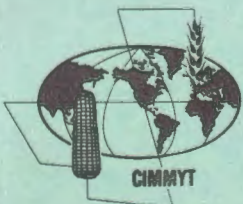


**ESTADO ACTUAL DE LOS
RECURSOS GENETICOS VEGETALES
Y SU UTILIZACION**

Ernest W. Sprague
Keith W. Finlay



CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40 Apartado Postal 6-641 México 6, D. F., México

ESTADO ACTUAL DE LOS RECURSOS GENETICOS
VEGETALES Y SU UTILIZACION

Ernest W. Sprague, Director
Programa Internacional de Maíz
CIMMYT, Londres 40, México 6, D. F.
México

Keith W. Finlay, Subdirector General
CIMMYT, Londres 40, México 6, D. F.
México

Título original en inglés: Current status of plant resources and utilization
Documento presentado en: The World Food Conference of 1976, Junio 27-
Julio 1, 1976, Iowa State University. (Traducido y reimpresso bajo permiso)

INTRODUCCION

El déficit alimentario en las economías de mercado en desarrollo 1/ podría llegar a 100 millones de toneladas de grano hacia 1985, si el crecimiento de la producción de cultivos prosigue a una tasa de 2.0% anual. Para visualizarlo, tal déficit se puede comparar con la producción total anual de cereales recientemente registrada para toda la América Latina, Africa del Norte y el Medio Oriente: un promedio de alrededor de 108 millones de toneladas producidas durante los ciclos 1969-1971.

Y más aún, el déficit de 100 millones de toneladas es más bien conservador en vista de que la tasa de crecimiento se desaceleró a 1.7% anual durante el período 1970-1974. Por tanto, la tasa de crecimiento por lo menos se debe duplicar a 4.0% anual si hemos de satisfacer la demanda de cereales alimenticios de 1985 y de eliminar el déficit estimado.

Empleando las cifras más conservadoras, es evidente que el mundo tendrá pronto que afrontar una situación crítica. Hay que desarrollar estrategias imaginativas y eficaces a fin de lograr una tasa de crecimiento de 4.0% anual. Tal crecimiento podría ser posible bajo condiciones favorables, pero ¿se podría mantener?

¿Qué podemos esperar para después de 1985? Hay pocas evidencias de que el crecimiento de la población se ha desacelerado de manera significativa; por ello, tenemos dos alternativas: la necesidad de una mayor tasa de crecimiento de la producción en las próximas décadas, o el espectro de una creciente pobreza, de una mayor desnutrición y un creciente malestar social.

En nuestros días, cuando se hace más evidente la magnitud de la explosión demográfica, hay una preocupación creciente de que nuestros recursos naturales y nuestros métodos de utilización pudieran ser inadecuados para realizar la tarea de incrementar la producción de alimentos a una tasa acelerada. De igual manera, existe la preocupación de que nuestras técnicas de manejo de los recursos sean ineficiente e impropias, y de nuestro plasma germinal de cultivos esté en peligro --ahora o en el futuro-- de ataques generalizados por plagas y enfermedades. Dado el desbalance adverso en la relación población-producción de alimentos, no podemos correr el riesgo de fallas en las cosechas en ninguna parte del mundo.

DESARROLLO DE PLASMA GERMINAL

Las especies de plantas cultivadas usadas como alimento por el hombre han estado evolucionando por muchos miles de años. Al principio, su evolución fue lenta; era dirigida solamente por mutaciones al azar y selección natural. Cuando las mujeres neolíticas comenzaron a coleccionar y a domesticar algunas de las especies, tal evolución tendió hacia los tipos de plantas que mejor satisfacían las necesidades del humano también en evolución.

De la misma manera en que el número de seres humanos se multiplica explosivamente, el desarrollo de conocimientos científicos y tecnológicos se acrecienta. Estos conocimientos se aplican de manera cada vez más elaborada en casi todas las áreas del quéhacer humano.

La evolución de las plantas cultivadas se ha acelerado y canalizado en direcciones específicas mediante la aplicación de técnicas modernas de genotecnia vegetal, con la ayuda de una amplia gama de disciplinas científicas como la genética, la fisiología, la patología y la bioquímica. Tal vez uno de nuestros problemas actuales estriba en el empleo de técnicas sobre-elaboradas que no utilizan la riqueza de diversidad genética que tenemos a nuestra disposición. Quizás no sepamos los tipos de plantas que necesitamos en realidad.

En épocas modernas, las plantas cultivadas se han movilizadas a una amplia gama de ambientes y zonas geográficas, muy distantes del lugar de origen. Este proceso ha ayudado a aumentar la variabilidad genética que tenemos ahora. Tal mejora indica también que las especies son dinámicas: todavía están generando variabilidad en ellas --posiblemente a una tasa mayor que nunca antes, merced al proceso adaptativo forzado en las especies cultivadas por parte de fitomejoradores y agrónomos.

EL ESTADO ACTUAL DE LOS RECURSOS VEGETALES Y SU UTILIZACION

Si las economías de mercado en desarrollo han de lograr una tasa de crecimiento de 4% anual en su producción, ésta se debe basar en recursos vegetales de gran potencial. Estos recursos se deben manejar --en los niveles de investigación y de producción, y en el contexto sociopolítico y económico-- de manera que se logra la máxima expresión de dicho potencial, a la vez que se lucha por acrecentarlo. Para ello se requerirá del uso más inteligente del amplio almacén mundial de variabilidad genética.

Para la mayoría de las especies cultivadas, hay colecciones razonablemente amplias y diversas del plasma germinal, distribuidas en muchos diferentes países. Sin embargo, hay una gran variación en cuanto a sus condiciones de almacenaje, documentación, evaluación y utilización.

En años recientes, se han desarrollado enfoques más sistemáticos para coleccionar y preservar plasma germinal, con atención especial a las especies cultivadas en regiones amenazadas por el desarrollo económico moderno. La FAO tiene un papel de liderazgo en la coordinación de este esfuerzo internacional, y más recientemente se ha constituido el Consejo Internacional para los Recursos Genéticos Vegetales (International Board for Plant Genetic Resources), a fin de determinar las prioridades y de coleccionar y canalizar fondos hacia las áreas prioritarias. Es importante que se hagan y se mantengan estas colecciones de plasma germinal para el uso futuro de la humanidad; sin embargo, es todavía más importante que las colecciones se utilicen en forma eficaz. Mucho se dice y se escribe acerca de la preocupación por la vulnerabilidad genética y la necesidad de hacer colecciones más amplias de germoplasma y de preservarias. A menudo, empero, hay confusión porque la preocupación por la vulnerabilidad genética surge de las técnicas de mejoramiento de los cultivos, más que de cualquier peligro real de la desaparición de la variabilidad germoplásmica.

Los fitomejoradores (en general) no miran hacia adelante y conjuntan una gama amplia de plasma germinal existente en sus sistemas genotécnicos. Más bien, se dedican a reseleccionar de manera continua en un complejo génico relativamente estrecho. Siguen un proceso que restringe aún más la variabilidad genética en uso. En esas situaciones de especificidad sobre la localidad, la región o el país, hay un peligro real de limitar la variabilidad genética y de incrementar la vulnerabilidad de especies de cultivos en particular al ataque de plagas, enfermedades u otros factores adversos.

Desafortunadamente, muchos de los programas genotécnicos de base estrecha se llevan a cabo en los países más desarrollados donde se obtienen los mayores rendimientos. En vista de estos altos rendimientos, se presume a menudo que el material de los programas representa el mejor plasma germinal disponible. No hay duda que éstos son los complejos génicos de base estrecha de mayor rendimiento para esas áreas específicas; sin embargo, de allí no se deduce necesariamente que este es el mejor germoplasma para los países de menor desarrollo, ni que representa la seguridad y el desarrollo futuro de la agricultura de los países en desarrollo. En efecto, parece urgente que los países más desarrollados comiencen la búsqueda de una manera más rápida para desarrollar e incrementar la variabilidad genética utilizable e incorporarla en sus programas genotécnicos.

RENUENCIA A UTILIZAR NUEVO GERMOPLASMA

Pese a la situación anotada antes, los fitomejoradores son renuentes a incorporar nuevo germoplasma a sus sistemas. En lugar de ellos, su enfoque para reducir la vulnerabilidad genética es el de coleccionar y preservar materiales desarrollados por la naturaleza y el hombre en el curso del tiempo, con la esperanza de que tal plasma germinal contenga genes individuales que resuelvan cualquier problema que pueda surgir. Igualmente, esperan poder aislar tales genes maravillosos y utilizarlos de manera tan simple como el sacar una tableta de un botiquín. Es tiempo de que los fitomejoradores abandonen ese modo de pensar y encaren las realidades.

¿Son realistas esos fitomejoradores cuando desarrollan complejos génicos tan altamente especializados y a la vez tan estrechos, o bien están tomando una ruta fácil de imaginación, con la esperanza de que los posibles peligros no ocurrirán nunca? Todos hemos advertido ejemplos de fracasos en variedades de cultivos con una estrecha base genética, fracaso debido a la aparición de una nueva raza de un patógeno determinado, a una concentración de inóculo de una enfermedad, o a condiciones ambientales propicias para la determinación de una enfermedad o plaga. Y aún así, un vistazo de cerca a los programas genotécnicos del mundo sugiere que los fitomejoradores prefieren apagar los fuegos que podrían empezar, más que desarrollar programas y variedades relativamente a prueba de fuego.

No es realista suponer que un fitomejorador pueda ir a su banco de plasma germinal y extinguir genes "apagadores de incendio". Aunque los genes útiles abundan sin duda en los bancos de germoplasma, a menudo ocurren con frecuencia muy baja, y los caracteres importantes están a menudo condicionados por un gran número de genes aditivos.

Es necesario un procedimiento largo y con frecuencia complejo, en donde se necesitan diferentes ambientes, para identificar y seleccionar los genes requeridos e incorporarlos en el cultivar, a fin de constituir el fondo genético y el mecanismo "amortiguador" de manera que el agricultor pueda tolerar una gama de condiciones imprevistas y adversas.

Este concepto de preservación del germoplasma se basa en la colección y almacenamiento de muestras de especies económicamente importantes de origen histórico. De ordinario tales materiales han evolucionado y se han establecido como razas locales en áreas localizadas. Cuando cualquiera de estos materiales se cruzan con variedades modernas específicas para la localidad, o aún si se cruzan dos variedades modernas de diferentes ambientes, habrá una dilución de los caracteres deseables de la variedad moderna en su ambiente de adaptación.

La superación de este efecto de dilución requiere de varios años y de mucha paciencia, y ésta es la razón principal por la cual el fitomejorador medio prefiere trabajar en un complejo génico avanzado estrecho con una inyección ocasional de un gene o dos para conferir resistencia si surge la necesidad. Debido a este enfoque, la mayoría de las colecciones de germoplasma se evalúan y se utilizan deficiientemente.

La facilidad con la cual se puedan identificar genes favorables en una colección depende del sistema de reproducción genético de las especies. Por ejemplo, es en general más fácil identificar efectos génicos en un cultivo de autofecundación que en un cultivo de polinización cruzada. Cualquier colección de un cultivo autofecundado tendrá plantas relativamente homocigotas, y puede o no ser heterogéneo. Se esperaría que tales colecciones tengan la suficiente variabilidad para permitir al científico seleccionar más fácilmente los tipos que le interesan. Este, a menudo, no es el caso en cultivos de polinización libre, donde cada planta es genéticamente diferente. Muchas características son de naturaleza poligénica, y ocurren en condiciones heterocigóticas con lo cual se enmascaran los genes recesivos favorables.

Es indudable que en la mayoría de las colecciones hay más genes favorables que los que somos capaces de identificar, especialmente cuando la muestra se cultiva en sólo una localidad. Sin embargo, si las colecciones se pudieran probar en varios ambientes muy diferentes, se identificarían más genes favorables. Así, mediante el uso de técnicas de polinización apropiadas a cada sitio, se podría comenzar el proceso de acumular dichos genes. El cruzamiento de las progenies resultantes de cada sitio favorecería una mayor acumulación de genes favorables. Tal enfoque es esencial, dado que muchos caracteres son controlados por un sistema poligénico y diferentes ambientes. Así se propiciaría que se expresara más del complejo génico.

La mayoría de los usuarios del banco de germoplasma de maíz del CIMMYT son científicos interesados en estudios académicos y estudios básicos. Otros científicos desean probar la colección y sondearla con respecto a genes de resistencia a enfermedades e insectos, o con respecto a algún otro carácter. Aunque la colección probablemente porta genes de resistencia a enfermedades e insectos, es improbable que sean hallados mediante un simple sondeo de un cultivo de polinización libre como es el maíz. Es genuina la preocupación por localizar los genes; empero, el enfoque utilizado a menudo ofrece pocas esperanzas de éxito feliz, debido a que la frecuencia de genes es tan baja que la resistencia no se expresaría.

Las colecciones de plasma germinal de todas las especies prometen muchos beneficios a la agricultura moderna, pero es esencial que los fitomejoradores y otros investigadores del campo biológico entiendan la necesidad de establecer programas que propicien la utilización cabal de la variabilidad genética almacenada. Debido a la complejidad de los programas genotécnicos y a la gama de ambientes necesaria para llevar a cabo un amplio cargo de selección para diferentes características adaptativas y agronómicas, los programas deben organizarse de manera que suministren material genético de amplia base que sea útil para muchos países. Este enfoque contrasta con el uso del banco de plasma germinal como fuente de genes individuales, que supuestamente dará respuestas mágicas.

No serán las colecciones por sí mismas, sino las acumulaciones de los genes deseables a partir de las colecciones las que harán una importante contribución al abastecimiento mundial de alimentos.

ESTRATEGIA PARA EL USO EFICAZ DE RECURSOS GERMOPLASMICOS

Durante el proceso de evolución, el género de un cultivo se adapta a una amplia gama de ambientes específicos: algunas líneas se adaptan a zonas montañosas altas y frías, otras líneas a los trópicos bajos, o a los márgenes de los desiertos, etc. Sin embargo, muy pocas o ninguna de estas líneas se adaptarán en lo individual a una gama amplia de ambientes diferentes. Empero, a través de un proceso gradual de domesticación y adaptación, una mayoría de las plantas cultivadas se siembran hoy dentro de ambientes y regiones geográficas muy diferentes a sus áreas originales de adaptación.

Con las técnicas modernas de ingeniería genética, ahora a disposición de los fitomejoradores, los vastos recursos de plasma germinal podrían ser utilizados para el desarrollo de complejos de

amplia base como fuente de materiales para la producción de cultivares adecuados para condiciones agroclimáticas diversas. ¿Pero cómo se hará esto, en particular en los países en desarrollo que cuentan con recursos limitados y poco personal adiestrado? Los países en desarrollo tienen urgente necesidad de cultivares de alto rendimiento, con amplia base, que puedan resistir el ataque de enfermedades y plagas, y las adversidades del clima. ¿Cómo puede entonces utilizarse eficazmente la colección de germoplasma?

De ordinario se citan dos razones para el uso en gran escala de las colecciones de plasma germinal: (1) ampliar la variabilidad genética y mejorar la especie en los ambientes donde se ha adaptado en el curso del tiempo, y (2) movilizarla en un ambiente donde la especie no había podido antes crecer y producir. La evidencia creciente sugiere que, si hay humedad y energía solar, el fitomejorador puede adaptar cualquier especie a cualquier ambiente, concedidos el tiempo y el acceso a una rica gama de variabilidad genética. Se puede presumir que tal cultivar de amplia adaptación tendría también la capacidad de tener por lo menos la producción promedio, aún si las condiciones ambientales fuesen un tanto desfavorables en un ciclo de cultivo.

Si el germoplasma de la faja maicera de los EUA se siembra en el trópico, será defoliado por las enfermedades tropicales. Si el germoplasma del trópico se siembra a la faja maicera, la mayoría de los materiales continuarán creciendo vegetativamente hasta que se mueren por las heladas y rara vez producirán algo de grano. Este ejemplo ilustra el problema involucrado en la utilización de las colecciones de plasma germinal que tienen un gran número de materiales colectados en muchos ambientes. Aunque estos tipos que se adaptan a ambientes totalmente diferentes no pueden transponerse, cada uno de ellos tiene genes útiles para aportar al otro. Por ejemplo, aunque el maíz tropical acumula carbohidratos tan rápidamente como los de la faja maicera, tiene un índice de cosecha mucho más bajo. Esto sugiere que en el maíz de la faja maicera hay genes favorables que pudieran incrementar de manera significativa el rendimiento de grano del maíz tropical. El maíz norteamericano, por otra parte, se podría beneficiar de la inclusión de diferentes fuentes de resistencia al barrenador que se ha identificado con el maíz tropical.

METODO DE MEJORAMIENTO DE MAIZ EN EL CIMMYT

El cultivo del maíz se puede usar a manera de ilustración de un método para la utilización de genes que ofrecen las colecciones de plasma germinal. El método examinado aquí es el que utiliza CIMMYT para la producción y el mejoramiento continuo de poblaciones de maíz para países en desarrollo. Se puede usar para el desarrollo de variedades "elite" por parte de los programas nacionales colaborados que participan en las pruebas a gran escala.

Si el fitomejorador va a un ambiente neutral --es decir, un ambiente lo suficientemente moderado que permita que las colecciones de cualquier parte del mundo florezcan y produzcan grano--, entonces todos los tipos se pueden inter cruzar. Se puede permitir que la progenie resultante se siga inter cruzando por varias generaciones a fin de romper ligamientos génicos; o bien las progenies se pueden seleccionar en una serie de ambientes distintivamente diferentes, y luego las selecciones superiores se retornan al ambiente neutral para los inter cruzamientos posteriores.

Mediante estos procesos, los genes favorables para cada uno de estos ambientes diferentes pronto se acumulan para constituir una población que se cultivará satisfactoriamente en cualquiera de los ambientes.

Una población superior, con amplia adaptación, de este tipo constituye un vehículo para canalizar nuevos genes al sistema genotécnico casi en cualquier lugar del mundo. Posiblemente de mayor importancia, si este proceso se ejecuta bien, es que posibilita el desarrollo de materiales superiores a cualquiera de las poblaciones individualmente adaptadas que se han trabajado y re-trabajado por muchos años en los mismos ambientes.

Esto necesariamente aprueba que las nuevas poblaciones de amplia adaptación superen el rendimiento de las variedades liberadas. Pero sí sugiere más bien que el fitomejorador dispondrá de una serie completamente nueva de genes para incorporar y mejorar sus poblaciones bajo mejora con respecto a rendimiento y a otras características. Este mejoramiento, a largo plazo, será muy superior al obtenido mediante la re-manipulación continua de las poblaciones existentes.

EN EUA Y EUROPA SON POSIBLES PROGRAMAS SIMILARES

Se sugiere los países de las principales regiones productoras de maíz del mundo desarrollado, tales como Norteamérica y Europa, se beneficiarían con un programa cooperativo regional similar que suministre poblaciones superiores adaptadas a sus regiones. Estas podrían ser utilizadas por los fitomejoradores nacionales para introducir la muy necesaria variabilidad genética. Usando esta técnica, cada fitomejorador no tendrá que introducir grandes volúmenes de germoplasma exótico que perturbaría su programa.

Los autores consideran que el estado actual de los recursos genéticos vegetales para satisfacer las necesidades alimentarias mundiales está mucho más avanzado que el reconocimiento de la necesidad de desarrollar un sistema para utilizar la diversidad genética disponible. Afortunadamente, para los tres cereales principales --trigos, arroz y maíz-- los programas genotécnicos internacionales están desarrollando poblaciones y líneas de amplia adaptación y amplia base genética, de tal manera de poner a disposición del mundo estos recursos. Aún con estos cultivos hay una cantidad significativa de variabilidad genética que está por evaluarse y ponerse a disposición de los fitomejoradores del mundo.

Otras especies cultivadas no han avanzado tanto en este respecto, pero a medida que los otros programas internacionales avancen, este tipo de diversidad en formas agronómicamente aceptables serán asequibles para aumentar el crecimiento de la producción.

EL FUTURO

Aunque la colección, evaluación y almacenamiento de germoplasma valioso amenazado debe continuar, más fitomejoradores deben contribuir y beneficiarse con los programas genotécnicos regionales e internacionales, mediante la conjunción y concentración de genes deseables que han sido colectados como un mecanismo de utilizar la variabilidad existente.

Debido a la muy amplia gama de presiones de selección ambiental que se ejercerán sobre esas poblaciones genéticamente variables, es probable que ocurran numerosos cambios pequeños y continuos. A medida que esos materiales recombinan de nuevo, las oportunidades de crear nuevo plasma germinal deseable probablemente superaría las posibilidades de perder buen germoplasma.

Actualmente se tienen en marcha muchos intentos de crear aún mayor variabilidad para utilizarse en la producción agrícola del futuro. El primero de estos cultivos --triticale-- empieza apenas a entrar al sistema alimentario mundial. Se han producido o se están intentando cruzamientos entre maíz x tripsacum; maíz x sorgo; cebada x trigo; cebada x centeno, etc., no sólo para combinar variabilidad genética intra genérica, sino también intergenérica

Existen ahora los recursos genéticos para aumentar considerablemente el potencial genético de las plantas cultivadas por el hombre y para prevenir las contra la vulnerabilidad genética. La tarea de crear y hacer disponible la variabilidad necesaria requiere de la cooperación de los científicos agrícolas de todo el mundo. Así, nuestro ritmo de avance será limitado solamente por nuestra imaginación y nuestra disposición de cooperar en esta vital y emocionante empresa.

