

**ARTICULO PUBLICADO EN INGLÉS
EN “NATURE REVIEWS”**

**PROTEGER LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS CULTIVOS PARA LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA: DESAFÍOS POLÍTICOS, ÉTICOS Y TÉCNICOS**

Por José Esquinas Alcázar¹

Diciembre de 2005 / Volumen 6
www.nature.com/reviews/genetics
2005 Nature Publishing Group

¹ Secretario de la Comisión intergubernamental de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura de la FAO. Este texto expresa la opinión de su autor y no refleja necesariamente el punto de vista de la FAO ni de sus países miembros.

PROTEGER LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS CULTIVOS PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA: DESAFÍOS POLÍTICOS, ÉTICOS Y TÉCNICOS

José Esquinas-Alcázar

Resumen.- La diversidad genética de los cultivos - que es crucial para alimentar a la humanidad, para el ambiente y para el desarrollo sostenible - se está perdiendo a un ritmo alarmante. Considerando la enorme interdependencia de los países y de las generaciones sobre esta diversidad genética, esta pérdida plantea cuestiones socioeconómicas, éticas y políticas de gran importancia. La ratificación reciente de un tratado internacional obligatorio y el desarrollo de nuevas y potentes tecnologías para conservar y utilizar esos recursos con más eficacia, han creado expectativas que ahora hay que cumplir.

El hambre y la desnutrición son la realidad diaria para más de 800 millones de personas y 15 millones de personas, sobre todo niños, mueren cada año a consecuencia de ellas. Si, como está previsto, la población mundial alcanza los 8.300 millones de personas hacia el año 2030, la Tierra tendrá que alimentar a otros 2 mil millones más de seres humanos, de los cuales el 90 % vivirá en países en desarrollo (Nota 1). Por lo tanto es fundamental no sólo garantizar la producción de alimentos suficientes para alimentar a esta población en expansión sino también que esos alimentos estén al alcance de todos.

La producción y la seguridad alimentaria dependen de la utilización responsable y de la conservación de la biodiversidad agrícola y de los recursos genéticos. Los cultivos y sus parientes silvestres abarcan lo que denomino en este texto recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) - la variabilidad genética que proporciona la materia prima para conseguir nuevas variedades de cultivos, mediante el fitomejoramiento clásico y con métodos biotecnológicos, en respuesta a los cambios ambientales y demográficos. Sin embargo, actualmente, muchos de estos recursos genéticos son subutilizados o corren peligro.

La protección de los RFAA no supone solamente un desafío técnico y científico; la gestión, la utilización y el intercambio de estos recursos conllevan implicaciones socioeconómicas, legales, políticas y éticas. Como la mayor parte de los países depende de los recursos genéticos de otros es esencial que la comunidad internacional elabore reglas adecuadas para asegurar la ordenación, el acceso y la distribución de los beneficios.

Describiré en los párrafos siguientes el origen y la diversificación de los recursos genéticos de los cultivos, su pérdida en la época moderna y los riesgos que plantea este hecho. Analizaré después las acciones necesarias para conservar la diversidad genética de los cultivos, a la luz de importantes cuestiones políticas, socioeconómicas y éticas. A ello seguirá un examen de lo que se ha realizado hasta la fecha, poniendo especial énfasis en la elaboración de un marco convenido internacionalmente: el Tratado Internacional para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (Nota 2), que entró en vigor en 2004. Finalmente, hablaré de los desafíos futuros para la conservación y la utilización de la diversidad genética de los cultivos.

Orígenes de los recursos genéticos de los cultivos

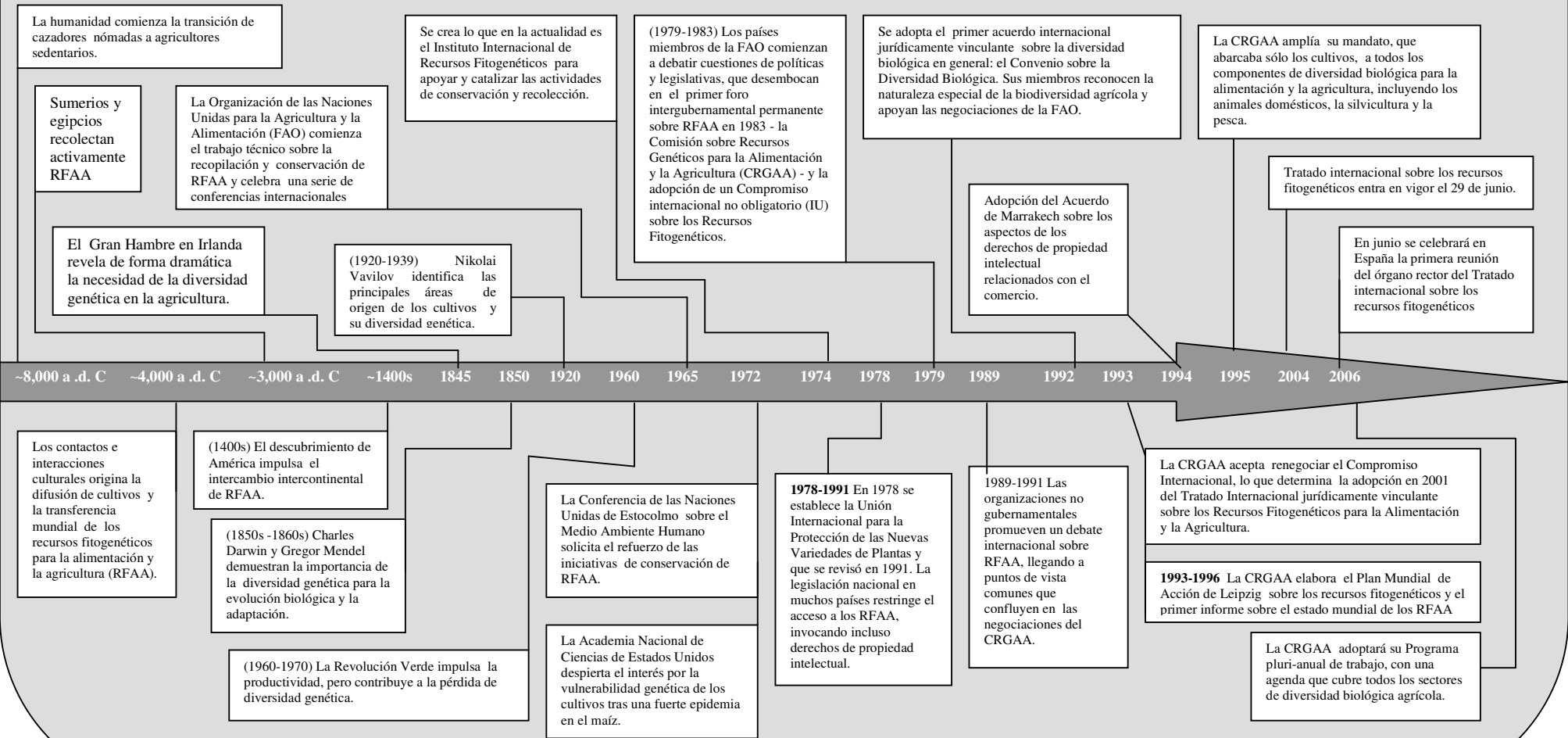
Desde que la vida apareció sobre la Tierra hace aproximadamente 3 mil millones de años, el número de especies ha aumentado, generalmente, por un proceso de diversificación continua. Este almacén de diversidad genética ha permitido el uso eficaz de los recursos filogenéticos del planeta y proporciona una capacidad enorme de adaptación, confirmando estabilidad y equilibrio dentro de la biosfera. Afortunadamente, nos proporciona también los recursos genéticos que utilizamos para cubrir nuestras necesidades de alimentación y otras necesidades vitales.

La aparición de la agricultura hace aproximadamente 10,000 años (ver Línea de tiempo más abajo) trastornó el equilibrio ecológico de numerosos sistemas. Por suerte, el proceso de domesticación de los animales y de cultivo de las plantas y la difusión de la agricultura eran lo bastante lentos como para permitir que surgiera un nuevo equilibrio. En este proceso, de las más de 300,000 plantas fanerógamas conocidas, se calcula que el ser humano haya utilizado más de 7.000 especies para satisfacer sus necesidades básicas (Nota 3). Se produjo una adaptación mutua entre los seres humanos y las plantas que cultivaban, y entre estas plantas y su ambiente. El suelo y las condiciones climáticas, así como las características culturales de las civilizaciones locales, fueron factores principales para determinar este proceso de adaptación. La diversidad genética fue mantenida, e incluso aumentada, durante este largo período; las variedades heterogéneas desarrolladas por los agricultores en cada lugar supieron adaptarse muy bien a las variaciones de las condiciones locales.

Aunque la productividad de cultivos no fuera alta, el enorme patrimonio de diversidad genética utilizada por las comunidades rurales aumentó la probabilidad de un nivel aceptable de producción, que es una característica sumamente deseable para el tipo de agricultura de subsistencia local que se practicaba entonces, y todavía se practica en muchas zonas del mundo en desarrollo. Este riesgo mínimo se debe a la coexistencia de una serie de plantas, cada una con características diferentes: algunas resistentes a enfermedades específicas, otras tolerantes al frío y otras al calor, etcétera. Por eso, aunque la producción de los diferentes componentes del sistema agrícola variase a raíz de las condiciones climáticas o de las enfermedades, la producción mínima anual estaba garantizada. Otra característica estabilizadora durante este período era el lento crecimiento de la población humana.

Línea del tiempo Historia del desarrollo e intercambio de los recursos filogenéticos

- 1 **ERA PREHISTÓRICA-**
DOMESTICACIÓN Y DIFUSIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CULTIVOS
- 2 **ÚLTIMOS CINCO MILENIOS**
DESARROLLO DE LA AGRICULTURA Y BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA
- 3 **EL SIGLO XIX Y EL COMIENZO DEL SIGLO XX**
LA CIENCIA SE DA CUENTA DEL VALOR Y EL POTENCIAL DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA
- 4 **LA DECADA DE LOS 60 Y MITAD DE LOS AÑOS 70**
HAY INICIATIVAS CIENTÍFICAS E INSTITUCIONALES PERO EL INTERÉS SE CENTRA EN LA EROSIÓN GENÉTICA Y LA VULNERABILIDAD
- 5 **DE FINALES DE LOS AÑOS 70 A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS 90**
LAS PRIMERAS GRANDES INICIATIVAS DE POLÍTICAS
- 6 **DESDE 1992 A NUESTROS DÍAS**
UNA ERA DE INSTRUMENTOS MUNDIALES Y ACUERDOS JURÍDICAMENTE VINCULANTES
- 7 **FUTUROS PASOS YA CONVENIDOS:**



La pérdida de diversidad en la era moderna

La interacción entre civilizaciones y grupos étnicos, generando una fusión de costumbres y modos de vida, ha repercutido notablemente sobre la diversidad genética de los cultivos. A partir de la Revolución Industrial, los rápidos cambios demográficos, la degradación ecológica y la globalización desembocaron en una reducción dramática de la diversidad genética de los cultivos. En la actualidad se cultivan apenas 150 especies y la mayor parte de la humanidad vive de no más de 12 especies de plantas (Notas 3 y 4).

La concentración de la población en las zonas urbanas y la demanda creciente de alimentos han creado una situación por la cual a la producción elevada, que está basada en cultivos uniformes, se le ha dado mayor prioridad que a la producción fiable y diversificada. La introducción de maquinaria agrícola moderna, las formas de comercialización y de transporte que requieren características uniformes en los cultivos han llevado a la introducción de plantas estándar, homogéneas. Gracias a los esfuerzos conjuntos de los fitomejoradores y de las organizaciones públicas y privadas, se han satisfecho las exigencias de productividad y homogeneidad. Entre las principales especies de cultivos se han desarrollado un número limitado de variedades estándar y de alto rendimiento. Esta tendencia, que alcanzó su punto culminante durante la llamada "Revolución Verde", hizo posible aumentar la producción de alimentos (ver la información suplementaria en la tabla S1). Sin embargo, el precio ha sido muy caro: la pérdida de innumerables y heterogéneas variedades tradicionales de los agricultores.

Los peligros de erosión genética

La pérdida de especies y variedades locales causa, generalmente, la pérdida irreversible de la diversidad genética que éstas contienen: es la llamada erosión genética. Esta erosión ha restringido peligrosamente el acervo genético disponible para la selección natural, y para la selección por parte de los agricultores y fitomejoradores y, por consiguiente, ha aumentado la vulnerabilidad de los cultivos agrícolas a los cambios repentinos del clima, y a la aparición de nuevos parásitos y enfermedades.

RECUADRO 1 La importancia de la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos

Nunca se insistirá demasiado en el valor tanto de las variedades de los agricultores tradicionales como de los parientes silvestres de las plantas cultivadas para el fitomejoramiento y el desarrollo agrícola. Los ejemplos son tan numerosos que nos basta destacar algunos.

Las variedades de los agricultores tradicionales han proporcionado muchos rasgos individuales que se han introducido en las líneas enriquecidas de mejoramiento existentes:

- Una variedad local de trigo que se encuentra en Turquía, recogida por J. R. Harlan en 1948, no fue objeto de atención durante muchos años debido a sus numerosas características agrícolas negativas. Pero en los años 80 se descubrió que esa variedad contenía los genes resistentes a muchas enfermedades producidas por los hongos. Desde entonces se ha utilizado como fuente de resistencia a diversos tipos de enfermedades (Notas 3 y 57).

- La variedad primitiva japonesa de trigo enano, Norin 10, introducida en América en 1946, jugó un papel clave en la mejora genética de trigo durante la llamada "Revolución Verde". Se utilizó como donante de los genes que son responsables de enanismo, permitiendo así el aumento de la receptividad al nitrógeno y, por lo tanto, el aumento de la producción en los sistemas de agricultura intensiva (Nota 58).

Los parientes silvestres de las plantas cultivables actuales, aunque agrónomicamente indeseables, también podrían haber adquirido muchas características deseables como consecuencia de su larga exposición a la selección natural, y por lo tanto su contribución al fitomejoramiento puede ser muy útil.

- Un ejemplo excepcional es el género *Lycopersicon*, en el que muchas especies silvestres pueden cruzarse con el tomate cultivado *L. esculentum* y que se han usado de forma satisfactoria como donantes de genes resistentes a los hongos (*L. hirsutum* y *L. peruvianum*), genes nematode-resistentes (*L. peruvianum*), genes resistentes a los insectos (*L. hirsutum*), genes para la mejora de calidad (*L. chmielewskii*), y genes para la adaptación a ambientes adversos (*L. cheesmaniae*).

Se podrían citar ejemplos parecidos para la mayor parte de los cultivos (Nota 59).

- Las formas silvestres de Beta recogida en los años 20 se usaron en los años 80 en California como una fuente de resistencia a la rhizomania, una enfermedad devastadora de la raíz de la remolacha azucarera. Mientras tanto, se descubrió que estas colecciones son también resistentes a la Erwinia putrefactiva de la raíz, tolerancia al gusano de las raíces de remolacha azucarera, y resistencia moderada a la cercosporiosis (Nota 60).

Estos ejemplos demuestran que el material genético considerado a veces sin valor particular alguno fue crucial en la mejora de los cultivos. El concepto de 'utilidad' es relativo y puede variar según las necesidades y la información disponible.

La historia nos enseña algunos de estos peligros. Por ejemplo, en los Estados Unidos en 1970, el hongo *Helminthosporium maydis* destruyó más de la mitad de la cosecha de maíz en el sur del país. Las semillas utilizadas para la cosecha tenían una base genética limitada y eran susceptibles a esta enfermedad (Nota 5). En este y otros casos, el problema se resolvió desarrollando variedades resistentes para lo cual se utilizaron los recursos genéticos obtenidos en otras partes del mundo. Hechos parecidos en los últimos años han puesto en peligro la estabilidad social y económica de varios países.

Después del brote de *H. maydis*, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos estableció un comité para examinar la vulnerabilidad genética de importantes cultivos. Se descubrió que muchos tenían una base genética peligrosamente limitada. Por ejemplo, el 96 % de los guisantes cultivados en los Estados Unidos procedía solamente de 9 variedades (Nota 6). Este fenómeno puede ser extrapolado a numerosos cultivos y países, y los datos más recientes muestran una tendencia a empeorar (Nota 3).

Nadie puede negar la importancia de las variedades de cultivos mejoradas ni del aumento de la producción. Sin embargo, en nuestra impaciencia por conseguirlo podríamos privar a la naturaleza de la diversidad genética, un mecanismo de seguridad construido durante millones de años. Mediante el fitomejoramiento clásico y las biotecnologías modernas podemos mejorar variedades de cultivos utilizando los genes responsables de las características deseadas. Estos genes son identificados, en primer lugar, entre los recursos genéticos existentes y luego transferidos a las variedades deseadas. El ejemplo del maíz, antes citado, y los que constan en el Recuadro I demuestran la enorme importancia y el valor de la diversidad genética de las plantas para el mejoramiento de la producción agrícola.

Para conseguir la adaptabilidad a los cambios ambientales y climáticos imprevistos, mantener la capacidad de adaptación cuando cambian los sistemas de producción, y hacer frente a las necesidades de la población humana en aumento, todos los países dependen de la diversidad

genética de los cultivos del planeta. Tanto las variedades de los agricultores locales, ahora en proceso de sustitución, como los amenazados parientes silvestres de las plantas cultivadas tienen que conservarse para su posible utilización futura.

¿Qué se puede hacer?

La conservación y la utilización sostenible de los recursos genéticos van mucho más allá de evitar la extinción de las especies. El objetivo debe ser conservar y usar tanta diversidad como sea posible dentro de cada especie. Los recursos fitogenéticos pueden ser conservados *ex situ*, por ejemplo en bancos genéticos (instituciones que almacenan muestras de diversidad genética vegetal, normalmente semillas y material vegetativo) o *in situ*, en las tierras de cultivo para las variedades de los agricultores, o en reservas naturales o áreas protegidas para las plantas silvestres. Estos métodos deberían ser considerados complementarios, y requieren la definición de apropiadas estrategias nacionales e internacionales para su uso efectivo.

La conservación *ex situ* en bancos genéticos se utiliza principalmente para las plantas cultivadas que se propagan por semillas. Tiende a ser más barata que la conservación *in situ*, requiere poco espacio y los recursos son fácilmente accesibles a los fitomejoradores (Notas 6-8). La desventaja principal, sin embargo, consiste en que un recurso genético deja de desarrollarse cuando los procesos naturales de selección y adaptación se detienen. Además, habitualmente sólo una pequeña cantidad de la diversidad genética presente en una población determinada está representada en la muestra recogida y se reduce todavía más cada vez que el recurso es regenerado, debido al flujo genético y a las presiones de la selección natural en condiciones ambientales diversas. A esto hay que añadir que muchos bancos de genes no cuentan con las normas apropiadas de almacenaje y regeneración, lo que se traduce en una escasa viabilidad de las semillas. (Notas 3, 9-12).

No obstante, las colecciones *ex situ* juegan un papel determinante en la conservación de muchas variedades, en particular aquellas que ya han desaparecido del campo. En la actualidad más de 6 millones de muestras se conservan en

colecciones a largo plazo (Nota 3). Sin embargo e inadvertidamente, muchas muestras están duplicadas (Notas 12 y 13) mientras los cultivos menores y los parientes silvestres de los cultivos están mal representados (Notas 14 y 15). La carencia de información fiable sobre las muestras de los bancos genéticos reduce considerablemente su valor para los agricultores y los fitomejoradores, y dificulta la identificación de duplicados (Notas 14, 16 y 17).

La conservación *in situ* implica la protección de las áreas, ecosistemas y hábitats donde las plantas de interés han desarrollado sus características distintivas, y esta protección se consigue a través de medidas legislativas e incentivos. Es la técnica preferida para las plantas silvestres; su gran ventaja es que la dinámica evolutiva de la especie se mantiene. Los obstáculos principales son los gastos ligados a los incentivos y a la aplicación de la ley, y las dificultades sociales y políticas que puedan surgir, sobre todo para la ordenación de las tierras cultivables. Este método podría resultar económico, sin embargo, si el objetivo fuera conservar todas las especies dentro de un área específica, en lugar de una especie solamente (Notas 18-24).

Un número creciente de zonas de conservación *in situ*, -entre ellas las de conservación sobre el terreno de explotación en los sistemas agrícolas tradicionales- gozan de la protección nacional (Nota 3), pero las áreas de conservación específicas de los RFAA son todavía escasas (Notas 14 y 25). La iniciativa sobre Sistemas del patrimonio agrícola mundialmente importantes, que promueve la conservación y la ordenación sostenible de los sistemas agrícolas indígenas y tradicionales más importantes del mundo, y la diversidad biológica y cultural a ellos asociada (Nota 26) presenta un enfoque integrado de la conservación *in situ*.

A pesar de las ventajas de estas estrategias, la conservación, por sí sola, no es suficiente. Para la utilización eficaz de los recursos fitogenéticos son necesarias la caracterización, la evaluación, la documentación y la catalogación apropiada de los mismos. Por último, pero no en último lugar, el acceso a los RFAA es una condición esencial para su empleo en la investigación, el

mejoramiento de las plantas y el desarrollo agrícola.

Política, economía y ética

Interdependencia internacional. El acceso a los recursos fitogenéticos y su conservación y utilización sostenible tienen implicaciones socioeconómicas, políticas, legales y éticas, que a menudo se asocian con los problemas que amenazan las economías de los países interesados. La diversidad genética que salvó el maíz de Estados Unidos en el siglo XX, así como la mayor parte de la diversidad útil citada en los ejemplos del Recuadro 1, procedía de los países en desarrollo, donde su existencia no era accidental. Era el resultado del trabajo de generaciones de pequeños agricultores tradicionales y de campesinos que - en un mundo donde a menudo se les ignora o se les considera una carga - son los verdaderos guardianes de la mayor parte de la diversidad biológica agrícola que queda en el mundo. Son ellos los que siguen desarrollando y conservando la materia prima necesaria para hacer frente a los cambios ambientales y a las imprevisibles necesidades humanas y los que ponen este material a disposición de otros agricultores, fitomejoradores y expertos en tecnología biológica.

La globalización rápida y la integración económica aumentan la interdependencia entre los países. Ningún país es autosuficiente en recursos genéticos de los cultivos: el grado medio de interdependencia genética entre los países para sus cultivos más importantes está alrededor del 70% (Notas 27 y 28). (Ver la información suplementaria tabla S2). A principios del siglo XX, el genetista y fitomejorador ruso N. I. Vavilov identificó las áreas con mayor riqueza genética de plantas cultivadas y parientes silvestres. Se encontraban en México y Centroamérica, la zona andina, la cuenca mediterránea, Asia Central, Cercano Oriente, China, Etiopía, India y la región Indo-malasia. Paradójicamente, muchos países que son pobres económicamente, y están generalmente localizados en zonas tropicales o subtropicales, son ricos en términos de diversidad genética (Notas 29-31).

Todos los países son tanto donantes como receptores de recursos fitogenéticos e información con ellos relacionada y, para la producción de nuevas variedades a menudo se

utiliza material genético de muchos países (Nota 32). Por lo tanto, la mayor parte de las iniciativas de ordenación de los recursos fitogenéticos pueden llevarse a cabo sólo mediante la cooperación internacional (Notas 14 y 33).

Propiedad intelectual y otras restricciones al acceso. Los últimos años han sido testigos del reconocimiento del valor creciente de los RFAA, debido tanto al desarrollo de nuevas y potentes tecnologías para utilizar su capacidad como a la constatación de que no son un recurso ilimitado. Por consiguiente, las cuestiones relacionadas con el acceso y el reparto de beneficios, la seguridad del material y la propiedad de las colecciones son sujeto de continuos debates (Nota 34). En muchos países se han promulgado leyes que restringen el acceso y el empleo de los RFAA y la introducción de los derechos de propiedad intelectual para las nuevas variedades y sus componentes genéticos en los países desarrollados se ha visto acompañado por la aplicación de la soberanía nacional y de restricciones contra el acceso a los RFAA en los países en desarrollo (Notas 14 y 35-37).

La disponibilidad continua de los recursos fitogenéticos para objetivos científicos, es necesario asegurarla con acuerdos y reglas equitativas y obligatorias. Se deben encontrar y poner en práctica soluciones éticas a los problemas antes citados dentro de un marco político general que garantice a las generaciones futuras la seguridad alimentaria y la agricultura sostenible y permita una distribución de beneficios equitativa. En este ámbito, las Naciones Unidas, como foro intergubernamental universal juega un papel fundamental a la hora de facilitar las negociaciones intergubernamentales necesarias (Nota 38).

¿Qué se ha conseguido hasta ahora?

Primeros resultados. Ha habido diversas iniciativas internacionales para identificar, proteger y utilizar los RFAA. Al principio, eran principalmente de naturaleza técnica. En 1967, 1973 y 1981 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) fue sede de tres conferencias técnicas internacionales, que llevaron a la publicación de una serie de volúmenes que daban cuenta de los avances técnicos (Notas 39-41).

Además, los Centros internacionales no gubernamentales de investigación agrícola (CIIA), en particular el Instituto Internacional de Recursos Genéticos (establecido en 1974), han promovido y facilitado la cooperación técnica internacional. Los Centros de Investigación Agrícola Internacional conservan más de 600,000 muestras *ex situ* en 11 bancos genéticos que, según algunas estimaciones, podrían representar algo así como el 40 % de la diversidad de los cultivos principales contenida *ex situ* (Nota 3).

En 1983, la FAO estableció una Comisión intergubernamental sobre Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (CRGAA). Era una respuesta a las cuestiones políticas, socio-económicas y éticas discutidas más arriba, así como a la necesidad de reducir la duplicación de iniciativas y fomentar la cooperación y la complementariedad a escala mundial. La CRGAA fue el primer foro internacional permanente para la negociación, el desarrollo y la supervisión de acuerdos internacionales y normativas en este sector. Sus miembros actuales, 167 países, le proporcionan una gran amplitud. Importantes organismos de asistencia técnica, organizaciones intergubernamentales, bancos de desarrollo, organizaciones no gubernamentales, y fundaciones privadas participan también en las reuniones del CRGAA. La comisión se propone establecer un consenso general sobre los sectores de interés mundial y llegar a un compromiso en las materias de desacuerdo.

La CRGAA ha elaborado un exhaustivo sistema mundial sobre los RFAA con el fin de asegurar la cooperación internacional y evitar la duplicación de iniciativas (Nota 42). Forman parte de él un Plan Mundial de Acción para la Conservación y la Utilización Sostenible de los RFAA, mediante el cual los países han negociado y llegado a un acuerdo sobre 20 actividades esenciales de prioridad absoluta, (Nota 43), un Sistema de Información y Alerta Mundial y una base de datos que funciona como oficina central para la recogida y mantenimiento de la información mundial sobre estos recursos (Nota 44). La CRGAA publica también un informe periódico sobre el estado mundial de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (Nota

3), y ha establecido redes internacionales para facilitar la cooperación entre las partes interesadas (Nota 45). Asimismo ha negociado y elaborado varios acuerdos internacionales, compromisos voluntarios y códigos de conducta para promover y facilitar la buena ordenación y el acceso a los RFAA. Entre estos acuerdos se encuentran el Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos (Nota 2) y el Código de conducta Internacional para la Recogida y Transferencia de Germoplasma de las Plantas (Nota 46). Actualmente está en proceso de preparación un Código de conducta sobre la Biotecnología y sus relaciones con los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (Nota 47).

Un tratado internacional para los recursos fitogenéticos. En 1992 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente adoptó el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (Nota 48) -el primer acuerdo internacional obligatorio de este tipo-. El CDB proporcionó un marco legal para la conservación y la utilización sostenible de toda la diversidad biológica. Sin embargo, no proporciona soluciones específicas para los caracteres únicos ni para los problemas relacionados con la diversidad biológica agrícola (Nota 49). Por consiguiente, los países decidieron que la CRGAA debería negociar un acuerdo internacional jurídicamente vinculante específico para los RFAA, en sintonía con el CDB. En noviembre de 2001 la conferencia de la FAO tomó una decisión, que muchos consideraron histórica, adoptando el Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos (Nota 2). El tratado tiene un puente entre la agricultura, el comercio y la defensa del ambiente, y es el resultado de 23 años de debates, incluidos 7 años de negociaciones oficiales, entre más de 160 naciones miembros de la CRGAA. Este proceso llevó también aparejada la participación de representantes de instituciones no gubernamentales y del sector privado.

El tratado entró en vigor el 29 de junio de 2004. Sus objetivos son la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución correcta y equitativa de los beneficios derivados de su uso. El centro del tratado es su innovador Sistema

RECUADRO 2 | El Tratado Internacional sobre los Recursos fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

El Tratado Internacional sobre los Recursos fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura abarca todos los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA). A través de él los países acuerdan promover el desarrollo de enfoques nacionales integrados para la prospección, conservación, caracterización, evaluación, conservación y documentación de sus RFAA, incluyendo la puesta a punto de estudios e inventarios nacionales. También están de acuerdo en elaborar y mantener medidas normativas y jurídicas apropiadas que promuevan la utilización sostenibles de esos recursos entre ellas, la ordenación sobre el terreno de explotación, el respaldo a la investigación, la promoción de iniciativas para el mejoramiento de las plantas, la ampliación de las bases genéticas de los cultivos y el fomento de un mayor uso de cultivos, variedades y especies subutilizadas, locales y adaptados a las condiciones locales. Estas actividades contarían con el apoyo, en los términos apropiados, de la cooperación internacional prevista en el Tratado.

La parte más importante y creativa es el establecimiento del Sistema Multilateral de Acceso y Distribución de Beneficios. El Sistema Multilateral se aplica a 64 géneros, que incluyen los cultivos y forrajes principales establecidos sobre la base de dos criterios: la importancia para la seguridad alimentaria (Nota 37) y el nivel de interdependencia entre los países (Nota 61). A escala mundial estos cultivos proporcionan aproximadamente el 80 % de los alimentos obtenidos de las plantas.

A través del Sistema Multilateral los estados soberanos se comprometen a compartir recursos y beneficios. Los recursos genéticos de este Sistema estarán disponibles para la investigación, el mejoramiento y la capacitación y sus receptores no podrán reclamar ningún derecho de propiedad intelectual o de otra índole que limite el acceso facilitado a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, o sus partes o componentes genéticos, en la forma recibida del sistema multilateral. "Los beneficios que se deriven de la utilización, incluso comercial, de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el marco del sistema multilateral se distribuirán de manera justa y equitativa mediante los siguientes mecanismos: el intercambio de información, el acceso a la tecnología y su transferencia, la creación de capacidad y la distribución de los beneficios derivados de la comercialización, teniendo en cuenta los sectores de actividad prioritaria del Plan de acción mundial progresivo, bajo la dirección del órgano rector". Asimismo se establece el pago, en algunos casos obligatorio, de una parte equitativa de los beneficios derivados del empleo de los RFAA como contribución a la estrategia de financiación del tratado.

El Tratado establece una estrategia de financiación para movilizar fondos destinados a actividades, proyectos y programas que refuercen su puesta en práctica, en particular en los países en desarrollo y en sintonía con las prioridades identificadas en el Plan de Acción Mundial. De la estrategia de financiación forman parte los beneficios monetarios obtenidos al amparo del Sistema Multilateral, así como del Fondo Mundial para la Diversidad de los Cultivos, tal como se describe en el texto principal. El órgano rector del Tratado internacional establecerá periódicamente un objetivo para la estrategia de financiación. Otro elemento innovador del Tratado es la afirmación de los derechos de los agricultores. Se reconoce la enorme contribución que han aportado y seguirán aportando las comunidades locales e indígenas y los agricultores de todas las regiones del mundo a la conservación y el desarrollo de los recursos fitogenéticos. El Tratado afirma que incumbe a los gobiernos nacionales la responsabilidad de hacer realidad los derechos de los agricultores, incluyendo la protección de los conocimientos tradicionales; el derecho a participar equitativamente en la distribución de los beneficios; y a intervenir en la adopción de decisiones sobre políticas nacionales.

Multilateral de Acceso y Distribución de Beneficios, que asegura la disponibilidad continua de importantes recursos genéticos para la investigación y el mejoramiento de las plantas, garantizando al mismo tiempo un reparto equitativo de beneficios, incluyendo las ganancias procedentes de la comercialización. Otro rasgo innovador son las medidas para los derechos de los agricultores. El Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos depende de varios componentes de apoyo, previamente elaborados por la CRGAA, en particular el Plan Mundial de Acción, el Sistema Mundial de Información, redes internacionales, y términos y condiciones para la conservación y el acceso a las colecciones *ex situ* mantenidas por los Centros de Investigación Agrícola Internacional

(CIAI). Otras características del tratado se analizan en el Recuadro 2.

La primera reunión del órgano rector del tratado está prevista en junio de 2006. Mientras tanto, uno de sus elementos esenciales, la estrategia de financiación, ya está en marcha. El Fondo Mundial para la Diversidad de los Cultivos (Nota 50) fue establecido, conforme al derecho internacional, como una organización independiente en octubre de 2004. El Fondo fue creado, en gran parte como un fondo de dotación, con el objetivo de alcanzar los 260 millones de dólares EE.UU. En julio de 2005, había recibido ya 56 millones de dólares a título de compromisos firmes, y otros 50 millones de dólares estaban en discusión, en forma de contribuciones procedentes tanto de fuentes públicas como privadas. El fondo se utilizará para garantizar la

cobertura financiera necesaria para la conservación de las colecciones de diversidad vegetal *ex situ* más importantes del mundo, 'una despensa genética' para la humanidad.

La sociedad se beneficiará del tratado de formas diferentes: los consumidores se beneficiarán debido a una mayor variedad de alimentos y productos agrícolas, así como del aumento de la seguridad alimentaria; la comunidad científica, del acceso a recursos fitogenéticos cruciales para la mejora de las plantas y la investigación; los Centros de Investigación Agrícola Internacional se beneficiarán porque gracias al tratado sus colecciones se conservarán en una "caja fuerte" segura, protegida jurídicamente, y a largo plazo; y los sectores públicos y los privados porque tendrán garantizado el acceso a una amplia gama de diversidad genética para el desarrollo agrícola.

Retos para el futuro

Desafíos técnicos y científicos. Las nuevas y potentes tecnologías han aumentado el valor de los RFAA, sobre todo de las especies silvestres, como donantes potenciales de características agrícolas. La genética molecular, la genómica, la proteómica, la críoconservación y las técnicas ecogeográficas de control remoto (por medio de satélites y aviones) han ampliado enormemente las bases tecnológicas para la localización, la conservación y la ordenación de los recursos genéticos. Los avances en la informática y en las técnicas de comunicación también han aumentado notablemente nuestra capacidad para utilizar, analizar y comunicar datos e información.

Ahora es necesaria una estrategia integrada para la conservación y la ordenación de la diversidad genética vegetal y la organización de la información relacionada en diversos ámbitos. En el ámbito más amplio, es necesaria para enteros agroecosistemas. También es aplicable a las bases genéticas de cultivos individuales en el nivel de interespecie (cada cultivo y sus parientes silvestres), y en los intervarietales e intravarietales (este último abarca las capacidades adaptables de muchas variedades cultivadas por los agricultores tradicionales). La información adecuada sobre el material genético conservado, tanto *ex situ* como *in situ*, permitiría a los usuarios localizar el material deseado. Esta

estrategia se aplicará de forma diferente para cada cultivo y región, teniendo en cuenta las diferentes formas y grados de conservación, así como las diversas necesidades nacionales y los recursos económicos, técnicos y humanos disponibles.

La conservación de RFAA no es suficiente; es esencial que se usen de forma apropiada. En los bancos genéticos hay muchas muestras infrautilizadas (Notas 3 y 14), excepto para la individuación de la resistencia a las enfermedades (Nota 51). Claramente hay un gran potencial para incrementar el uso de los recursos genéticos, sobre todo considerando las nuevas tecnologías moleculares que pueden utilizarse para identificar y transferir los genes que controlan las características valiosas (Nota 52). Una nueva e importante iniciativa en este sentido es el Programa de Desafío en la Generación, un consorcio de institutos de investigaciones internacionales y nacionales (Nota 53).

Desafíos sociales. Para garantizar que los beneficios derivados de los recursos fitogenéticos lleguen a todos los que los necesitan, es indispensable la investigación por parte del sector público en aquellos ámbitos donde el sector privado no invierte dinero. La mayoría de las variedades de cultivo comerciales no se adaptan a las necesidades de los agricultores más pobres cuyo acceso a la irrigación, a los fertilizantes y plaguicidas es limitado o nulo. Para hacer frente a sus necesidades hay que encontrar un modelo agrícola nuevo y concreto, respetuoso del medio ambiente, y social y éticamente aceptable. Este modelo podría hacerse realidad a través de programas que contasen con el apoyo público, para desarrollar cultivos capaces de soportar las condiciones adversas, como la sequía, la salinidad elevada, la escasa fertilidad del suelo y la carencia de estructuras, y resistentes a los parásitos y a las enfermedades locales. Esos programas probablemente se pueden llevar a cabo con las variedades de que disponen actualmente los agricultores, que a menudo contienen estos rasgos. Hay ejemplos alentadores de esta clase de investigación, que debe ser apoyada.

La entrada en vigor del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y

la Agricultura representa una esperanza en la lucha contra el hambre y la malnutrición, también en el ámbito local. Sus medidas sobre la utilización sostenible, los derechos de los agricultores y la distribución de beneficios abren el camino a la cooperación entre los agricultores y los fitomejoradores en el ámbito del mejoramiento genético de las variedades utilizadas por los agricultores tradicionales, en vez de centrarse únicamente en la búsqueda de los “genotipos universales”).

Desafíos económicos. Conservar la diversidad genética vegetal es caro, pero el precio de no tomar medida alguna todavía cuesta más. Los recursos económicos para la conservación y la utilización sostenible de los recursos genéticos agrícolas están muy por debajo del nivel adecuado. Este problema es especialmente grave en el caso de la conservación *in situ* de las variedades de los agricultores tradicionales y, cada vez más, de los parientes silvestres de las plantas cultivadas, que en gran parte se encuentran en los países en desarrollo. La escasez de recursos económicos en estos países no es solamente un óbice a la protección de las especies silvestres, sino también una de las causas principales de la erosión genética, ya que la gente corta árboles para conseguir leña o convierte superficies vírgenes en tierras de labranza. Todos los países se beneficiarían si esas zonas estuvieran protegidas para dedicarlas a la conservación “*in situ*”. Por lo tanto, la comunidad internacional debería aunar sus esfuerzos para salvaguardarlas. La creación del Fondo Mundial para la Diversidad de los Cultivos, como elemento importante de la estrategia de financiación del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, es un paso en la dirección justa. Sin embargo, este fondo está pensado expresamente para la conservación *ex situ*. Hacen falta estrategias financieras para apoyar los otros objetivos del Tratado.

Desde una perspectiva macroeconómica, los RFAA se han considerado como una fuente ilimitada de beneficios constantes. En cambio son, de hecho, un recurso limitado destinado a las generaciones futuras. Los precios de mercado siguen sin reflejar el pleno valor que tienen esos recursos de cara al futuro. Una solución económica sostenible

de ese problema es englobar el coste de conservación del recurso en el coste de producción del producto. Por ejemplo, comprando una manzana, podríamos pagar no sólo el coste de producción, sino también los gastos de mantener los recursos genéticos que permitirán a las futuras generaciones seguir comiendo manzanas. Las medidas del tratado relativas a la distribución de beneficios, incluyendo el reparto de los beneficios monetarios obtenidos de la comercialización, representan un primer paso en este sentido.

Desafíos legales y políticos. La entrada en vigor del Tratado marca un hito en la cooperación agrícola internacional. Sin embargo, algunas de sus medidas se afinarán durante la primera reunión del órgano rector en junio de 2006. Entre ellas se encuentran un acuerdo tipo de transferencia de material de recursos fitogenéticos para regular el acceso y determinar el nivel, la forma y la manera de los pagos monetarios sobre su comercialización. Hay que establecer mecanismos para su cumplimiento efectivo, así como para la estrategia de financiación del tratado. Cuando funcione sin problemas y sus beneficios sean patentados, se podría llegar en las futuras reuniones al consenso general sobre otras cuestiones polémicas y difíciles, como el aumento del número de los cultivos que cubre el Sistema multilateral de acceso y distribución de beneficios.

Después de su ratificación por un país, las medidas del Tratado tienen que ser plenamente puestas en práctica en el ámbito nacional, para lo cual será necesario elaborar normas nacionales. En algunos casos también será necesario legislar para prevenir la erosión genética, promover la conservación, la caracterización y la documentación de los recursos genéticos indígenas, poner en práctica los derechos de los agricultores, facilitar el acceso a los recursos genéticos para la investigación y el fitomejoramiento y promover el reparto de beneficios. La velocidad con la que los países están ratificando el Tratado en sus parlamentos es muy esperanzadora.

El tratado no puede considerarse aislado de otras importantes legislaciones nacionales e internacionales sobre la diversidad biológica y las tecnologías relacionadas (Notas 44 y 54) (ver Recuadro 3). El acceso a los recursos

CUADRO 3 | Equilibrar el valor de los RFAA y de las tecnologías biológicas que se sirven de ellos

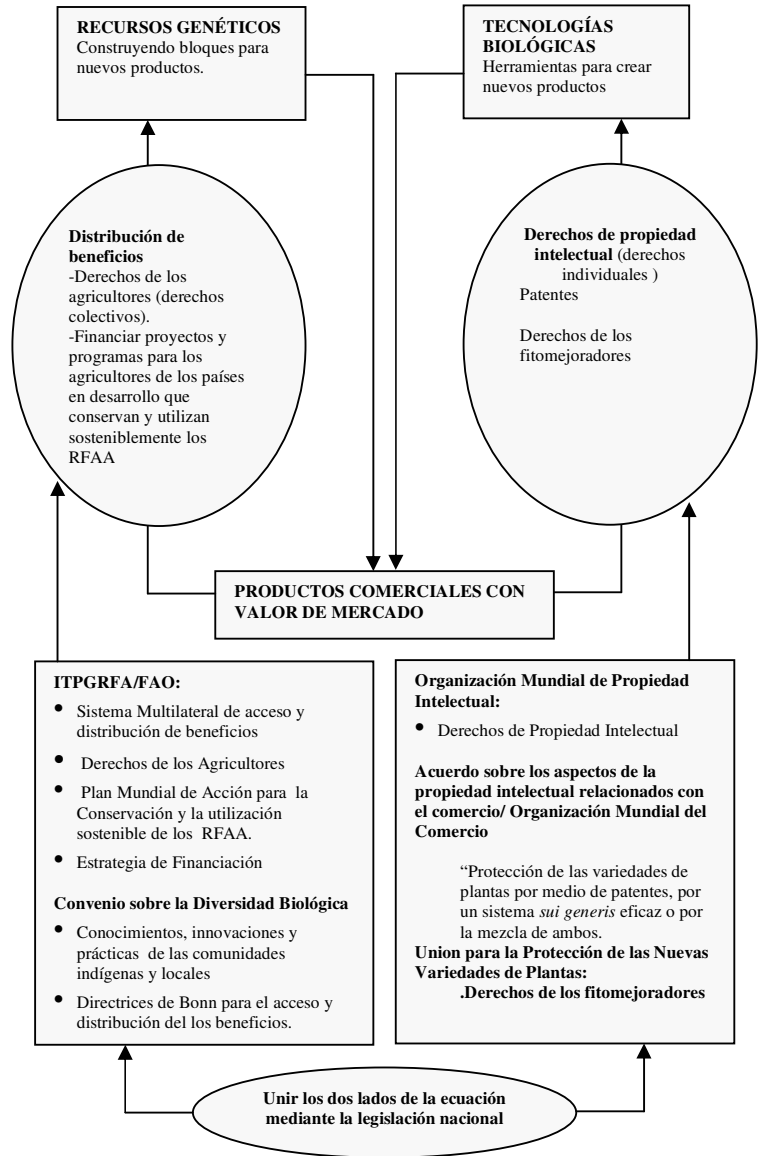
Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura proporcionan los componentes básicos que permiten a los fitomejoradores clásicos y a los biotecnólogos desarrollar nuevas variedades comerciales y otros productos biológicos. A pesar de su importancia innegable, ni los recursos genéticos ni las tecnologías biológicas a ellos aplicadas, tienen por sí mismos un adecuado valor comercial. Sin embargo, a menudo existe un valor de mercado evidente para los productos comerciales derivados de su utilización. Desde los años 60 varios organismos y acuerdos internacionales (por ejemplo, la Unión para la Protección de las Nuevas Variedades de Plantas, la Organización Mundial de Propiedad Intelectual y el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio) se han ocupado de este tema.

De ese modo se han establecido medidas que otorgan a los profesionales de la tecnología biológica derechos individuales (derechos de propiedad intelectual como los derechos y patentes de los fitomejoradores) que les permiten conseguir beneficios monetarios de los productos comerciales que podrían ser el resultado del empleo de esas tecnologías. A partir de los años 90 otros acuerdos internacionales, sobre todo el Tratado Internacional sobre los Recursos fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura han reconocido derechos colectivos (los derechos del agricultor y la distribución de beneficios) de quienes suministran los recursos genéticos. Esto podría contribuir a un sistema más simétrico y equilibrado de incentivos, que promueva el desarrollo y el uso de nuevas biotecnologías, pero asegure también la conservación continua, el desarrollo y la disponibilidad de los recursos genéticos a los cuales estas tecnologías se aplican (ver figura). Ahora es tarea de los gobiernos nacionales poner en práctica estas medidas. Para ello, cada país debería elaborar una legislación nacional apropiada que tenga en cuenta las dos caras del sistema representado en la figura, fomentando así la armonía y la sinergia en la puesta en práctica de varios acuerdos internacionales obligatorios.

genéticos y a las biotecnologías relacionadas está cada vez más amenazado por la proliferación de los derechos de propiedad intelectual y la extensión de su alcance, así como por el número creciente de las leyes nacionales que restringen el acceso y el empleo de RFAA. La eficacia del Tratado para obstaculizar o invertir la tendencia restrictiva actual dependerá de cómo cada país y la comunidad internacional interpretan y ponen en práctica sus medidas.

Sensibilización de la opinión pública. Por último, hay que movilizar con urgencia apoyo científico, político y económico para la conservación, el acceso y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. La

EQUILIBRAR EL VALOR DE LOS RFAA Y DE LAS TECNOLOGÍAS BIOLÓGICAS QUE SE SIRVEN DE ELLOS



voluntad política puesta de relieve por la velocidad de ratificación del Tratado, tiene que traducirse en acción. La primera reunión del órgano rector brindará una oportunidad excelente para fomentarla. Sensibilizar a la opinión pública de la importancia de la diversidad genética y de los peligros de su pérdida es otro objetivo capital: ningún sistema de medidas legislativas tendrá éxito sin la comprensión y el acuerdo de los ciudadanos. Afortunadamente, hay que constatar el éxito de algunas iniciativas de base para crear conciencia en las personas sobre la importancia de la conservación y la utilización de los RFAA (Notas 55 y 56).

No hay que olvidar que la erosión genética es solamente una de las consecuencias de la explotación por parte de la humanidad de los recursos naturales del planeta. El problema fundamental es la falta de respeto por la naturaleza, y cualquier solución duradera llevará aparejada la instauración de una nueva relación con nuestro planeta y la comprensión de sus limitaciones y su fragilidad. Si la humanidad quiere perpetuarse, es imperativo que los niños lo aprendan en la escuela, y que esta conciencia forme parte de la vida de los adultos.

Conclusión

Nunca antes habíamos contado con instrumentos tan poderosos para controlar nuestro futuro y, sin embargo, nunca antes habíamos

corrido tantos peligros. Para que el desarrollo agrícola sea sostenible, y para la reversibilidad de algunos procesos nocivos es indispensable

conservar los recursos naturales que son la base del desarrollo. Construir un mundo sin hambre ni pobreza es una responsabilidad de todos

nosotros, que no debemos ignorar o dejar en manos del azar.

Comisión de la FAO sobre los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.
e-mail: Jose.Esquinas@fao.org
doi:10.1038/nrg1729

- FAO. World agriculture: towards 2015/2030. FAO corporate document repository [online], <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=DOCREP/005/Y4252E/Y4252E00.HTM> (2005).
- FAO. International Treaty for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO Conference, Rome [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/it/ITPGRe.pdf> (2001).
- FAO. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. [online], <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRI/CULT/AGP/AGPS/Pgrfa/pdf/swrfull.pdf> (1997).
- Mangelsdorf, P. C. Genetic potentials for increasing yields of food crops and animals. Proc. Natl Acad. Sci. USA 56, 370–375 (1966).
- National Research Council. Genetic Vulnerability of Major Crops (National Academy of Sciences, Washington DC, 1972).
- Chang, T. T. in The Use of Plant Genetic Resources (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1989).
- Shands, H. Plant genetic resource conservation: the role of the gene bank in delivering useful genetic materials to the research scientist. J. Hered. 81, 7–10 (1990).
- Ten Kate, K. & Laird, S. The Commercial Use of Biodiversity: Access to Genetic Resources and Benefit-Sharing (Earthscan, London, 1999).
- Fowler, C. & Hodgkin, T. Plant genetic resources for food and agriculture: assessing global availability. Annu. Rev. Environ. Resour. 29, 143–179 (2004).
- McFerson, J. R., Lamboy, W. F. & Kresovich, S. Assessing user perceptions of genetic resources collections in crucifer crops. Crop Sci. 36, 831–838 (1996).
- Gómez-Campo, C. Long term seed preservation: the risk of using inadequate containers is very high. Monographs ETSIA, Univ. Politécnica de Madrid 163, 1–10 (2002).
- Holden, J. H. W. in Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation (Allen & Unwin, London, 1984).
- Lyman, J. Progress and planning for germplasm conservation of major food crops. Plant Genet. Resour. Newsl. 60, 3–21 (1984).
- Miller, J. C. & Tanksley, S. D. RFLP analysis of phylogenetic relationship and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. Theor. App. Genet. 80, 437–448 (1990).
- Padulosi, S., Hodgkin, T. & Williams, J. T. in Managing Plant Genetic Diversity (CABI, Wallingford, UK, 2002).
- Lund, B., Ortiz, R., Skovgaard, I. M., Waugh, R. & Anderson, S. B. Analysis of potential duplicates in barley genebank collections using re-sampling of micro-satellite data. Theor. Appl. Genet. 106, 1129–1138 (2003).
- Van Hintum, T. J. L. & Visser, D. L. Duplication within and between germplasm collections. II. Duplication in four European barley collections. Genet. Resour. Crop Evol. 42, 135–145 (1995).
- Altieri, M. A. & Merrick, L. C. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. Econ. Bot. 41, 86–96 (1987).
- Brush, S. (ed.) Genes in the Field: On-farm Conservation of Crop Diversity (International Development Resources Centre/International Plant Genetic Resources Institute/ Lewis, Boca Raton, Florida, 2000).
- Brush, S. Providing farmers' rights through *in situ* conservation of crop genetic resources. CGRFA Background Study Paper No. 3 [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/BSP/bsp3E.pdf> (1994).
- Jarvis, D. I., Zoes, V., Nares, D. & Hodgkin, T. On-farm management of crop genetic diversity and the Convention on Biological Diversity's programme of work on agricultural biodiversity. Plant Genet. Resour. Newsl. 138, 5–17 (2004).
- Jarvis, D. I. et al. A Training Guide for *In Situ* Conservation On-farm Version 1 (International Plant Genetic Resource Institute, Rome, 2000).
- Prescott-Allen, R. & Prescott-Allen, C. *In Situ* Conservation of Crop Genetic Resources: a Report to the International Board for Plant Genetic Resources (International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 1981).
- Prescott-Allen, R. & Prescott-Allen, C. Genes from the Wild 2nd edn (Kogan Page, London, 1983).
- Jarvis, A. et al. Biogeography of wild arachis: assessing conservation status and setting future priorities. Crop. Sci. 43, 1100–1108 (2003).
- CGRFA. Progress report on the development of a network of *in situ* conservation areas. GIAHS home page [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/cgrfa9/r9w13e.pdf> (2002).
- Kloppenborg, J. R. Jr (ed.) Seeds and Sovereignty — The Use and Control of Plant Genetic Resources (Duke Univ. Press, Durham, North Carolina, 1988).
- Palacios, X. F. Contribution to the estimation of countries' interdependence in the area of plant genetic resources. CGRFA Background Study Paper No. 7 Rev. 1 [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/BSP/bsp7E.pdf> (1998).
- Vavilov, N. I. Centers of origin of cultivated plants. Bull. App. Bot. Genet. Plant Breed. 16, 1–248 (1926).
- Vavilov, N. I. Phytogeographic basis of plant breeding. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chronica Bot. 13, 1–366 (1951).
- Zeven, A. C. & De Wet, J. M. J. Dictionary of Cultivated Plants and their Regions of Diversity Excluding Most Ornamentals, Forest Trees and Lower Plants 2nd edn (Pudoc, Wageningen, Netherlands, 1982).
- Gollin, D. in Agricultural Values of Plant Genetic Resources (CABI, Wallingford, UK, 1998).
- Frankel, O. H. in Genetic Resources in Plants — Their Exploration and Conservation (Blackwell, London, 1970).
- Correa, C. Sovereign and property rights over plant genetic resources. CGRFA Background Study Paper No. 2 [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/BSP/bsp2E.pdf> (1994).
- Correa, C. The access regime and the implementation of the FAO International Treaty on Plant Genetic Resources in the Andean group countries. J. World Intellect. Prop. Rights 6, 795–806 (2003).
- Correa, C. in Strengthening Partnerships in Agricultural Research for Development in the Context of Globalization: Proceedings of the GFAR-2000 Conference 40–43 (GFAR/IPGRI, Rome, 2003). (2003).
- Fowler, C. & Lower, R. The politics of plant breeding. Plant Breeding Rev. 25, 21–56 (2004).
- Palmberg, C. & Esquinas-Alcázar, J. T. The role of the United Nations agencies and other international organizations in the conservation of plant genetic resources. For. Ecol. Manage. 35, 171–197 (1990).
- Frankel, O. H. & Bennet, E. Genetic Resources in Plants — Their Exploration and Conservation (Blackwell Scientific, Oxford, 1970).
- Frankel, O. H. & Hawkes, J. G. Crops Genetic Resources for Today and Tomorrow (Cambridge Univ. Press, 1975).
- Holden, J. H. W. & Williams, J. T. Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation (Allen & Unwin, London, 1984).
- CGRFA. Overview of the FAO Global System for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture and its potential contribution to the implementation of the International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO paper, Rome [online], <ftp://extftp.fao.org/ag/cgrfa/cgrfa10/r10w3e.pdf> (2004).
- FAO. Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. International Technical Conference on Plant Genetic Resources, Leipzig, Germany [online], <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGP/AGPS/Pgrfa/Pdf/GPAENG.PDF> (1996).
- Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. World Information and Early Warning System on PGRFA. WIEWS home page [online], <http://apps3.fao.org/wiews/wiews.jsp?i_1=EN> (2002).
- Kalaugher, E. & Visser, B. A summary and analysis of existing international plant genetic resources networks. CGRFA Background Study Paper No. 16 [online], <ftp://extftp.fao.org/ag/cgrfa/BSP/bsp16e.pdf> (2002).
- FAO. International code of conduct for plant germplasm collecting and transfer. FAO Conference, Rome [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/GS/CCgermpE.pdf> (2003).
- CGRFA. Progress on the draft Code of Conduct on Biotechnology as it relates to genetic resources for food and agriculture: policy issues, gaps and duplications. Code of Conduct on Biotechnology web site [online], <http://www.fao.org/ag/cgrfa/biocode.htm> (2004).
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Convention on Biological Diversity Handbook 3rd edn [online], <http://www.biodiv.org/handbook/> (2003).
- Correa, C. in Strengthening Partnerships in Agricultural Research for Development in the Context of Globalization: Proceedings of the GFAR-2000 Conference 34–39 (GFAR/IPGRI, Rome, 2003). (2003).
- Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Report on the status of the Global Crop Diversity Trust. Start with a Seed home page [online], <http://www.startwithaseed.org/items/homepage.php> (2004).
- Hodgkin, T., Rao, V. R., Cibrián-Jaramillo, A. & Gajji, S. The use of ex situ conserved plant genetic resources. Plant Genet. Resour. 1, 19–29 (2003).
- Tanksley, S. D. & McCouch, S. R. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. Science 277, 1063–1066 (1997).
- Agreement to establish a consortium for the Generation Challenge Program. Cultivating plant diversity for the resource-poor [online], <http://www.generationcp.org/scv10/scv10_upload/Consortium_agreement.pdf> (2004).
- Görg, C. & Brand, U., Global environmental politics and competition between nation-states: on the regulation of biological diversity. Rev. Int. Polit. Econ. 7, 371–398, (2000).
- Fanton, M. & Fanton, J. The Seed Savers' Handbook (Seed Savers' Network, Sydney, 1993).
- Fernald, A., Milano, S. & Sardo, P. A World of Presidia. Food Culture & Community (Slow Food Editore, 2004).
- Kronstad, W. E. Genetic Improvement of Yield in Wheat (Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1986).
- Kihara, H. Origin and history of 'Daruma', a parental variety of Norin 10. Proc. Sixth Int. Wheat Genet. Symp. 6, 13–19 (1983).
- Esquinas-Alcázar, J. T. Genetic Resources of Tomatoes and Wild Relatives (International Board for Plant Genetic Resources, Rome, 1981).
- Doney, D. L. & Whitney, E. D. Genetic enhancement in Beta for disease resistance using wild relatives — a strong case for the value of genetic conservation. Econ. Bot. 44, 445–451 (1990).
- FAO Nutritional Division. Nutritional value of some of the crops under discussion in the development of a multilateral system. CGRFA Background Study Paper No. 11 [online], <ftp://ext-ftp.fao.org/ag/cgrfa/BSP/bsp11e.pdf> (2001).

Agradecimientos

Estoy muy agradecido a M. Rucli y M. Smith por su importante ayuda en la preparación de este artículo. También quiero dar las gracias por su aportación a F. Ayala, D. Boerma, C. Correa, C. Fowler, P. Gulick, G. Hawtin, T. Hodgkin, C. Stannard, S. Tanksley, E. Tewelde y Á. Toledo.

Declaración de intereses de competencia del autor
El autor declara que no tiene intereses financieros de su competencia.

MÁS INFORMACIÓN

Grupo de acción sobre erosión, tecnología y concentración: <http://www.efcgroup.org>
Diversidad biológica en la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/biodiversity/index.asp>
Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/ag/cgrfa/default.htm>
Ética en la alimentación y la agricultura: http://www.fao.org/ethics/index_en.htm
Programa de desafíos en la generación: <http://www.generationcp.org/index.php>
Sistemas ingeniosos del patrimonio agrícola mundialmente importantes:

<http://www.fao.org/landandwater/agll/qjahs/default.stm>
Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales web site: <http://www.upov.int>
El Convenio sobre la diversidad biológica : <http://www.biodiv.org/default.shtml>
Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos - Empieza con una semilla: <http://www.startwithaseed.org/items/homepage.php>
Centros de Investigación Agrícola Internacional: <http://www.cgiar.org>
Red de los Protectores de Semilla: <http://www.seedsavers.net>
Slow Food: asociación internacional: <http://www.slowfood.com>

El estado mundial de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPS/Parfa/wrmap_e.htm
Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio: http://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/trips_e.htm

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual: <http://www.wipo.int/portal/index.html.en>

INFORMACION SUPLEMENTARIA

Ver artículo on line (Tablas S1 y S2)
Es posible acceder on line a los enlaces indicados