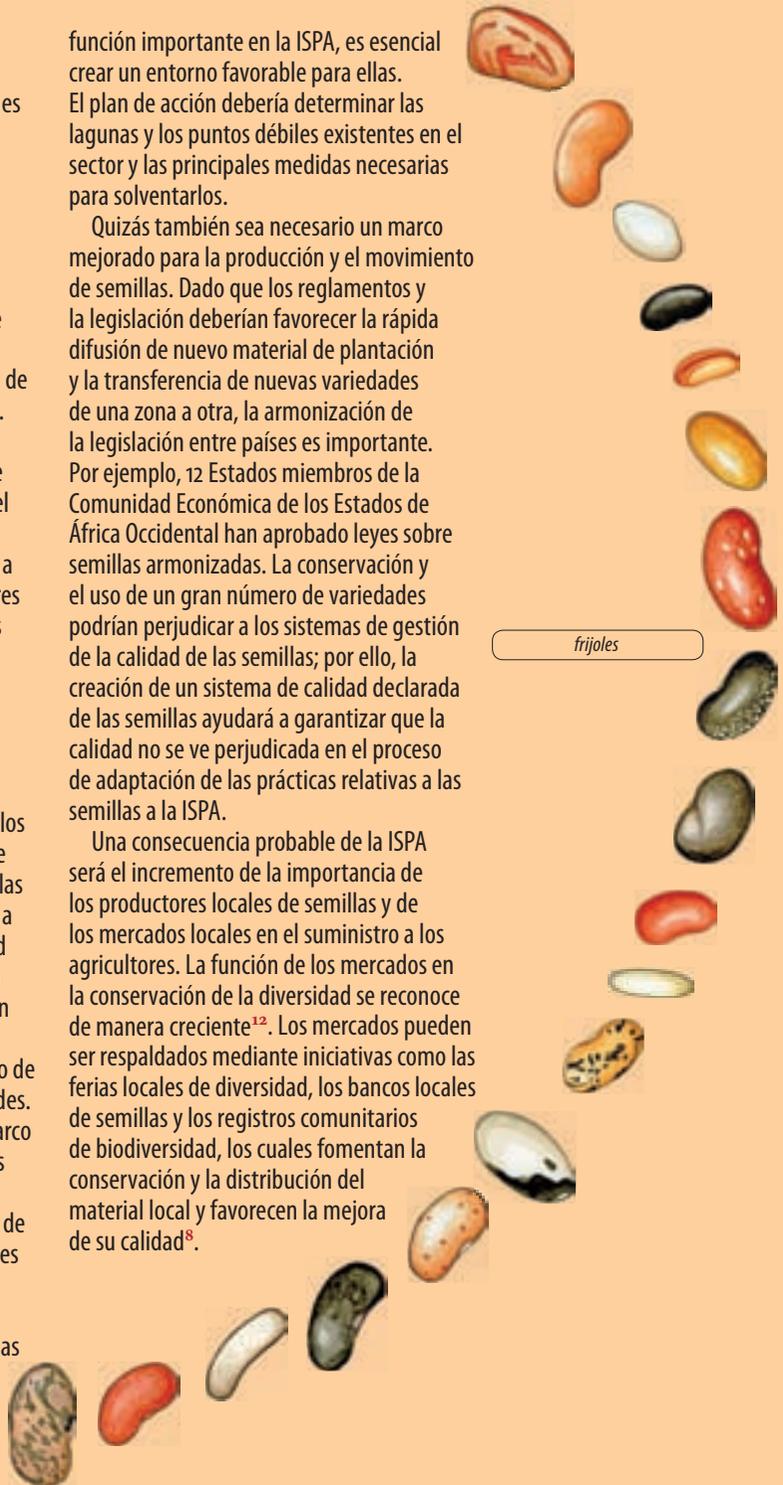
Una cuestión clave a la hora de planificar los programas de ISPA es la determinación de la situación del sistema nacional de semillas y de su capacidad de mejorar la provisión a los agricultores de semillas de alta calidad de variedades adaptadas. Un primer paso debería ser la elaboración, en consulta con todos los principales interesados, de una política sobre semillas adecuada, así como de reglamentos sobre la difusión de variedades.

Tal política debería proporcionar un marco para la mejor coordinación de los sectores público y privado, así como un plan de acción para el desarrollo de una industria de semillas capaz de satisfacer las necesidades de los agricultores de semillas de gran calidad. En muchos países en desarrollo dicha política también deberá reconocer las semillas conservadas por los agricultores como una fuente importante de material de propagación. Dado que las empresas de semillas locales desempeñarán una

función importante en la ISPA, es esencial crear un entorno favorable para ellas. El plan de acción debería determinar las lagunas y los puntos débiles existentes en el sector y las principales medidas necesarias para solventarlos.

Quizás también sea necesario un marco mejorado para la producción y el movimiento de semillas. Dado que los reglamentos y la legislación deberían favorecer la rápida difusión de nuevo material de plantación y la transferencia de nuevas variedades de una zona a otra, la armonización de la legislación entre países es importante. Por ejemplo, 12 Estados miembros de la Comunidad Económica de los Estados de África Occidental han aprobado leyes sobre semillas armonizadas. La conservación y el uso de un gran número de variedades podrían perjudicar a los sistemas de gestión de la calidad de las semillas; por ello, la creación de un sistema de calidad declarada de las semillas ayudará a garantizar que la calidad no se ve perjudicada en el proceso de adaptación de las prácticas relativas a las semillas a la ISPA.

Una consecuencia probable de la ISPA será el incremento de la importancia de los productores locales de semillas y de los mercados locales en el suministro a los agricultores. La función de los mercados en la conservación de la diversidad se reconoce de manera creciente<sup>12</sup>. Los mercados pueden ser respaldados mediante iniciativas como las ferias locales de diversidad, los bancos locales de semillas y los registros comunitarios de biodiversidad, los cuales fomentan la conservación y la distribución del material local y favorecen la mejora de su calidad<sup>8</sup>.



## El camino por recorrer

La actuación en los ámbitos técnico, institucional y de políticas puede ayudar a garantizar que los recursos fitogenéticos y los sistemas de distribución de semillas funcionan eficazmente para respaldar la intensificación sostenible de la producción agrícola. Aunque incluirán a instituciones diversas y tendrán lugar a varias escalas, las medidas necesarias conseguirán unos efectos óptimos si se realizan de manera coordinada. Algunas de las medidas recomendadas son las siguientes:

- ▶ *Refuerzo de los vínculos entre la conservación de los recursos fitogenéticos y el empleo de la diversidad en el fitomejoramiento*, especialmente a través de la caracterización y la evaluación mejoradas de los rasgos relevantes para la ISPA en una mayor variedad de cultivos, el incremento del apoyo a la preselección y el mejoramiento de la población y la colaboración mucho más estrecha entre las instituciones dedicadas a la conservación y el mejoramiento.
- ▶ *Incremento de la participación de los agricultores en la conservación, el mejoramiento de cultivos y el suministro de semillas* para respaldar los trabajos en una mayor diversidad de materiales, garantizar que las nuevas variedades son adecuadas para las prácticas y las experiencias de los agricultores y reforzar la conservación en la explotación de los recursos fitogenéticos y los sistemas de suministro de semillas de los agricultores.
- ▶ *Mejora de las políticas y la legislación para la obtención y la difusión de variedades y para el suministro de semillas*, incluida la aplicación nacional de las disposiciones del TIRFAA, la creación de legislación flexible sobre la difusión de variedades y la elaboración o la revisión de las políticas y leyes sobre semillas.
- ▶ *Refuerzo de la capacidad* mediante la creación de una nueva generación de profesionales cualificados para fomentar el mejoramiento, trabajar con los agricultores y explorar las maneras en que los cultivos y las variedades contribuyen a la intensificación con éxito.
- ▶ *Revitalización del sector público y ampliación de su función* en la obtención de nuevas variedades de cultivos mediante la creación de un entorno favorable para la mejora del sector de las semillas y la garantía de que los agricultores poseen los conocimientos necesarios para emplear el material nuevo.
- ▶ *Respaldo de la creación de empresas de semillas del sector privado locales* a través de un enfoque integrado que incluya organizaciones de productores, vínculos con los mercados y adición de valor.
- ▶ *Coordinación de los vínculos con otros componentes fundamentales de la ISPA*, tales como las prácticas agronómicas adecuadas, la gestión del suelo y el agua, el manejo integrado de plagas, el crédito y la comercialización.

Muchas de estas medidas ya están siendo adoptadas en varios países por diversas instituciones. Los retos a los que hay que hacer frente son el intercambio de experiencias, la mejora de las buenas prácticas determinadas y comprobadas y la focalización de la atención en los medios de adaptarlas para alcanzar los objetivos y prácticas concretos de la ISPA. Ello asegurará que la diversidad necesaria para la intensificación sostenible, ya disponible en los bancos de germoplasma y los campos de los agricultores, se moviliza eficaz y eficientemente y de manera oportuna.