

LA DIVERSIDAD GENETICA COMO MATERIAL BASICO PARA EL DESARROLLO AGRICOLA

José T. Esquinas-Alcázar ()*
Secretario de la Comisión de Recursos Fitogenéticos
de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura
y la Alimentación

FAO
ROMA, Italia

*"El hombre y su propio destino deben constituir
el principal punto de referencia de cualquier
avance técnico, con el fin de asegurarnos que la
creatividad de nuestras mentes sea fuente de
beneficios y no de calamidades".*
A. Einstein.

Introducción

Desde la aparición de la vida sobre la Tierra, hace unos 3.000 millones de años, el número de especies ha aumentado sin cesar en un proceso de diversificación constante. La diversidad genética acumulada permite un buen aprovechamiento de los recursos energéticos del planeta y una gran capacidad de adaptación y ajuste que confiere al sistema armonía y estabilidad. Esta diversidad genética, sometida a un proceso de selección y adaptación permanente a las cambiantes condiciones de la Tierra, constituye hoy los recursos genéticos o germoplasma del planeta.

La estrategia mundial para la Conservación, preparada en febrero de 1985 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Fondo para el Mantenimiento de la Vida Silvestre (WWF) con la colaboración de la FAO y la Unesco, considera la diversidad genética como "un amortigua-

* Este artículo expresa los puntos de vista del autor y no refleja necesariamente la política de la FAO o de sus países miembros.

dor contra los cambios nocivos en el medio ambiente y como la materia prima necesaria para numerosas investigaciones científicas e industriales", y su conservación como "una cuestión de seguridad y también de inversión, y como un principio moral" (UICN, 1981). En un informe "US Strategy on the Conservation of Biological Diversity" presentado al Congreso de los Estados Unidos, se afirma que la diversidad genética (aquí llamada biológica) "es en muchos sentidos nuestro recurso natural fundamental y es el más grande y profundo acervo en el que se encontrarán nuevos alimentos, fibras, carburantes, productos químicos, medicinas, productos farmacéuticos, herbicidas, insecticidas y materia prima para la industria" (ITF, 1985).

A pesar de que la supervivencia del hombre y de su casa, la Tierra, dependen de la diversidad genética, ésta está siendo eliminada rápidamente mientras que la población humana y la demanda de productos procedentes del germoplasma existente en nuestro planeta no dejan de crecer. Los cambios producidos por el hombre en numerosos ecosistemas han destruido los hábitats de muchas especies, reduciendo su diversidad genética y poniéndolas en algunos casos al límite de su tolerancia. La sobreexplotación y la deforestación de esos hábitats también favorecen los fenómenos de desertificación, pérdida de fertilidad del suelo, inundaciones, etc. Si la degradación de las tierras y la deforestación continúan al ritmo actual, se calcula que en menos de 20 años habremos destruido una tercera parte de las tierras agrícolas arables del mundo y la mitad de los bosques tropicales productivos, con toda la variedad genética en ellos contenida. Según la misma fuente, en dicho periodo la población humana aumentaría en un 42 por ciento, de 4.700 millones a 6.600 millones (ITF, 1985).

La pérdida de diversidad que pone en peligro los recursos genéticos del planeta afecta tanto a los vegetales como a los animales y a los microorganismos. Sin embargo, en esta exposición, y por razones de tiempo y eficacia, nos ocuparemos sólo de los recursos genéticos vegetales, también llamados recursos fitogenéticos, y dentro de ellos pondremos especial atención en el germoplasma de las especies utilizadas en la alimentación.

Desde el punto de vista utilitarista, los recursos fitogenéticos pueden considerarse como recursos naturales, limitados y perecederos que proporcionan la materia prima o genes que, debidamente utilizados y combinados por el hombre, permiten obtener nuevas y mejores variedades de plantas —ellos son la fuente insustituible de características tales como adaptación, resistencia a enfermedades y productividad. Su valor incalculable, para hoy y para el futuro, es independiente de que el científico que los utilice lo haga aplicando los métodos clásicos de mejora o técnicas modernas de ingeniería genética.

Los recursos fitogenéticos así definidos incluyen las siguientes categorías de plantas: variedades primitivas y modernas (obsoletas o no) de especies cultivadas; especies silvestres y malas hierbas afines a las especies cultivadas; especies silvestres de valor actual potencial y, por último, determinadas combinaciones genéticas útiles en los programas de mejora (individuos poliploides, polisómicos, con genes marcadores, ...).

La diversidad genética no se distribuye al azar en el mundo, sino que está localizada principalmente en zonas tropicales y subtropicales que coinciden en

muchos casos con países en vías de desarrollo. Vavilov, pionero en esta materia, identificó ya en la década 1920-30 las áreas geográficas donde la riqueza genética de las plantas alimenticias cultivadas es máxima: América Central y México, área Andina, área Mediterránea, Asia Central, Brasil y Paraguay, Cercano Oriente, Chile, China, Etiopía, India e Indo-Malasia.

Como fuente última de la alimentación, los recursos genéticos constituyen la despensa de la Humanidad. Su importancia, tanto real como estratégica, es enorme y su pérdida es una grave amenaza, a medio y largo plazo, para el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo.

Los recursos fitogenéticos de las plantas comestibles

Importancia y necesidad de su salvaguardia

La aparición de la agricultura hace unos 10.000 años en varias partes del Globo provocó la ruptura de numerosos equilibrios ecológicos pero, afortunadamente, la lentitud de los procesos de domesticación de plantas permitió alcanzar otros equilibrios estables. A lo largo de este milenar proceso evolutivo, en el que se calcula que el Hombre ha utilizado más de 10.000 especies vegetales comestibles, se ha producido una coadaptación entre el *Homo sapiens* y sus plantas cultivadas y entre éstas y su ambiente. Esta coadaptación ha sido determinada localmente, tanto por las condiciones de clima y suelo de cada región como por el tipo de cultura/civilización de sus habitantes. Todo ello ha contribuido decisivamente a que la diversidad genética se mantuviese e, incluso, incrementase durante este largo periodo. Surgieron distintas especies y variedades cultivadas adaptadas a cada zona y gran heterogeneidad dentro de cada variedad. En cuanto a su productividad, podría no ser elevada, pero la diversidad mencionada confería una gran estabilidad productiva, como convenía al tipo de agricultura local de subsistencia que se practicaba. Esta estabilidad productiva se debía a la coexistencia en un mismo campo de cultivo de plantas resistentes a enfermedades distintas y capaces de soportar bien, unas el frío y otras el calor, unas la humedad y otras la sequía, etc., de forma que, aunque la producción individual variara con las condiciones climáticas y las enfermedades que aparecían durante el año agrícola, el rendimiento medio se mantenía año tras año. Otro factor estabilizante característico de este periodo era el lento crecimiento de la población humana.

En los tiempos modernos los equilibrios ecológicos se han roto de nuevo, y la velocidad con la que se producen ahora los cambios, unida a la reciente explosión demográfica humana, no concede a la Naturaleza el tiempo biológico necesario para restablecerlos. Una característica muy importante de esta nueva etapa es la reducción de la diversidad genética. En efecto, los contactos y choques entre distintas civilizaciones y grupos étnicos han llevado consigo la fusión de sus costumbres y sistemas de vida. Ya en este siglo, el desarrollo de los transportes y comunicaciones ha facilitado aún más el fenómeno de unificación cultural y la imposición de los hábitos alimenticios de la civilización dominante. El número de especies ampliamente cultivadas actualmente apenas supera las 150 y, según Mangelsdorf, la inmensa mayoría de la Humanidad vive de sólo 12 especies. Esta reducción de la diversidad no se limita al número de especies sino que se produce también a nivel de variedades agrícolas.

En efecto, la concentración de la población en las ciudades y el incremento creciente de la demanda de alimentos ha obligado a dar prioridad a las características de producción alta sobre las características de producción estable. Al mismo tiempo que la introducción de las máquinas agrícolas y los medios modernos de comercialización y transporte imponían la necesidad de introducir plantas uniformes y homogéneas. Con el esfuerzo conjunto de los mejoradores de plantas, y de las organizaciones oficiales y privadas, se ha conseguido satisfacer la demanda de homogeneidad y productividad, y en las especies más importantes un pequeño grupo de variedades uniformes y generalmente mucho más productivas ha sustituido a un enorme mosaico de variedades locales heterogéneas y primitivas. Este fenómeno ha conseguido multiplicar la producción de alimentos en el mundo, pero el precio pagado ha sido ya alto y puede crecer en el futuro. Por una parte, ha aumentado la dependencia energética y tecnológica a través de insumos caros (abonos, pesticidas, riegos, etc.). Por otra parte, se han perdido para siempre numerosas variedades locales heterogéneas.

El problema estriba en que con la pérdida de una especie o de una variedad local se elimina de forma irreversible la diversidad genética en ella contenida, que naturalmente incluye genes de adaptación a la zona en la que evolucionó. En Grecia, en los últimos 40 años se ha perdido irremediablemente el 95 por ciento de las variedades nativas de trigo (IBPGR, 1981). En España, en 1970, el autor de este artículo recolectó más de 300 cultivares primitivos de melón; en el proceso de multiplicación se perdieron las semillas procedentes de 10 de ellos y, cuando en 1973 se intentó recolectar de nuevo en los mismos lugares, tres de estos diez cultivares habían desaparecido y las últimas semillas procedentes de un cuarto fueron encontradas en la casa de un agricultor que había vendido sus fincas por razones de edad y estaba a punto de trasladarse a la ciudad con sus hijos. El problema es similar en muchos otros cultivos.

Esta pérdida de variabilidad, que se conoce como erosión genética, ha reducido peligrosamente la base genética sobre la que actúa la selección natural, aumentando de manera alarmante la vulnerabilidad de nuestros cultivos frente a inesperados cambios ambientales o a la aparición de nuevas plagas y enfermedades. La famosa hambruna que sacudió a Europa en el siglo pasado y produjo la muerte por hambre de unos dos millones de irlandeses fue debida a la estrecha base genética de las patatas cultivadas en ese momento en Europa que, procedentes de una pequeña cantidad de material uniforme traído de América Latina en el siglo XVI, resultaron ser muy susceptibles a la *Phytophthora infestans* (Hawkes, 1979). En 1970, el *Helminthosporium maydis* destruyó en Estados Unidos más del 50 por ciento de los maizales existentes en el sur del país, debido a que todos ellos procedían de semillas híbridas obtenidas mediante androesterilidad citoplasmática, a partir de una sola variedad donante de citoplasma que era susceptible a esta enfermedad (NAS, 1972). Muchos casos similares, aunque con repercusiones menos graves, se han multiplicado por doquier en los últimos años, poniendo en peligro la estabilidad económica y social de algunos países (Esquinas - Alcázar, 1983).

Como consecuencia del ataque de *Helminthosporium* del maíz en 1970, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos estableció un comité para el estudio de la vulnerabilidad genética de los principales cultivos. El comité

encontró que la diversidad genética de muchos de los cultivos importantes de Estados Unidos era peligrosamente estrecha. Por ejemplo, el 96 por ciento de los guisantes sembrados en el país procedían de sólo dos variedades y el 95 por ciento de los cacahuets cultivados de sólo nueve variedades.

El fenómeno es extrapolable a numerosos cultivos y países, y datos más recientes muestran una clara tendencia al empeoramiento de la situación.

Nadie puede negar sin embargo que, con una población mundial creciente y subalimentada, la introducción de variedades mejoradas, uniformes y mucho más productivas es hoy esencial para el desarrollo y para la lucha contra el hambre. Pero tampoco se debe ignorar que en el afán por aumentar la producción, se está quitando a la Naturaleza el mecanismo de seguridad más importante que ha poseído a lo largo de los siglos: la diversidad.

Para no hipotecar el futuro es preciso asegurarse de que los procesos desencadenados sean controlables y reversibles, lo que implica que a través de muestras representativas de las variedades locales sustituidas y de las especies amenazadas se mantengan adecuadamente los genes en ellas.

Utilización de la mejora genética

Mediante la mejora genética el hombre es capaz de modificar los genotipos de las plantas cultivadas introduciendo en ellos genes responsables de los caracteres deseados. Estos genes son previamente identificados entre los recursos genéticos existentes en el campo o en los bancos de germoplasma y transferidos mediante sucesivos cruces y selección a las variedades objeto de mejora. Los ejemplos reflejados en la Tabla 1 prueban la enorme importancia y valor econó-

Tabla 1.—Evolución de los rendimientos medios (kg/ha) mundiales en 7 importantes productos agrícolas

	1961-65	1969-71	1974-76	1982	1987
TRIGO	1.209	1.540	1.684	2.009	2.342
CEBADA	1.466	1.875	1.946	2.068	2.267
ARROZ	2.038	2.331	2.471	2.871	3.221
MAIZ		2.472	2.722	3.465	3.584
SOJA	1.144	1.487	1.538	1.772	1.899
HABA SECA	916	961	1.070	1.142	1.371
PATATA	11.939	13.855	13.895	14.421	15.680

Fuente: Anuarios FAO de la Producción Agraria.

mico de los recursos fitogenéticos y de los bancos de germoplasma vegetal que han sido la base del aumento de la producción agrícola en los últimos años. Actualmente, el valor del uso de esta materia prima ha aumentado debido a nuevas técnicas que, como la ingeniería genética, facilitan el trasvase de genes entre especies distintas haciendo posible la obtención de híbridos somáticos donde no es posible la obtención de híbridos sexuales.

Una variedad primitiva de maíz mexicano, la "Zapalote Chico", originada en el sur de México, ha sido la fuente de resistencia al *Heliothis zea* (gusano del

maíz) en los maíces cultivados y en muchos casos, ha servido también como fuente para introducir insensibilidad a la longitud del día. La variedad de maíz "Ladyfinger", usada para producir palomitas, ha sido ampliamente utilizada como fuente de resistencia al *Helminthosporium turcicum* y a otros caracteres agronómicos y de calidad (Creech y Reitz, 1971).

Cuatro cultivares de sorgo, de endospermo amarillo, colectados en Nigeria en 1951, han sido la fuente indiscutible utilizada para incrementar el contenido de vitamina A en el cultivo de sorgo (Creech y Reitz, 1971).

La variedad primitiva enana del trigo japonés "Norin 10", introducida en América en 1946, ha desempeñado un papel clave en la mejora genética de esta especie, al ser utilizada como donante de los genes responsables del enanismo, que permiten aumentar la dosis de abonos nitrogenados y, con ello, la producción. Una variedad local de trigo procedente de Turquía y colectada por J.R. Harlan en 1948, fue ignorada durante muchos años debido a sus numerosas características agronómicas negativas y sólo en etapa relativamente reciente se descubrió que esta variedad portaba genes de resistencia a *Puccinia striiformis*, a 35 razas de *Tilletia caries* y *T. foetida*, y a 10 razas de *Tilletia controversa*, y era además tolerante a algunas especies de *Urocystis*, *Fusarium*, y *Typhula* por lo que ha sido utilizada ampliamente como fuente de resistencia a múltiples enfermedades (Creech y Reitz, 1971). La resistencia a distintos tipos de roya se ha introducido en el trigo cultivado a partir de especies silvestres procedentes del Mediterráneo, Medio Este y Asia Menor (Esquinas - Alcázar, 1981).

Una población de *Oryza nivara* (tipo de arroz silvestre) procedente de la India Central es la única fuente conocida de resistencia a una de las más serias enfermedades de este cultivo, el "Grassy Stunt Virus". Los genes responsables de esta resistencia han sido transferidos a la variedad comercial "IR 36" que ha pasado a ser la variedad más solicitada en el mercado internacional (Chang, 1983; Swaminathan, 1983). Los cultivares primitivos de arroz, procedentes del Noroeste de la India, están sirviendo como fuente de resistencia a numerosas plagas y enfermedades en otras partes del mundo. En este cultivo, el rendimiento medio en Asia, donde es la base de la alimentación de unos 2.000 millones de personas, ha aumentado en un 30 por ciento entre 1968 y 1981 (Chang, 1983; Swaminathan, 1983) (Tabla 1).

En forrajes, la utilización de genes encontrados en numerosas variedades procedentes de diversos países ha permitido aumentar los niveles de productividad, adaptación y resistencia a plagas y enfermedades. Algunos *Lolium multiflorum*, recolectados en Uruguay en los años 50, han sido la fuente de resistencia a la roya coronada. Una variedad local de *Bromus biebersteinii*, recolectada en Turquía en 1949, es la responsable del vigor y características agronómicas de la famosa variedad "Regar" de esta excelente especie producida en Estados Unidos. El importante ecotipo americano comercial de alfalfa "AWPX3" procede de 13 ecotipos recolectados en 9 países distintos en épocas muy diversas. Un ecotipo primitivo de alfalfa, recolectado en Irán en 1940, ha servido para introducir resistencia a los nematodos del tallo en esta especie (Creech y Reitz, 1971).

La variedad "Shogoin" de pepino, recolectada en Korea en 1948, ha sido

una fuente importantísima de esterilidad masculina utilizada comercialmente para la producción de híbridos. Otra variedad de pepino, recolectada en Myanmar en 1952, ha sido la fuente de resistencia a la marchitez bacteriana en Estados Unidos y Canadá. También en pepino, otra variedad recolectada en India, ha servido para introducir resistencia a la antracnosis en numerosas variedades comerciales (Creech y Reitz, 1971).

Una plantación de melones silvestres, encontrada y recolectada en India en 1937, ha sido básica en la obtención de resistencia a una nueva raza de oidium.

La variedad de lechuga "Rinat Hakfar", recolectada en Israel en 1956, ha permitido alargar el ciclo de producción de este cultivo en Canadá aumentando su rentabilidad económica.

El género *Lycopersicon* es un claro ejemplo en el que numerosas especies silvestres que cruzan bien con el tomate cultivado (*L. esculentum*) han sido utilizadas con éxito como donantes de genes de resistencia a hongos (*L. hirsutum*, *L. peruvianum*), de resistencia a virus (*L. chilense* y *L. peruvianum*), de resistencia a nematodos (*L. peruvianum*), de resistencia a insectos (*L. hirsutum*), de mejora de calidad (*L. chmielewskii*), de adaptación a ambientes adversos (*L. cheesmanii*), etc. (Esquinas - Alcázar, 1981; Rick, 1979). Ejemplos similares se podrían citar para casi todos los cultivos.

Los recursos genéticos de las plantas medicinales e industriales

Plantas medicinales

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), muchos millones de personas, que constituyen entre el 75 y el 90% de la población rural del mundo, basan su salud en la utilización de plantas medicinales, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido que no es posible ni deseable, al menos en este siglo, sustituir las hierbas medicinales por medicamentos occidentales (WWF, 1984).

Desde 1978 se han identificado 20.000 especies de plantas medicinales, y en un estudio realizado por las Naciones Unidas se estima que, en 1980, el comercio de plantas medicinales alcanzó los 550 millones de dólares (WWF, 1984). Por otra parte, la mitad de las drogas utilizadas en el mundo proceden de plantas no cultivadas y su comercio se calcula en unos 40.000 millones de dólares por año (Esquinas - Alcázar, 1981).

Los árabes usaban ya el *Colchicum autumnale*, diez siglos a.C. para combatir la artrosis; el *Croton lechleri* se usa en Perú para tratar el cáncer de estómago; la *Jacaranda caucana* se usa en América Latina contra la leucemia (WWF, 1981), la *Rauwolfia serpentina* se emplea en la India contra el insomnio y contra algunas enfermedades mentales (Lewis and Elviñ-Lewis, 1977), y el *Anthurium tessmanii* se usa como anticonceptivo oral (WWF, 1981). Según la información recogida por el Dr. Norman Farnsworth, de la Universidad de Illinois en USA, existen varios miles de especies vegetales que se usan en distintas partes del mundo para controlar la fertilidad humana (Bingel y Farnsworth, 1980; Farnsworth y Farley, 1980; Schultzs, 1980).

Durante un viaje del autor en 1982 a lo largo del río Ucayale y de sus afluentes, en la Amazonia peruana, observó que el número de hijos de las pequeñas comunidades que habitan en los meandros del río variaba según se tratase de comunidades blancas de origen occidental o comunidades indígenas nativas. La cantidad de tierra fértil en cada uno de estos meandros es muy limitada y sólo permite alimentar a un pequeño número de personas; si la comunidad crece excesivamente, la alimentación pasa a ser deficiente y es preciso emigrar. El número de hijos en las comunidades indígenas era bajo, permitiendo mantener la población constante, mientras en las comunidades blancas un número más alto de hijos provoca un crecimiento inadecuado de la población. Según la información obtenida localmente, la diferencia era debida a que las comunidades indígenas, que aún siguen utilizando sus hierbas medicinales, mantienen el equilibrio ecológico con el medio en que viven mediante la utilización de anticonceptivos naturales como el "piri-piri", probablemente una ciperácea y el "juaranhuarango" (árbol propio de los tahuampas). Un concepto de civilización importado y las costumbres occidentalistas está llevando a la pérdida de sus tradiciones milenarias, y en las zonas cercanas a las principales ciudades no sólo no se usan ya estas hierbas anticonceptivas sino que la información se ha perdido definitivamente y el crecimiento desordenado de la población provoca el éxodo de sus habitantes hacia las zonas industrializadas.

Son innumerables las especies, apenas conocidas en el mundo occidental, que se utilizan en diversas partes del mundo por sus características medicinales. El interés de estas especies es universal, trascendiendo a las etnias o a los grupos tribales que las usan. La diosinina extraída de algunas especies silvestres de la *Dioscorea*, se usa en la fabricación de anticonceptivos hormonales. Dos alcaloides, vincristina y la vimblastina, obtenidos de la *Vinca rosea*, se usan en el tratamiento de la leucemia y de la enfermedad de Hodgkin. La morfina obtenida de la adormidera, *Papaver somnifera*, es de amplio uso en hospitales como anestésico y para combatir los dolores fuertes. El curare, procedente del *Chondrodendron tomentosum*, usado tradicionalmente por las tribus amazónicas para atontar los peces y facilitar su pesca, se está empezando a usar en Occidente con excelentes resultados en cirugía como relajante. En muchos otros casos, el producto químico activo con efectos medicinales ha podido ser identificado en la planta y copiado después sintéticamente. Por ejemplo, el ácido salicílico, identificado primero en la corteza del sauce, que se usó como analgésico durante varios milenios, fue copiado posteriormente en la fórmula de la aspirina y productos análogos (Myers, 1983).

La recolección excesiva y/o pérdida de su hábitat son las causas principales de la erosión genética sufrida por las plantas medicinales. En casos como la *Vinca rosea* (no cultivada) mencionada más arriba, se necesita recolectar unas 500 toneladas de hojas para producir un kilogramo de sulfato de vincristina. Una demanda excesiva de estas especies silvestres puede causar problemas. Según IUCN, el *Panax ginseng* en China y las especies silvestres de *Dioscorea* en los alrededores del Himalaya, están en peligro de extinción (Myers, 1983; WWF, 1984).

En el caso de las plantas medicinales, tan importante como la salvaguardia del material vegetal es el rescate de la información sobre sus propiedades y el

momento y la forma de su uso. Esta información adquirida a través de la experiencia de numerosas vidas humanas ha constituido un legado precioso transmitido por vía oral de padres a hijos, generación tras generación, a lo largo de muchos siglos. La admirable capacidad del hombre de la era industrial para producir algunos productos sintéticos sustitutivos no puede justificar la pérdida irreversible de la valiosa información acumulada por otras culturas. Una actitud inteligente es recoger y documentar esta información junto a las plantas utilizadas antes de que se extingan como grupos étnicos autónomos las razas y tribus que la poseen, conservando ambas cosas (plantas e información) para uso y beneficio de la Humanidad presente y futura.

Plantas industriales

El germoplasma de las plantas industriales productoras de fibras, aceites, perfumes, maderas, productos agroenergéticos, etc., tiene un valor extraordinario y su comercio internacional representa muchos miles de millones de dólares al año. Según la IUCN, el valor de los productos manufacturados procedentes de la especie *Calamus rotang* supera los 5.000 millones de dólares al año. Otras plantas sólo han empezado a utilizarse recientemente (WWF, 1984). Este es el caso de algunas especies de *Chrysanthemum* de las que se obtiene la piretrina, producto activo más potente que el DDT contra los insectos voladores e inocuo para los mamíferos; o la jojoba (*Simmondsia chinensis*) que sustituye con ventaja al esperma de ballena como aceite para aplicaciones en alta tecnología. En todos los casos, la diversidad genética existente ha sido poco utilizada y el espacio para la mejora genética es muy amplio.

En cuanto a las plantas utilizadas para leña, que son las más afectadas por los procesos actuales de deforestación, su valor económico, y sobre todo social, no puede ser nunca exagerado. El Director General de la FAO ha dicho en la apertura del IX Congreso Forestal Mundial, que "la manifestación más dramática de esta crisis es el problema de la leña", que afecta a unos 2.000 millones de personas, y añadió que "el futuro de los bosques es vital para el porvenir de la humanidad. No hay un instante que perder" (Saouma, 1985).

Tanto entre las plantas de uso industrial como entre las medicinales, abundan las especies utilizadas pero no cultivadas. En estos casos, se puede provocar sin querer un tipo de erosión genética selectiva especialmente grave. En efecto, las plantas más codiciadas por sus características son las primeras en ser usadas, siendo por tanto las plantas de características menos deseadas las únicas que quedan y producen semillas, contribuyendo con sus genes a modificar negativamente el acervo genético de las nuevas generaciones.

Conservación de los recursos fitogenéticos

Conservar los recursos genéticos va mucho más allá de salvar las especies. El objetivo debe ser conservar suficiente diversidad dentro de cada especie para asegurarse de que su potencial genético pueda ser utilizado en el futuro. Fue, por ejemplo, una sola población de *Oryza nivara* la que proporcionó la resistencia al virus del arroz "Grassy Stunt" y no la especie como tal.

La conservación de los recursos fitogenéticos puede realizarse tanto *ex situ* como *in situ*, y ambos sistemas no deben considerarse opuestos sino complementarios.

La conservación *ex situ* implica la recolección de muestras representativas de la variabilidad típica de una población o de un cultivar y su mantenimiento en bancos de germoplasma o en jardines botánicos, en forma de semillas, estas, tejidos *in vitro*, plantas enteras, etc. El periodo de conservación depende de la especie y de la técnica empleada. En muchas especies se puede alargar este periodo reduciendo el metabolismo de las partes conservadas mediante el control de factores tales como la temperatura y la humedad. El material conservado debe ser multiplicado, en cualquier caso, periódicamente. El uso de la congelación rápida y profunda (criopreservación) usando por ejemplo el nitrógeno líquido puede, con el perfeccionamiento de las técnicas actuales, prolongar indefinidamente la vida del germoplasma almacenado. La conservación *ex situ* se emplea sobre todo para las plantas cultivadas que se multiplican por semilla. Su gran ventaja es el control del material en un espacio reducido y sometido a cuidados intensivos. Otra ventaja es su fácil accesibilidad para los mejoradores de plantas. Su gran inconveniente es que con el germoplasma se congela también la evolución, deteniendo los procesos naturales de selección y adaptación permanente a su hábitat. Otros inconvenientes son la deriva genética debida a que se recolectan y multiplican muestras necesariamente pequeñas, y la presión de selección debida a que en general el material se multiplica en zonas fitogeográficas distintas a la de recolección. Ambos fenómenos provocan una erosión genética acumulativa que puede llegar a superar en ocasiones a la erosión genética que tiene lugar en el campo.

La conservación *in situ* consiste en la protección de la zona y hábitat en que crece la especie, mediante leyes y medidas proteccionistas. Es el método preferido para las plantas silvestres. Su gran ventaja es que la dinámica evolutiva de la especie se mantiene y su principal inconveniente procede de su precio y de las dificultades sociales y políticas que surgen en ocasiones. Este sistema puede, sin embargo, considerarse económico si el interés es conservar todas las especies de la zona y no una en particular.

La protección de los recursos fitogenéticos del planeta, sea *ex situ* o *in situ*, no es exclusiva de nuestro siglo ni de nuestra civilización. Los antiguos egipcios, hace más de 3.000 años, cuando despedían a sus faraones que a su muerte partían para las Hespérides o Paraíso (según algunos localizados en España), los hacían acompañar de semillas que les permitiesen cultivar allí las mismas variedades utilizadas en el Valle del Nilo. Así, cuando en 1922 Carter descubrió inviolada la tumba de Tutankamón, enterrado en el siglo XVI a.C., encontró intacta una caja de madera con pequeños compartimentos estancos en los que se mantenían separadas semillas de distintas variedades de cebada. Esta caja, que con su contenido se conserva en el museo de El Cairo, puede considerarse el primer banco de germoplasma del que se tiene noticia en el mundo.

Con respecto a la conservación *in situ* existe evidencia documentada de que la necesidad de conservar *in situ* los bosques y los animales que crecían en ellos, fue reconocida y decretada en algunas zonas tanto de la India como de la China, hacia el año 700 a.C. (Swaminathan, 1983; véase también, en la contribución de

J. Gastó a este mismo volumen, la normativa decretada para Santiago de Chile en el siglo XVI).

No obstante, el concepto actual de conservación de recursos fitogenéticos es mucho más reciente y se deriva parcialmente de los trabajos realizados por algunos pioneros como De Candolle, en la segunda mitad del siglo pasado, y Vavilov durante la primera del presente.

Cooperación internacional

Asistencia técnica

A partir de la década de los años 40, algunos organismos internacionales, y sobre todo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), comenzaron a preocuparse seriamente por la pérdida de los recursos genéticos en el mundo. En 1961 la FAO convocó una reunión que condujo a la creación en 1965 de un Cuadro de Expertos en Prospección e Introducción de Plantas que, a partir de entonces y hasta 1974, se reunió periódicamente para asesorar a la FAO en estas materias y marcar directrices a nivel internacional para la recolección, conservación e intercambio de germoplasma. Este cuadro de expertos se ocupaba principalmente de cultivos, pero se creó una estructura similar en 1968 para los Recursos Genéticos Forestales. Poco a poco, fueron apareciendo problemas técnicos, económicos y jurídicos.

Los primeros en aparecer fueron los problemas técnicos relacionados con la detección de la diversidad y erosión genética, identificación de los lugares de recolección, técnicas de muestreo, métodos de conservación de germoplasma, métodos de evaluación y documentación de recursos fitogenéticos, etc. Tres Conferencias Técnicas sobre el tema, convocadas por la FAO en 1968, 1973 y 1981 respectivamente, contribuyeron a aportar soluciones a muchos de estos problemas.

Entre tanto comenzaron los primeros problemas financieros. En 1968 la FAO estableció la Unidad de Recursos Fitogenéticos y Ecología de Cultivos, cuya misión era organizar y promover actividades relacionadas con la salvaguarda y utilización de los recursos fitogenéticos. A medida que aumentaron las actividades de la nueva unidad, se puso de manifiesto la necesidad de encontrar fuentes de financiación adicionales.

En 1972, el Grupo Consultivo de Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR, véase el capítulo de Von der Osten en este mismo volumen), después de escuchar las recomendaciones de la FAO, de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo, y de su propio Comité Técnico Asesor, decidió hacer frente a los problemas económicos mediante la creación del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF, más conocido por las siglas derivadas del nombre en inglés, IBPGR) organización no gubernamental, autónoma y con presupuesto propio, que formaría parte del programa internacional del Grupo Consultivo y cuyo Secretariado sería proporcionado por la Unidad de Recursos Fitogenéticos de la FAO. El CIRF nació en 1974, con sede en la FAO, en Roma, y desde entonces ha promovido y realizado numerosas actividades relacionadas con la recolección, conserva-

ción, sobre todo *ex situ*, evaluación y documentación de germoplasma vegetal. También ha contribuido, en colaboración con la FAO, a la formación de personal mediante la organización de cursos y la publicación de libros y documentos.

Paralelamente a las actividades de la FAO y del CIRF, y en algunos casos por su efecto catalizador, numerosas organizaciones internacionales, regionales, nacionales y privadas han creado o han reforzado en los últimos años programas orientados a la salvaguardia y utilización de los recursos fitogenéticos, especialmente *ex situ*.

Entre los programas de organizaciones internacionales no gubernamentales cabe destacar los del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) para *Phaseolus*, mandioca y plantas forrajeras de suelos ácidos; del Centro Internacional de la Papa (CIP) para la patata; del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para trigo y maíz; del Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT), para sorgo, guandul (*Cajanus*), garbanzo y cacahuete, y del Centro Internacional para Investigaciones Agrícolas en Tierras Áridas (ICARDA) para leguminosas de grano, forrajeras anuales y cebada. Entre los programas de organizaciones regionales se destacan el del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza que incluye diversos países de Centro América y el Caribe; el de los países del Sudeste Asiático; el de la Comunidad Económica Europea; el de los países escandinavos, y el Programa del COMECON, que incluye a los países del antiguo Este Europeo y a Cuba. Es preciso añadir el Programa Cooperativo Europeo para la Conservación e Intercambio de Recursos Fitogenéticos, que trata de coordinar actividades entre los tres últimos programas mencionados y con otros países europeos. Los programas nacionales más vigorosos son los de Brasil, Canadá, Estados Unidos, India, México y Unión Soviética.

Los Jardines Botánicos, unos 1.500 en el mundo, también comparten la responsabilidad de la conservación *ex situ*. Según datos proporcionados en el XV Congreso Internacional de Genética, Estados Unidos y Europa mantienen, respectivamente, alrededor de 340.000 y 750.000 muestras de diversos cultivos (Swaminathan, 1983). Estos datos no incluyen, por carecer de la información, las muestras controladas por organizaciones y compañías privadas. El número de muestras mantenidas en bancos de germoplasma de conservación a largo plazo de algunos cultivos importantes figura en la Tabla 2.

Las actividades de la FAO relacionadas con la conservación de recursos fitogenéticos *in situ* están a cargo de su División de Recursos Forestales. También la UNESCO promueve el establecimiento de una red mundial de Reservas de la Biosfera que pretenden mantener íntegras las comunidades bióticas de plantas y animales dentro de sus ecosistemas naturales. Muchos países han establecido en sus territorios zonas protegidas como reservas naturales y parques nacionales, que gozan de una legislación especial. Los programas nacionales más sólidos corresponden a la India, con sus "santuarios genéticos" en el nordeste del país, y a la URSS, que ha establecido 127 reservas naturales distribuidas en todo su territorio para proteger sus especies silvestres. Entre las organizaciones no gubernamentales que se ocupan de la conservación *in situ*, se

destacan por su entusiasmo la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) y el Fondo para el Mantenimiento de la Vida Silvestre (WWF). Todas estas organizaciones participan junto al PNUMA, la UNESCO y la FAO en el Programa de Acción de Bosques Tropicales, que pone énfasis en la conservación *in situ* y de ecosistemas y que está coordinado por la FAO.

Tabla 2.—Número de muestras de plantas cultivadas (incluyendo especies silvestres emparentadas) en bancos de germoplasma

CEREALES	1.045.400;	incluyen: <i>Amaranthus</i> 2000; <i>Eragrostis</i> 2300; <i>Eleusine</i> 3700; <i>Fagopyrum</i> 2300; <i>Hordeum</i> 191500; <i>Oryza</i> 234200; <i>Pennisetum</i> 35700; <i>Sorghum</i> 82400; <i>Triticum</i> 336200; <i>Zea</i> 101000
LEGUMINOSAS DE GRANO	464.400;	incluyen: <i>Arachis</i> 24900; <i>Cajanus</i> 11200; <i>Cicer</i> 30700; <i>Cyamopsis</i> 2000; <i>Glycine</i> 119300; <i>Lupinus</i> 11900; <i>Phaseolus</i> 127000; <i>Pisum</i> 48000; <i>Psophocarpus</i> 3700; <i>Vigna</i> 66300
RAICES Y TUBERCULOS	134.300;	incluyen: <i>Colocasia</i> 5700; <i>Dioscorea</i> 8900; <i>Ipomoea</i> 21000; <i>Manihot</i> 25400
HORTICOLAS	265.700;	incluyen: <i>Abelmoschus</i> 3800; <i>Allium</i> 10500; <i>Capsicum</i> 24800; <i>Cucumis</i> 116700; <i>Lycopersicon</i> 40600; <i>Raphanus</i> 3400; <i>Solanum</i> 65600
FRUTOS	49.600;	incluyen: <i>Anacardium</i> 3700; <i>Bactris</i> 1500; <i>Carica</i> 1000; <i>Citrus</i> 15500; <i>Durio</i> 1200; <i>Ficus</i> 1800; <i>Mangifera</i> 4800; <i>Musa</i> 5500; <i>Persea</i> 3400
FORRAJERAS	230.400	
INDUSTRIALES	47.990	
OTRAS	2.700	
TOTAL	2.251.400	

Se incluyen muestras a largo, medio y corto plazo de almacenamiento.

Contexto socioeconómico y político

Pronto se puso de manifiesto que los problemas técnicos y financieros no eran los únicos ni los más importantes problemas derivados de la conservación y uso de la diversidad genética vegetal.

Para comprender los aspectos no técnicos relacionados con los recursos fitogenéticos es preciso tener en cuenta que: (a) la diversidad genética de las plantas de interés agrícola no se distribuye uniformemente en el mundo sino que se concentra en zonas tropicales y subtropicales donde se encuentran la mayor parte de los países en desarrollo, y (b) ningún país o región puede considerarse autosuficiente en materia de diversidad genética y que según diversos estudios académicos recientes, la interdependencia media entre todas las regiones del mundo es de más del 50 por ciento; para algunas regiones puede llegar a ser hasta del 100 por ciento para los cultivos más importantes. Se trata por tanto

de un área en que todos los países son al mismo tiempo donantes y receptores y donde la cooperación internacional es un imperativo vital.

Se debe también tener en cuenta que en los últimos años ha habido un gran incremento del valor del germoplasma, debido en primer lugar a la erosión de los recursos genéticos existentes y en segundo lugar al incremento de su potencial a través de nuevas y poderosas biotecnologías que hacen posible la transferencia de genes entre especies sexualmente no compatibles. Todo ello ha contribuido a un incremento de las restricciones legales, o *de facto*, en el libre intercambio de germoplasma. Si tenemos en cuenta que por las mismas razones el valor relativo de los recursos fitogenéticos continuará creciendo rápidamente en el próximo futuro, queda clara la necesidad de proteger el principio de la libre disponibilidad mediante acuerdos formales y equitativos desarrollados entre los países donantes y receptores de germoplasma.

Por otra parte, y a medida que el germoplasma de los cultivos más importantes era colectado y conservado en bancos de germoplasma, la seguridad del material, la propiedad de las colecciones, la aparición de leyes nacionales que restringían la disponibilidad del germoplasma y los derechos de propiedad sobre las nuevas variedades, pasaron a ser el objeto principal de los debates. Dentro de la FAO la discusión sobre estos temas ocupó ya un espacio importante en la veintava Conferencia bienal de la Organización (Noviembre de 1979). También y a medida que aumentaban las actividades relacionadas con la conservación y el uso de los recursos genéticos se puso de manifiesto la necesidad de una acción coordinada intergubernamental a nivel global, que evitase la duplicación y asegurase la complementariedad de las actividades desarrolladas por otras organizaciones nacionales, regionales e internacionales. Se reconoció que para que un sistema global sobre recursos fitogenéticos fuese estable y duradero era necesario que este sistema beneficiase a todos sus participantes y tuviese plenamente en cuenta los derechos de los donantes y las obligaciones de los receptores, sea de germoplasma, fondos o tecnologías.

Sistema Global de la FAO sobre Recursos Fitogenéticos *

Como resultado de estas discusiones y a propuesta de sus países miembros, la FAO ha desarrollado desde 1983 un Sistema Global de Recursos Fitogenéti-

*En este proceso es de destacar la labor constructiva y moderadora de España que ha cumplido una función puente entre los países en vías de desarrollo y los desarrollados.

Durante la XX Conferencia General de la FAO, máximo organismo decisorio de esta Organización en el que se encuentran representados todos los países miembros, la delegación española, presidida por su Ministro de Agricultura, que a la sazón era Presidente de la Conferencia, partiendo del concepto de que los recursos fitogenéticos deben ser un patrimonio de la Humanidad, y de la necesidad de un marco legal que garantice su libre disponibilidad, propuso en este foro la firma de un acuerdo internacional y el establecimiento de una red de bancos de germoplasma bajo soberanía internacional y al amparo de las Naciones Unidas, como medio de perfeccionamiento de las estructuras existentes. Esta propuesta fue apoyada por numerosas delegaciones allí presentes, y en la XXI Conferencia General en 1981, la delegación mexicana presentó un Proyecto de Resolución que recogía ambos puntos. Por fin en noviembre de 1983, la XXII Conferencia aprobó, a propuesta del Director general de la FAO, un Compromiso Internacional con 11 artículos, que reconoce formalmente que los recursos fitogenéticos son un patrimonio común de la Humanidad que debe ser

que está basado en el principio de que el germoplasma vegetal es patrimonio de la humanidad y cuyos objetivos son: asegurar la conservación segura y uso racional y sostenible y la libre disponibilidad de los recursos fitogenéticos para las generaciones presentes y futuras. Este Sistema incluye: (a) un marco legal flexible: el Compromiso Internacional sobre Recursos Fitogenéticos; (b) un foro intergubernamental: la Comisión de Recursos Fitogenéticos; y (c) un mecanismo financiero: el Fondo Internacional para Recursos Fitogenéticos.

El *Compromiso Internacional sobre Recursos Fitogenéticos*, establecido por la resolución 8/83 del 22.º periodo de sesiones de la Conferencia de la FAO, consiste en un acuerdo formal cuyo objetivo es asegurar la prospección, recolección, conservación, evaluación y disponibilidad sin restricciones para fitomejoramiento y otros fines científicos de los recursos fitogenéticos, particularmente especies de importancia económica y social presente o futura.

La *Comisión de Recursos Fitogenéticos* (establecida a petición de la Conferencia de la FAO en 1983) es un foro único de ámbito mundial, en el cual los países que son donantes o usuarios de germoplasma, fondos y tecnología, pueden debatir cuestiones relativas a los recursos fitogenéticos en un plano de igualdad y supervisar la aplicación de los principios que figuran en el Compromiso Internacional. También están presentes en esas reuniones organismos destacados de asistencia técnica, organizaciones internacionales, bancos de desarrollo, organizaciones no gubernamentales y fundaciones privadas. Mediante sus debates, la comisión busca alcanzar el consenso en temas de interés general y el compromiso en aspectos acerca de los cuales no hay acuerdo. A través de la Comisión también pueden armonizarse las actividades y concertarse responsabilidades. La Comisión ha establecido un Grupo de Trabajo con representación regional que facilita la labor de la Comisión debatiendo los temas importantes que surgen entre dos reuniones de la Comisión.

El *Fondo Internacional para Recursos Fitogenéticos* (establecido por la FAO en aplicación del Artículo 6 del Compromiso) tiene por objeto contribuir a asegurar la conservación y promover la utilización de los recursos fitogenéticos de manera duradera a nivel mundial. El Fondo constituye el cauce a través del cual los países, las organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales y las industrias y personas privadas desempeñan su responsabilidad común para mantener la diversidad fitogenética mundial. El uso de los fondos en programas, proyectos y actividades específicas, puede realizarse a través de instituciones nacionales y regionales, y en los casos en que sea apropiado a través de la FAO y de otras organizaciones internacionales con competencia técnica en la materia.

Hasta el momento, son 125 el total de países que se han incorporado a la Comisión o han acordado adherirse al Compromiso Internacional, o bien que han adoptado ambas medidas (ver Anejo).

preservado, y trata de garantizar su libre intercambio sin restricciones, a través de una red de bancos de germoplasma bajo los auspicios y/o jurisdicción de la FAO.

España ha sido también el primer país en ofrecer poner el germoplasma almacenado en su propio banco bajo jurisdicción internacional mediante carta enviada en 1983 por el Gobierno español al Secretario de la FAO.

El Compromiso Internacional, la Comisión y el Fondo para Recursos Fitogenéticos tienen por objeto la conservación y utilización de la diversidad biológica *ex situ* e *in situ* de genes, genotipos y acervos génicos vegetales en los planos molecular y de poblaciones, especies y ecosistemas.

El establecimiento del Sistema Global de la FAO no ha sido sin embargo un "parto" fácil y ha tenido que enfrentarse y superar desde el principio un gran número de obstáculos y dificultades, incluyendo el rechazo de algunos países a aceptar compromisos internacionales en esta materia. Desde el establecimiento de la Comisión en noviembre de 1983, y durante los debates de sus dos primeros períodos de sesiones (Marzo de 1985 y Marzo de 1987) en los que pudieron participar tanto los países miembros como los no-miembros de la Comisión (estos últimos como observadores), quedó claro que las reservas principales de algunos países a este sistema estaban relacionadas con: (a) la compatibilidad del Compromiso con las leyes nacionales existentes, vinculadas con los "derechos del obtentor" en el caso de muchos países desarrollados, o con la restricción al intercambio de algunas especies en el caso de algunos países en desarrollo; y (b) la posible duplicación de actividades de la Comisión y otras organizaciones que se ocupaban del tema.

El tercer período de sesiones de la Comisión, que se realizó en abril de 1989, ha superado las dos dificultades mencionadas en el párrafo anterior mediante: (a) la consecución de una interpretación concertada del Compromiso Internacional que asegura el respeto total a los *derechos del obtentor* y otras legislaciones nacionales y tiene también en cuenta los derechos de los donantes de germoplasma (*derechos del agricultor*), y (b) la clarificación del papel único intergubernamental de la Comisión en total armonía y complementariedad con otras organizaciones activas en materia de recursos genéticos vegetales. La reunión estuvo marcada por un amplio espíritu de cooperación y se consiguió consenso en muchos otros temas de interés global. El Director General de la FAO ha considerado algunos de estos logros como "hito histórico" en la historia de la cooperación internacional en esta materia.

Interpretación Concertada del Compromiso Internacional y Derechos del Agricultor

La Comisión, con la asistencia de su grupo de trabajo, desarrolló el texto de una interpretación concertada del Compromiso Internacional, orientada a conseguir una mayor aceptación del Compromiso y a reforzar la conservación, uso y disponibilidad del germoplasma, mediante mecanismos que reconocen y legitiman los derechos a ser compensados tanto de los donantes de germoplasma como de los donantes de fondos y tecnología. Esto se ha conseguido mediante el reconocimiento simultáneo y paralelo de los derechos de los obtentores y de los derechos de los agricultores. Esta interpretación concertada proporciona la base de un sistema global equitativo y como consecuencia, sólido y duradero, permitiendo a los países retirar sus reservas al Compromiso Internacional y asegurar su adhesión al mismo.

Los *derechos de los agricultores* fueron definidos por la Comisión como los derechos que provienen de la contribución pasada, presente y futura de los agricultores a la conservación, mejora y disponibilidad de los recursos fitogenéticos, parti-

cularmente los de los centros de origen/diversidad. Esos derechos se confieren a la comunidad internacional, como depositaria para las generaciones presentes y futuras de agricultores, con el fin de asegurar que esos agricultores se beneficien plenamente y continúen contribuyendo, así como el cumplimiento de los objetivos generales del Compromiso Internacional. Esto puede conseguirse a través del Fondo Internacional para Recursos Fitogenéticos ya establecido por la FAO, mediante una contribución de los gobiernos, que esté en función de los beneficios derivados del uso del germoplasma procedente de otros países. Este Fondo sería usado para apoyar de manera estable y sistemática la conservación, manejo y uso de los recursos fitogenéticos, particularmente en los países en vías de desarrollo, prestando especial atención a los programas y proyectos que benefician más directamente a los agricultores y sus comunidades.

Los textos sobre la Interpretación Concertada del Compromiso y sobre los Derechos del Agricultor preparados por la Comisión han sido sancionados en forma de resoluciones (Resoluciones 4/89* y 5/89 respectivamente), por los 156 países miembros de la FAO durante la última sesión de la Conferencia de la Organización en Noviembre de 1989.

Además, la Tercera Reunión de la Comisión de Recursos Fitogenéticos ha estudiado y alcanzado consenso en un número de asuntos importantes, haciendo recomendaciones que podrían influir durante muchos años la política de programas y actividades de la FAO, y de otras organizaciones internacionales, regionales y nacionales. Estas incluyen la expansión del Sistema Global dentro del marco del Compromiso Internacional a través de la incorporación de nuevos elementos: *Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida y Estado Mundial de los Recursos Fitogenéticos*. Con el fin de supervisar actividades y asegurarse de la disponibilidad de la información necesaria, la Comisión ha solicitado a su Secretario el desarrollo de un sistema Mundial de Información y Alerta Rápida, tal como lo contempla el Compromiso Internacional, que permitirá la publicación periódica de un informe sobre la "situación de los recursos genéticos en el mundo". Esta publicación pasaría a ser un documento importante para que la Comisión cumpliera con sus funciones de vigilar el cumplimiento del Compromiso Internacional, identificar las lagunas existentes y las situaciones de emergencia en la conservación y utilización racional de los recursos fitogenéticos, y sería el documento básico para poder definir las prioridades y la distribución de responsabilidades a nivel mundial. La Comisión también solicitó a la FAO el uso de estos mecanismos para supervisar activamente el desarrollo de las nuevas biotecnologías en línea con el Compromiso Internacional.

Mecanismos para evitar duplicaciones y asegurar la cooperación

Con el fin de asegurar el diálogo, armonizar las responsabilidades, asegurar la coordinación, y promover la cooperación entre las distintas organizaciones que trabajan en recursos fitogenéticos, la Comisión ha solicitado a su Grupo de Trabajo que (1) desarrolle una propuesta para establecimiento de diálogo con

* La resolución 4/89 aprobada sobre la Interpretación Concertada del Compromiso Internacional fue presentada formalmente por España.

otras organizaciones, posiblemente un Comité Asesor; y (2) lleve a cabo un estudio sobre la posible forma e implicaciones financieras de un plan de acción sobre recursos fitogenéticos que se prepararía y llevaría a cabo en estrecha cooperación entre la FAO y otras organizaciones interesadas.

Redes de colecciones "ex situ" e "in situ" de germoplasma

Para asegurar la disponibilidad del germoplasma, y con el fin de cumplir con lo establecido en el Artículo 7 del Compromiso Internacional, la Comisión ha fomentado e iniciado el establecimiento de una red de colecciones base *ex situ* en bancos de germoplasma bajo los auspicios y/o jurisdicción de la FAO. 21 países e instituciones han ofrecido oficialmente poner sus colecciones dentro de esta red, y 15 países más han expresado durante la última Sesión de la Comisión su deseo de hacerlo. La Comisión ha solicitado también a la FAO la preparación de un estudio para el establecimiento de una red de zonas de conservación *in situ* que comprendiera tanto recursos genéticos vegetales como animales.

Desarrollo de acuerdos internacionales/Códigos de Conducta

La Comisión consideró que otra de sus tareas importantes era el desarrollo de acuerdos internacionales para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos. A este respecto, (1) recomendó que la Secretaría, en cooperación con el Grupo de Trabajo, redactara un Código de Conducta para Colectores Internacionales de germoplasma, que comprendiera también la conservación y uso de los recursos fitogenéticos; y (2) la Comisión también solicitó a la FAO el desarrollo de un Código de Conducta para la Biotecnología, en cuanto que afecta a la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos. Ambos códigos de Conducta serán preparados en cooperación con otras organizaciones interesadas.

Perspectivas de futuro

Las previsiones para los próximos años no son muy halagüeñas. Según el Dr. P.H. Raven, Director del Jardín Botánico de Missouri en St. Louis, EE.UU., a mediados del próximo siglo se habrán perdido más de 40.000 especies de plantas, lo que supone una pérdida muy superior a la que tuvo lugar durante la última gran extinción biológica a finales del período cretáceo, hace 65 millones de años. Con respecto a los bosques naturales, se estima que debido a la deforestación y a otros fenómenos, las pérdidas han alcanzado el ritmo de 11 millones de hectáreas por año.

Según los datos aportados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y publicados por su Director Ejecutivo, cada año 27 millones de hectáreas se transforman en desierto o pasan a ser económicamente improductivas; a este ritmo, en 200 años no quedaría en la Tierra ni una sola hectárea de suelo fértil.

No cabe duda de que en los últimos años se han comenzado a encauzar sistemáticamente algunos problemas; sin embargo, los esfuerzos técnicos, económicos y políticos realizados hasta estos momentos son a todas luces insuficientes.

En lo técnico, la aparición de nuevos métodos de conservación de germoplasma, como el cultivo de tejidos y la criopreservación, o la posibilidad de almacenar segmentos de ADN ha abierto nuevas perspectivas pero también ha identificado nuevos y complejos problemas que esperan ser resueltos en un futuro próximo. En el discurso presidencial del último Congreso Internacional de Genética se expuso la necesidad de una estrategia integrada para la conservación de los recursos fitogenéticos, planificada a diversos niveles: a) ecosistemas; b) poblaciones; c) individuos; d) tejidos y órganos; e) células; f) segmentos de ADN. En cada nación esta estrategia incluiría niveles de conservación distintos, teniendo en cuenta las necesidades y capacidades del país (Swaminathan, 1983).

En lo económico, los recursos disponibles tanto para la conservación *ex situ* como *in situ* están muy debajo de las necesidades actuales. En la conservación *ex situ* el costo de mantenimiento de los bancos de germoplasma podría reducirse notablemente aprovechando para su establecimiento condiciones ambientales especialmente favorables: cuevas naturales en zonas de hielos permanentes, zonas de puna (desiertos de altura) frías y con bajísimo contenido en humedad, etc., tan abundantes en algunos países en vías de desarrollo. En estos lugares también se reducirían los riesgos debidos a los cortes de energía eléctrica en los bancos tradicionales. El problema económico es especialmente grave para las muchas especies silvestres que necesitan ser protegidas y mantenidas *in situ* en sus zonas de máxima variabilidad, situadas muchas veces en países pobres. La falta de recursos económicos en estos países no sólo no les permite este tipo de protección, sino que, en ocasiones y para hacer frente al aumento constante de su población, se ven obligados a talar los bosques y poner en cultivo las zonas que deberían ser protegidas, iniciando un proceso de degradación del terreno que a veces crea un desierto. La protección de estas zonas como medio de conservación *in situ* de valiosísimas especies beneficia a toda la Humanidad presente y futura y no sólo a los países donde están localizados. Corresponde, por lo tanto, a todos los países hacer los esfuerzos necesarios para su salvaguardia.

En junio de 1983, el gobierno de los Países Bajos, mediante carta al Secretario de la FAO, sugirió la creación de un Fondo Internacional para la conservación de los recursos genéticos (World Gene Fund). Siguiendo la decisión de la Segunda Reunión de la Comisión de Recursos Fitogenéticos, la FAO creó finalmente el Fondo Internacional para Recursos Fitogenéticos en 1988, pero es preciso ahora alimentarlo y llenarlo de contenido. La resolución sobre los derechos del agricultor aprobada por la Conferencia de la FAO en Noviembre de 1989 abre nuevos horizontes y personalidades que han defendido estos derechos en diversos foros internacionales con el fin de que no sean simplemente románticos, sino que su desarrollo esté ligado al Fondo Internacional de Recursos Fitogenéticos y que todos los países tengan la obligación de contribuir al Fondo con cantidades proporcionales a los beneficios que obtienen de la utilización de los recursos fitogenéticos procedentes del resto del mundo. Este mecanismo podría generar cientos o incluso miles de millones de dólares que serían destinados, bajo la supervisión de la Comisión de Recursos Fitogenéticos, a la conservación del germoplasma en el mundo y a promover programas de mejora genética, biotecnología y producción de semillas en los países en desarrollo. Por

otra parte, mediante este mecanismo, se estaría reconociendo que los recursos fitogenéticos no son una renta inagotable como se ha considerado hasta ahora en su tratamiento económico, sino un capital cuyo nivel es preciso mantener si queremos seguir disfrutándolo y que la responsabilidad de mantener este nivel corresponde a toda la humanidad y sobre todo a los que más lo utilizan y se benefician de él.

En lo jurídico, el reconocimiento de los recursos fitogenéticos como patrimonio de la Humanidad ha sido un paso muy importante, pero los cauces de cooperación internacional que garanticen su salvaguardia y libre disponibilidad están aún recién nacidos y necesitan desarrollarse y enraizarse para dar otros frutos. El Compromiso Internacional y la Comisión Intergubernamental de la FAO constituyen un primer y encomiable esfuerzo de coordinación y garantía a nivel internacional. Hay, sin embargo, algunos países que aún no se han decidido a participar en este esfuerzo común. La red de bancos de germoplasma bajo los auspicios y/o jurisdicción de la FAO, que pretende garantizar, mediante la conservación de los duplicados más importantes, la libre disponibilidad de este germoplasma por encima de los cambios políticos que puedan producirse a nivel nacional, es aún demasiado incipiente y su estructura legal no muy definida. Por otra parte, convenciones internacionales ya existentes, como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Peligro (CITES), que cubre unas 50.000 especies vegetales, no son suficientemente respetadas, ni lo podrán ser mientras las legislaciones nacionales no se adapten a las mismas. Por ello, es también necesario incrementar los esfuerzos en el desarrollo de legislaciones nacionales encaminadas a hacer frente a la erosión genética, protegiendo el germoplasma indígena y promoviendo su utilización sin restricciones.

La obtención de apoyo económico y político pasa en muchos casos por la toma de conciencia de la opinión pública sobre la importancia de la diversidad genética, el peligro de erosión que corre y cómo puede evitarse. Esta toma de conciencia estimularía la acción de los gobiernos y organizaciones respectivas.

En cualquier caso, no se debe olvidar que la erosión de la diversidad genética, aún siendo importantísima, es sólo una de las consecuencias de la explotación abusiva de los recursos naturales del planeta que ha provocado la ruptura de los equilibrios estables de muchos ecosistemas terrestres, conduciendo a un deterioro profundo y acelerado del medio ambiente y en general de las condiciones de vida de la Biosfera. La salvaguardia, mediante su protección *in situ* o *ex situ*, de los recursos genéticos es un factor esencial para asegurarse de que los procesos desencadenantes sean en lo posible controlables y reversibles. El problema básico sigue siendo la actitud no solidaria del Hombre frente a la Naturaleza de la que forma parte y cualquier solución duradera exige una concepción nueva de la relación con nuestro pequeño planeta, entendiendo y reconociendo sus limitaciones y la vulnerabilidad de sus equilibrios. Es importante y urgente, para que la Humanidad tenga un futuro, que este mensaje lo reciba el niño desde la escuela primaria y lo alimente el hombre durante toda su vida.

Referencias y lecturas recomendadas

- BINGEL, A. S. y FARNSWORTH, N. R., 1980. Botanical Sources of fertility Regulating Agents: Chemistry and Pharmacology. En *Advances in Hormone/Biochemistry and Pharmacology*. Eden Press, New York.
- CREECH, J. L. y REITZ, L. P., 1971. *Plant germplasm now and for tomorrow*. Academic Press. New York.
- CHIANG, T. T., 1983. Genetic resources of rice. *Outlook on Agriculture* 12(2): 57-62.
- ESQUINAS-ALCAZAR, J. T., 1981. *Genetic Resources of Tomatoes and Wild Relatives*. International Board for Plant Genetic Resources, FAO, Roma.
- ESQUINAS-ALCAZAR, J. T., 1983. *Los recursos fitogenéticos: una inversión segura para el futuro*. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, FAO, Roma.
- FAO, 1983. *XXII Conference Report*. FAO, Roma.
- FAO, 1983. *85 Council Report*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/4 - *Informe parcial sobre las disposiciones jurídicas para el establecimiento de una red internacional de colecciones base en bancos de genes, bajo los auspicios o la jurisdicción de la FAO*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/5 - *Examen general de las actividades de la FAO en materia de recursos fitogenéticos e informe parcial sobre el establecimiento del Fondo Internacional para Recursos Fitogenéticos*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/ - *Estimación de la cobertura actual de las colecciones base existentes en el mundo en relación con los cultivos de interés para los países en desarrollo*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/8 - *Estimación de los programas realizados en materia de conservación in situ de recursos fitogenéticos*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/9 - *Consecuencias de las nuevas biotecnologías para el Compromiso Internacional sobre Recursos Fitogenéticos*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/Inf. 2 - *Compromiso Internacional sobre Recursos Fitogenéticos*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. CPGR/89/Inf. 3 - *Establecimiento de una Comisión de Recursos Fitogenéticos*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. *Informe Comisión de Recursos Fitogenéticos, Tercera Reunión*. FAO, Roma.
- FAO, 1989. *Informe de la Conferencia de la FAO - 25.ª Sesión, 11-29 Noviembre 1989*, Roma.
- FARNSWORTH, N. R. y FARLEY, J.M., 1980. *Traditional Medicine Programs of the World Health Organization*. Department of Pharmacognosy and Pharmacology, College of Pharmacy. University of Illinois at the Medical Center. Chicago, Illinois, EEUU.
- FOWLER, C., LACHKOVICS, E., MOONEY, P. y SHAND, H., 1988. *Development dialogue: 1-2, The Laws of life, Another Development and the New Biotechnologies*, Dag Hammarskjöld Foundation, Uppsala, Suecia.
- HAWKES, J.G., 1979. *Genetic poverty of the potato in Europe*. En Proc. Conf. Broadening The Genetic Base of Crops, by Zeven A.C. and Van Harten A.M. (eds.), PUDOC, Wageningen, Holanda.
- IBPGR, 1981. *Crop genetic resources*. FAO, Roma.
- ITF: INTERAGENCY TASK FORCE, 1985. *U.S. Strategy on the conservation of biological diversity*. Report to Congress. U.S. Agency for International Development, Washington D.C.
- JUMA, C., 1989. *The Gene Hunters - Biotechnology and the scramble for seeds*. African Centre for Technology Studies Research Serie No. 1, Zed Books Ltd. London, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, EEUU.

- KLOPPENBURG, JR., J. R., 1987. *First the Seed*. The political economy of plant biotechnology, 1492-2000, Cambridge University Press, Cambridge, G.B.
- KLOPPENBURG JR., J. R., (ed.), 1988. *Seeds and Sovereignty - The Use and Control of Plant Genetic Resources*. Duke University Press, Durham and London, G.B.
- LEWIS, W. H. y ELVIN-LEWIS, M. P. F., 1977. *Medical Botany*. John Wiley & Sons, New York.
- NAS: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1972. *Genetic vulnerability of food crops*. Washington D.C..
- MYERS, N., 1983. *A Wealth of Wild Species*. Westview Press, Colorado, EEUU.
- RAVEN, P. H., 1984. *Foreword*. The IUCN/WWF Plants Conservation Programme 1984-85.
- RICK, C. M., 1979. *Potential improvement of tomatoes by controlled introgression of genes from wild species*. In: Conference on Broadening Genetic Base Crops. Wageningen, Holanda.
- SAOUMA, E., 1985. *Declaración en el Noveno Congreso Forestal Mundial en 1985 en Ciudad de México*, FAO, Roma.
- SHULTZ, R. E., 1980. The Amazonia as a Source of New Economic Plants. *Economic Botany* 33 (3): 259-266.
- SWAMINATHAN, M. S., 1983. *Genetic conservation: microbes to Man*. Presidential address in: XV International Congress of Genetics, New Delhi, India.
- THE KEYSTONE INTERNATIONAL DIALOGUE SERIES ON PLANT GENETIC RESOURCES, 1988. Final report. Session 1: Ex situ *Conservation of Plant Genetic Resources*. 15-18 August 1988. Keystone, Colorado, EEUU.
- KEYSTONE INTERNATIONAL DIALOGUE SERIES ON PLANT GENETIC RESOURCES, 1990. Final Consensus Report, Second Plenary Session 29 January-2 February 1990, Madras, India.
- UICN: UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE ET DE SES RESSOURCES, 1981. *Strategie mondiale de la conservation. La conservation des ressources vivantes au service du développement durable*. UICN/PNUE/WWF, G.B.
- WICKENS, G. E., HAO, N., y DAY, P. - *New Crops for Food and Industry*, Chapman and Hall, London, G.B.
- WWF: WORLD WILDLIFE FUND/THE INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES, 1984. The IUCN/WWF Plants Conservation Programme 1984-85. WWF, G.B.

ANEJO

Miembros de la Comisión de la FAO para recursos genéticos vegetales y/o países que se han adherido al compromiso internacional sobre recursos genéticos vegetales

AFRICA	ASIA Y SUDESTE DEL PACIFICO	EUROPA	LATINO AMERICA Y CARIBE
BENIN 1/	AUSTRALIA 1/	AUSTRIA 1/2/	ANTIGUA Y BARBUDA 2/
BOTSWANA 1/	BANGLADESH 1/2/	BELGICA 1/2/	ARGENTINA 1/2/
BURKINA FASO 1/2/	COREA (REP.DEM.) 1/2/	BULGARIA 1/2/	BARBADOS 1/2/
CAMERUN 1/2/	COREA (REP.DE) 1/2/	CHECOSLOVAQUIA 1/	BELIZE 1/
CABO VERDE 1/2/	FIJI 2/	CHIPRE 1/	BOLIVIA 1/2/
CHAD 1/2/	FILIPINAS 1/2/	DINAMARCA 1/2/	BRASIL 1/
CONGO 1/2/	INDIA 1/2/	ESPAÑA 1/2/	CHILE 1/2/
COSTA DE MARFIL 2/	ISLAS SALOMON 2/	FRANCIA 1/2/	COSTA RICA 1/2/
ETIOPIA 1/2/	MYANMAR 1/	GRAN BRETAÑA 1/2/	CUBA 1/2/
GABON 2/	NEPAL 2/	GRECIA 1/2/	DOMINICA 1/2/
GAMBIA 1/	NUEVA ZELANDA 2/	HOLANDA 1/2/	DOMINICANA REP. 1/2/
GUINEA 1/2/	PAKISTAN 1/	HUNGRIA 1/2/	ECUADOR 1/2/
GUINEA-BISAU 1/	SAMDA OCCIDENTAL 1/	IRLANDA 1/2/	EL SALVADOR 1/2/
GUINEA ECUATORIAL 1/	SRI LANKA 1/2/	ISLANDIA 1/2/	GRANADA 1/2/
KENIA 1/2/	THAILANDIA 1/	ISRAEL 1/2/	GUATEMALA 1/
LIBERIA 1/2/	TONGA 2/	ITALIA 1/	GUAYANA 1/
MADAGASCAR 1/2/	VANVATU 1/	LEINCHESTEIN 2/	HAITI 1/2/
MALAWI 2/		NORUEGA 1/2/	HONDURAS 1/2/
MALI 1/2/		POLONIA 1/2/	JAMAICA 2/
MARRUECOS 1/		PORTUGAL 1/	MEXICO 1/2/
MAURITANIA 1/2/		REP.FED.ALEMANA 1/2/	NICARAGUA 1/2/
MAURICIO 1/2/		SUECIA 1/2/	PANAMA 1/2/
MOZAMBIQUE 2/		SUIZA 1/2/	PARAGUAY 2/
NIGER 1/		TURQUIA 1/2/	PERU 1/2/
REP.CENTRO- AFRICANA 1/2/		YUGOSLAVIA 1/2/	S.CRISTOBAL Y NEVIS 1/
RWUANDA 1/2/		S.VICENTE Y LAS GRANADINAS 1/	
SENEGAL 1/2/		SANTA LUCIA 1/	
SIERRA LEONA 1/2/		SURINAM 1/	
SUDAN 1/		URUGUAY 1/	
TANZANIA 1/		VENEZUELA 1/2/	
TOGO 1/			
UGANDA 1/			
ZAIRE 1/			
ZAMBIA 1/2/			
ZIMBABWE 1/2/			

© 1991, J. I. Cubero y M. T. Moreno (Coord.)
© 1991, Ediciones Mundi-Prensa
Depósito Legal: M-40.313-1992
ISBN: 84-7114-421-2

LA AGRICULTURA DEL SIGLO XXI

Obra colectiva
dirigida y coordinada por:

J. I. CUBERO y M. T. MORENO

con la participación de:

D. L. WINKELMANN - J. GASTO - J. T. ESQUINAS-ALCAZAR - J. BOZA -
A. PRIETO y A. SAN MIGUEL - J. V. GIRALDEZ - E. PORCEDDU y
O. A. TANZARELLA - M. D. ORTEGA - A. GARRIDO - J. ORTIZ-CAÑAVATE
- A. OSTEN - C. ROMERO - A. LOPEZ ONTIVEROS

No se permite la reproducción total o parcial de este libro ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

artes gráficas palermo, s.l. - c^{no}. de hormigueras, 175 nave 11 - 28031 madrid



Ediciones Mundi-Prensa

Castelló, 37 • 28001 Madrid

1993

PROXIMO ORIENTE

AFGANISTAN 1/,,

LIBANO 2/

BAHREIN 2/	LIBIA 1/2/
EGIPTO 1/2/	OMAN 2/
IRAN, REP.ISLAMI- CA DE 1/2/	SIRIA 1/2/
IRAQ 1/2/	TUNEZ 1/2/
KUWAIT 2/	YEMEN REP. ARA- BE 1/
JORDAN 1/2/	YEMEN R.D.P. 1/2/1/

1/ Miembros de la Comisión.

2/ Países que se han adherido al Compromiso.

Los 125 países arriba mencionados son miembros de la Comisión (107) o se han adherido al Compromiso (90).