

RETOS Y PERSPECTIVAS PARA EL FITOMEJORAMIENTO FUTURO: USOS DEL GERMOPLASMA Y DE LA GENETICA MOLECULAR^{2,3}

Major M. Goodman¹

RESUMEN

El impacto de las perspectivas del cambio ambiental sobre las directrices del mejoramiento de plantas tendrá consecuencias directas en el desarrollo de líneas, variedades e híbridos. El reto de incorporar germoplasma no mejorado proveniente de los bancos de germoplasma a materiales élite mejorados, aún no está resuelto y es más agudo a medida que el mejoramiento de plantas progresa. No habiendo evaluado los recursos genéticos, existen pocas bases para establecer métodos científicos para utilizar tales recursos.

Las restricciones ambientales y ecológicas sobre el intercambio de germoplasma son, a largo plazo, más restrictivas que las actuales controversias, principalmente políticas, acerca del intercambio de germoplasma. Los enfoques modernos de la genética molecular tienen mucho que ofrecer; pero, en el caso de la transformación, probablemente serán

sólo para caracteres de herencia simple de mucha importancia económica para los cuales los procedimientos de campo disponibles no son efectivos. La transformación probablemente será de mayor importancia relativa para cultivos perennes que para anuales, donde los procedimientos de campo disponibles en el mejoramiento convencional resultan en un progreso relativamente rápido. Los procedimientos de diagnóstico para el monitoreo de las enfermedades de las plantas pueden ser más importantes que las técnicas moleculares para formar cultivares resistentes a enfermedades.

Parece haber poco riesgo en las plantas de cultivo obtenidas mediante la ingeniería molecular; pero, por otro lado, los caracteres cuantitativos como el rendimiento, la adaptabilidad general y la heterosis no son apropiados para los enfoques moleculares actualmente disponibles y deberán ser manipulados mediante las técnicas convencionales del mejoramiento de plantas.

¹ Professor. Department of Crop Science. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695-7620. U.S.A.

² Paper No. 11780 of the Journal Series of the North Carolina Agricultural Research Service; Raleigh, NC 27695-7643. Supported in part. by NIH Research Grant No. GM11546, by USDA SCA No. 58-7B30-3-573, and by a Grant from Pioneer Hi-Bred International.

³ Traducido del inglés por el Dr. Ciro G.S. Valdés L.

INTRODUCCION

Con el desarrollo de la genética molecular, combinada con las políticas mundiales de distribución de germoplasma, el papel del fitomejorador merece más atención (y posiblemente aún más respeto) del que ha recibido por la prensa en general.

Los fitomejoradores tienen varias metas, algunas de las cuales son modificadas con el tiempo, pero las principales son las siguientes:

1. Maximizar la productividad minimizando los costos económicos y ecológicos.
2. Mantener la variabilidad genética dentro y entre cultivos.
3. Evaluar y utilizar eficazmente las fuentes genéticas y germoplásmicas.
4. Desarrollar una base científica para seleccionar las fuentes más promisorias de germoplasma para el mejoramiento de los cultivos.
5. Conducir ensayos de evaluación eficientes e informativos, para identificar los materiales élite.
6. Utilizar la moderna metodología de la genética molecular de forma innovativa y útil para ayudar en el desarrollo de cultivos mejorados.

PROBLEMAS AMBIENTALES Y SU IMPACTO EN EL FITOMEJORAMIENTO

Varios problemas ambientales importantes están influenciando o pronto influenciarán a los fitomejoradores. Las consecuencias indeseables de los usos generalizados de insecticidas de aguda toxicidad y larga persistencia, eventualmente forzarán a los fitomejoradores a poner aún más énfasis en la resistencia genética a enfermedades e insectos, incluyendo varios enfoques de genética molecular que serán discutidos en una sección posterior.

Las corrientes y otros suministros de agua están siendo afectadas por la lixiviación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. Las legislaturas estatales y nacionales están considerando establecer límites en el uso de los fertilizantes. Así, el fitomejoramiento para la eficiencia en el uso de fertilizantes, como ha sido efectuado en maíz *Zea mays* L. (Moll *et al.*, 1987) se convertirá en un objetivo importante.

A medida que la presión de la población humana se incrementa, más tierras marginales se ponen en uso. Estas tierras a menudo tienen precipitación limitada, alta salinidad, toxicidad por aluminio, alta acidez, etc. Cada uno de estos problemas requiere esfuerzos mayores del fitomejoramiento para vencer las limitaciones ambientales a la productividad. Quizás el trabajo más refinado de fitomejoramiento de este tipo ha sido el realizado por Dvorak en Davis, California. El ha introducido genes de *Elytrigia* al trigo *Triticum aestivum* L., produciendo un trigo tolerante a sales (Dvorak *et al.*, 1985).

El incremento en el uso de tierras marginales, y el mayor esfuerzo por proteger la capa arable en todas nuestras tierras, han conducido a incrementar la labranza mínima. Con el incremento de los residuos de cosechas que se abandonan en el campo, a menudo aumenta también la presencia de fitopatógenos e insectos, de tal manera que enfermedades anteriormente insignificantes, como la mancha gris de la hoja de maíz en los Estados Unidos, se han vuelto amenazas serias. Como consecuencia, si las prácticas de labranza mínima van a popularizarse, los esfuerzos del fitomejorador para detener tales enfermedades deben aumentar.

MANTENIMIENTO DE LA DIVERSIDAD GENETICA

Casi todos los cultivos tienen la misma estructura general en su germoplasma: un grupo amplio de tipos silvestres, herbáceos, en su mayoría en formas no mejoradas. El mejoramiento y la producción, sin embargo, descansan sobre un número muy limitado de líneas y cultivares sobresalientes que a menudo no suman más de una docena (Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops, 1972). A pesar de las vastas reservas de germoplasma almacenadas en los bancos nacionales e internacionales, en la mayoría de los casos las reservas son usadas como la última alternativa después de considerar las siguientes:

- Germoplasma élite y cruza élite x élite.
- Cultivares recientes y cruza élite x cultivares recientes.
- Líneas modernas que no están en uso comercial ("en reserva" como ha sido descrito por Duvick, 1984) y sus cruza.
- Cultivares y cruza obsoletas.

Solamente si todas estas alternativas fallan, la mayoría de los fitomejoradores se interesan por las reservas de germoplasma no mejorado, o aún peor, se interesan por formas de tipo silvestre o malezas relacionadas (Cox *et al.*, 1988).

Así, la situación para la mayoría de los cultivos se ilustra en la Figura 1.

Como ejemplo, cerca de 300 razas de maíz han sido descritas en América Latina desde México (Wellhausen *et al.*, 1952)

hasta Chile (Timothy *et al.*, 1961). Los resultados fueron resumidos por Brown y Goodman (1977). Menos del 10% de estas razas están representadas de alguna forma importante en programas de fitomejoramiento en el mundo. Menos del 5% están representadas en híbridos comerciales. En regiones templadas menos del 2% están representadas. La mayoría del maíz comercial se origina a partir de solo 7 grupos raciales: Dentados Mexicanos, Dentados de la Faja Maicera, Cristalinos Tropicales Costeños, Tusones, Cristalinos Cubanos, Cristalinos Norteños y Cárpetos (Goodman, 1985b), o de sus cruzamientos.

Solamente en los Estados Unidos se tiene información de la extrema estrechez de la base de germoplasma en maíz (Darrah y Zuber, 1986; Duvick, 1984; Goodman, 1985a; Smith, 1988), pero es evidente que situaciones similares han ocurrido en América Latina y Europa. En los Estados Unidos, la mayoría de los híbridos consisten de cruza entre dos juegos de líneas, A y B. El grupo A de líneas son C103, Mo17, Oh43 y sus derivadas (líneas principalmente de origen Lancaster); el juego de líneas B son A632, B14, B37, B73 y sus derivadas (líneas principalmente de origen Reids). Pocos, o ningún híbrido ajeno a este tipo AxB está siendo usado ampliamente en los Estados Unidos (Baker, 1984). Aún más, cerca del 50% de los híbridos vendidos en los Estados Unidos no son "únicos" (Cuadro 1), pues presentan pedigris comunes y son vendidos por diferentes compañías bajo números y nombres diferentes (Smith, 1988). Además, muchos híbridos "únicos" comparten líneas con otros híbridos. Varias compañías ampliamente anunciadas parecen tener pocas o ninguna línea o híbridos desarrollados para su propio uso exclusivo.

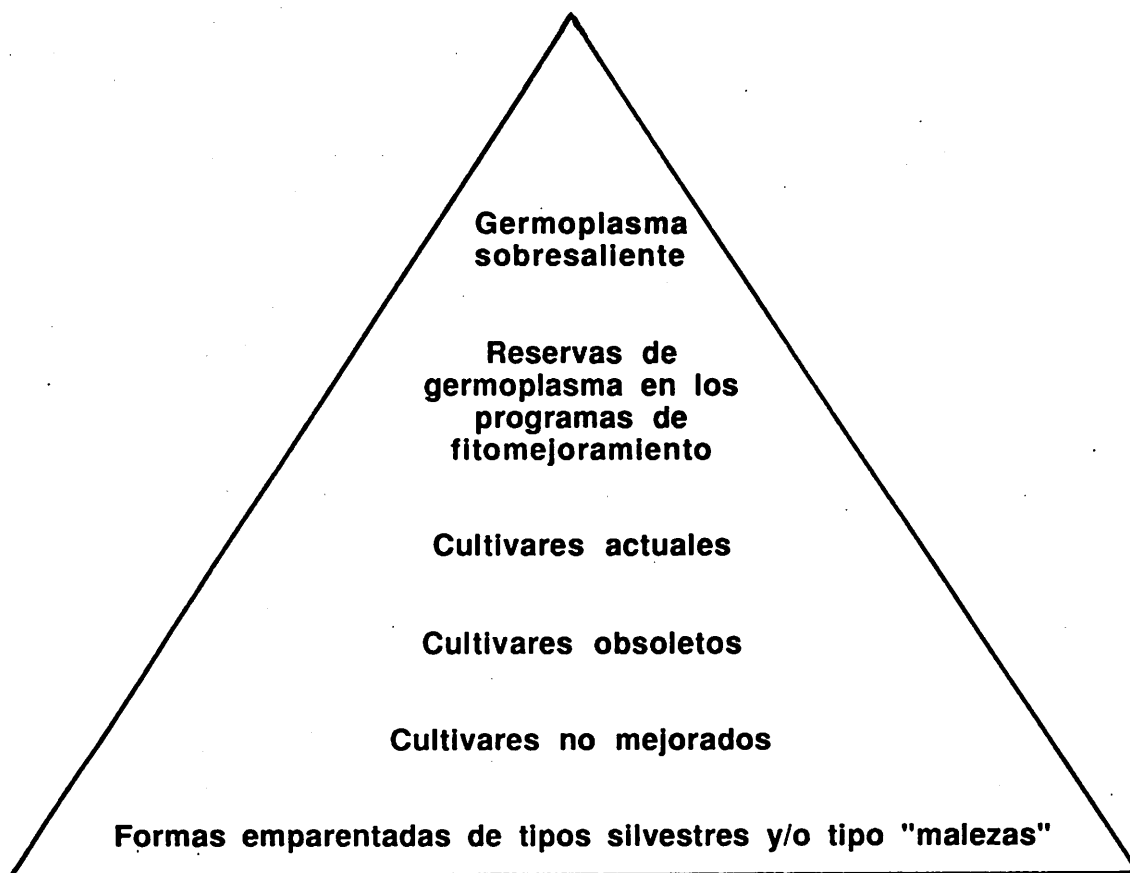


Figura 1.- Representación esquemática de la restricción en el uso de la diversidad genética en el mejoramiento de cultivos (Adaptado de una diapositiva de A. Hallauer, Ames, Iowa).

Las razones básicas de la restricción continua en el germoplasma base resultan de aplicar dos principios bien establecidos en el fitomejoramiento, que son:

Elite x Elite = probablemente élite.

Chatarra x Chatarra = casi con seguridad chatarra.

Pocos programas de fitomejoramiento, públicos o privados, nacionales o interna-

cionales, han tenido el lujo, o la continuidad necesaria para ser programas de mejoramiento a largo plazo. Por lo anterior, la mayoría usa cruza Elite x Elite para derivar un gran porcentaje, si no el total, de sus materiales de fitomejoramiento.

Frecuentemente la forma más económica para mantener la diversidad genética es invertir en extensionismo más que en programas de mejoramiento. Al promover el uso

Cuadro 1. Cinco grupos de híbridos de maíz ampliamente distribuidos en los Estados Unidos que son virtualmente indistinguibles mediante el análisis de isoenzimas (Smith, 1988).

Número del grupo	Nombre de los híbridos
I	B73xLH51, DF20xLH51, Dekalb-Pf-656, Dekalb-Pf-636, Funks 64500, Garst 8344, Garts 8345, Garts 8388, Golden Harvest H2572, Golden Harvest H2604, Jacques 7900, Northrup King 9540, Stauffer 7751, Stauffer 7759, (Otros ocho).
II	B73xLH38, B73xLH98, Asgrow RX6882, Dekalb-Pf-T1100, Garst 8520, Garts 8538, Pioneer 3541, Stauffer 6595.
III	B73xMo17, FR27xFR303, FR141 x FR303, Dekalb-Pf-524, Garst 8333, Jacques 8100.
IV	A632xLH38, A632xLH98, Dekalb-Pf-484, Dekalb-Pf-556, Garst 8711, Pioneer 3780, Jacques 4700, Stauffer 5260, (Otros dos).
V	LH74xLH51, Funks 64425, Garst 8555, Jacques 7700, Stauffer 5340, (Otros seis).

moderado de fertilizantes, el control adecuado de malezas, y un empleo mínimo de insecticidas, los rendimientos de las variedades criollas pueden ser cuadruplicados con un incremento mínimo en los costos de los insumos.

El uso de híbridos modernos ó variedades desarrolladas por INIFAP, CIMMYT, ó Pioneer en lugar de variedades locales ó criollas podrían duplicar los rendimientos actuales. Tales materiales han estado disponibles en maíz, trigo y arroz *Oryza sativa* L. desde al menos la mitad o fines de la década de 1950. Su uso es frecuentemente limitado por la falta de distribución, falta de propaganda o de financiamiento. Aun alrede-

dor de Chapingo, Texcoco, México y el Batán, gran parte, si no la mayoría del maíz cultivado es principalmente no mejorado. Nuestros materiales élite son usualmente mejorados por los fitomejoradores a una tasa del 1% por año, que es un mejoramiento relativamente inapreciable en relación a duplicar ó cuadruplicar el rendimiento con sólo adoptar buenas prácticas agronómicas en los materiales actualmente disponibles.

EVALUACION Y UTILIZACION DE MATERIALES

Se ha hecho mucho uso político de la idea de que los países desarrollados están

robando el germoplasma de los países subdesarrollados (Mooney, 1983; Kloppenburg, 1988). La idea tiene mérito. Seguramente alguien tiene que hacer uso de tal germoplasma; tristemente, sin embargo, existe poca evidencia de que la mayor parte se esté usando, con o sin robo e intriga internacional. Lo que es criminal es nuestro poco interés hacia nuestras fuentes de germoplasma.

J. T. Williams del IBPGR en el último Congreso Internacional de Botánica (Berlin, Agosto, 1987) informó que menos del 50% de las entradas en poder de los principales bancos de germoplasma tienen siquiera información disponible para envío al extranjero. No existen estimaciones cuantitativas disponibles para otro tipo de datos, pero para maíz, el cual parece estar al menos tan bien estudiado como cualquier otro cultivo importante, esencialmente ningún dato de evaluaciones ha sido publicado, aun para las más o menos diez ó treinta mil colectas del Nuevo Mundo. Es poco probable emplear estos materiales sin siquiera tener datos de una evaluación mínima.

Muchos bancos de germoplasma raramente distribuyen algún germoplasma y no tienen los recursos financieros ó humanos para hacerlo, aun si repentinamente hubiera demanda por el material. Algunos Centros Internacionales de Investigación Agrícola y el Sistema Nacional de Germoplasma de los Estados Unidos son excepciones a esta consideración. Sin embargo, muchos programas nacionales, tanto los iniciados por el IBPGR como aquellos que lo precedieron, actualmente no tienen la capacidad para efectuar una distribución activa, y no existe probabilidad inmediata alguna de que puedan adquirir tal capacidad. Así, los fitomejoradores en activo deben hacer sus propias, aunque limitadas, evaluaciones y con frecuencia adquirir sus propias fuentes

de germoplasma. Esto último, a menudo se logra mediante el intercambio entre fitomejoradores, generalmente de material mejorado más que de germoplasma no mejorado.

Si son pocas las evaluaciones de germoplasma conducidas, aún menos son las que se publican. Los pocos ensayos con repeticiones que se han publicado sugieren que el 1% ó cuando mucho el 5% del germoplasma almacenado en los bancos, es competitivo respecto a los materiales del fitomejoramiento comercial y/o con las variedades disponibles. Sin embargo, las siembras en el campo de las colectas de los bancos de germoplasma a menudo indican que los porcentajes de germinación son bajos, aunque en el laboratorio puedan ser altos. La contribución más importante del Proyecto LAMP (Proyecto Latinoamericano de Maíz), el cual es un intento serio y comprometido para evaluar muchas de las colecciones de maíz de América Latina, puede haber sido el descubrimiento inadvertido de que muchas de las colecciones de maíz están en un deplorable e inaceptable estado de preservación.

DESARROLLO DE UNA BASE CIENTIFICA PARA LA SELECCIÓN DEL GERMOPLASMA PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS

Se ha puesto mucha atención sobre la elección de las distintas técnicas de fitomejoramiento, pero hasta muy recientemente, se empieza a poner atención en la selección de materiales alternativos para el fitomejoramiento. John Dudley de la Universidad de Illinois ha iniciado la evaluación de algunos criterios para seleccionar materiales de maíz (Dudley, 1987, 1988). El criterio de Dudley se basa en el concepto del mejoramiento de dos

líneas endogámicas élite razonablemente satisfactorias, A y B, y de igual potencial de rendimiento (por simplicidad, supongo yo). Una nueva línea E que puede o no ser endogámica, podrá ser utilizada para mejorar B si la cruza A x E rinde más que la cruza B x E. El mismo enfoque puede extenderse al mejoramiento de cruza simples empleadas en la producción de cruza dobles (A x B) x (C x D), o cruza triples (A x B) x C.

La elección de la nueva línea E sobre otras líneas posibles (las cuales en maíz pueden ser al menos del orden de decenas de miles), no es tan simple. Evidentemente, la línea E deberá tener alelos favorables ausentes en A y B. Algunas veces tales alelos definen el uso de E, como por ejemplo, la resistencia a una enfermedad en particular. El método de Dudley sugiere escoger E sobre la base del rendimiento promedio de las cruza de E con A y B. Así, una serie de cruza $E_1 \times A$, $E_1 \times B$, $E_2 \times A$, $E_2 \times B$, etc. proporcionarían la mayor parte de la información requerida para seleccionar E_i para el mejoramiento de A (o B, según sea el caso).

La nueva línea o entrada, E, podría ser también escogida mediante la información proveniente de ensayos hechos sobre la base de cruza con (A x B) u otros probadores relacionados con A o B o ambas. La línea E también puede elegirse con base en su propio rendimiento *per se*. En muchos casos, sin embargo, la adaptación a ambientes específicos (tales como días cortos o altitudes extremas) hace imposible evaluar el rendimiento de materiales tropicales en ambientes templados y viceversa. Frecuentemente, aun los híbridos entre materiales adaptados y exóticos no pueden ser eficientemente evaluados.

Así, en la mayoría de los casos, la elección de verdaderas fuentes nuevas de germoplasma debe basarse en la historia antigua del germoplasma. Por tal razón, tanto la información para envío al extranjero como los datos de las evaluaciones del germoplasma en su ambiente de adaptación son de máxima importancia para el fitomejorador, así como las estimaciones de su posible gama de adaptación.

Finalmente, si tiene que haber algo de ciencia involucrada en la selección de germoplasma, es necesario determinar qué fuentes específicas de germoplasma demuestran ser efectivas y cuáles no. El trabajo de fitomejoramiento con sintéticos o compuestos de origen dudoso de numerosas entradas no relacionadas puede efectivamente conducir a cultivares mejorados. Sin embargo, esto nos dice muy poco respecto a las fuentes más útiles de germoplasma o acerca de combinaciones específicas de germoplasma que puedan ser explotadas más fácilmente, tal como ocurre con las cruza Reid x Lancaster en los Estados Unidos (Wallace y Brown, 1956).

EVALUACION DE MATERIALES ELITE

Los ensayos en parcelas pequeñas, seguidos de ensayos en mayor escala en franjas, ha sido el enfoque tradicional en los ensayos de evaluación de híbridos o variedades durante los últimos 50 años y no hay indicios de que se requiera algún cambio importante. Sin embargo, la era de las microcomputadoras está revolucionando el procesamiento de datos, de tal manera que los resultados con frecuencia están disponibles después de la cosecha, permitiendo un uso más efectivo de dos ciclos agrícolas por año.

LIMITACIONES SOBRE EL INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA

En las sesiones de la FAO y del IBPGR se ha discutido mucho acerca de los problemas de distribución de germoplasma, el caso Norte y el Sur, las indemnizaciones o retribuciones por el uso de los recursos genéticos, etc. Estas discusiones no consideran un hecho indiscutible: que la mayoría de las colectas nunca han sido usadas, evaluadas ni regeneradas o distribuidas.

La principal limitación al intercambio efectivo de germoplasma y su uso es ecológica. Los materiales mejorados adaptados a regiones templadas, tales como los famosos híbridos dentados de la faja maicera del Oeste Medio de los Estados Unidos, virtualmente no tienen valor alguno en los trópicos, ni siquiera como materiales para el fitomejoramiento (para una excepción, ver Kim *et al.*, 1985). Similarmente, las famosas razas Tuxpeño y Chalqueño aún no se han usado ampliamente en los Estados Unidos, pues la adaptación a la longitud del día y a la altitud son dos problemas principales. Ambos problemas están siendo atacados en México y en otros países, pero las soluciones están lejos de ser fáciles o rápidas.

APLICACIONES DE LA GENETICA MOLECULAR AL FITOMEJORAMIENTO

Tecnología para la Transformación Genética

La transformación genética es útil sobre todo para caracteres que son difíciles de mejorar con los métodos comunes del fitomejoramiento, por ejemplo:

1. Resistencia a insectos, cuando el insecto en cuestión es difícil de criar y distribuir en el campo.
2. Resistencia a una enfermedad que ocurre esporádica e impredeciblemente y que no puede inducirse con facilidad.
3. Nuevos caracteres, tales como resistencia a herbicidas, para los cuales no se conoce variación natural.

La inserción de ADN extraño o la regeneración de plantas vía cultivo de tejidos, generalmente ocasiona variación inducida, la mayoría de ella detrimental. Mientras un caracter deseado puede ser establecido por estas técnicas, casi siempre se requiere de años de fitomejoramiento antes de desarrollar una línea útil, una variedad o un híbrido.

La siguiente comparación de metodologías ilustra el tiempo requerido en el fitomejoramiento convencional y el molecular:

Fitomejoramiento Convencional

1. La separación de materiales desde parientes lejanos a líneas élite requiere de meses a años.
2. La recombinación, selección y evaluación requieren de 9 hasta 20 años.

Fitomejoramiento Molecular

1. Lo mismo que en el fitomejoramiento tradicional.
2. El aislamiento de genes, su inserción, la selección posterior y los ensayos de prueba requieren de 9 a 20 años.

Básicamente, nada realmente nuevo puede ser esperado bajo cualquier enfoque en menos de 15-16 años, excepto en circunstancias extremadamente fortuitas.

Ventajas de la Genética Molecular

1. Permite la inserción de genes extraños no encontrados en parientes cercanos (ejemplos: genes de la toxina bt - *Bacillus thuringensis* -; genes para resistencia a herbicidas).
2. Puede fácilmente permitir la acumulación piramidal de varios genes independientes y dominantes para resistencia a enfermedades en un solo cultivar (resultado probable: la reducción ó la eliminación del rompimiento de la resistencia).
3. Permite hacer progresos hacia la transferencia de alelos en ausencia del organismo causal (ejemplo, la roya del maíz producida por *Puccinia polysora* Undrew).

Limitaciones de la Genética Molecular

1. Se dispone de muy pocos genes conocidos que sean de mucho potencial agronómico.
2. Actualmente no es aplicable a caracteres de herencia cuantitativa tales como rendimiento, madurez, vigor, etc.
3. Es extremadamente intensiva en cuanto a trabajo y dinero; sólo los gastos de laboratorio son cuando menos cuatro (quizás 10 veces) más caros que en el fitomejoramiento convencional.

Grupos de Ligamiento RFLP

Los mapas de ligamiento por saturación usando RFLP (Polimorfismos de Longitud de Fragmento de Restricción), están siendo desarrollados para la mayoría de los principales cultivos. Una vez que esto se haya logrado, los genes moleculares más

importantes podrán ser flanqueados por marcadores separados por no más de 10 a 20 unidades de mapa.

Usando marcadores laterales RFLP, los programas de retrocruzas podrán ser efectuados más eficientemente. Los alelos recesivos podrán ser rápidamente transferidos sin la intervención de las poblaciones F₂ entre retrocruzas. Los alelos dominantes para resistencia a enfermedades podrán ser acumulados. La limitación actual es lo caro, particularmente del trabajo humano, pero también el costo de reactivos y los problemas del marcaje con radioisótopos. Además, se necesitan estudios extensivos de campo en estrecha colaboración con los de laboratorio para establecer las relaciones de ligamiento para cada nuevo cruzamiento por utilizar.

Pruebas de Diagnóstico

Una de las áreas más prometedoras de la genética molecular es el probable desarrollo de pruebas serológicas capaces de cuantificar la resistencia a enfermedades inoculables. Sondas moleculares basadas en secuencias de ADN de los agentes infecciosos son una promesa futura.

El trabajo actual necesario sobre toxinas producidas en semillas infectadas por *Fusarium* sp. y sobre aflatoxinas, está limitado por la falta de medidas apropiadas de diagnóstico. Tales toxinas afectan tanto la salud como la vida animal y humana.

Riesgos Biológicos de la Genética Molecular en el Fitomejoramiento

Por ahora los riesgos son pocos. ¿Por qué?

1. En la actualidad no se pueden crear nuevos genes.
2. La transferencia de genes está en alto grado limitada a especies emparentadas.
3. Virtualmente todo lo construido es biológicamente deletéreo en términos de adaptación.
4. Las transferencias de genes individuales son menos "creativas" que las cruzas interespecíficas ó intergenéricas generadas por la metodología convencional (Brill, 1988).

Hasta el presente la utilización de la genética molecular para el fitomejoramiento presenta, más que riesgos, tres limitaciones principales; éstas son:

1. Es cara.
2. Falta personal entrenado simultáneamente en genética molecular y en el fitomejoramiento de campo.
3. Falta de genes agronómicamente importantes para ser usados en el trabajo molecular.

Hasta la fecha, sólo genes individuales pueden ser genéticamente manipulados. Antes que puedan ser usados, deben aislarse, ya sea a través de complejas reacciones antígeno-anticuerpo ó mediante experimentos de marcaje de genes, tales como el marcaje de transposones. Los genes sin productos de importancia usualmente deben ser marcados y esto puede ser un proceso caro (esencialmente en la búsqueda de una mutación).

Hasta el momento y al menos para el futuro predecible, las técnicas moleculares

estarán restringidas a ser utilizadas con genes mayores involucrados en resistencia a enfermedades (y posiblemente a condiciones ambientales críticas), resistencia a herbicidas y a insectos.

Rendimiento, adaptación general, palatabilidad, y heterosis, permanecen en el campo del fitomejoramiento general y probablemente ahí quedarán por un futuro indefinido.

BIBLIOGRAFIA

- Baker, R. F. 1984.** Varietal origins of inbreds. Illinois Corn Breeders' School Proc. 20: 1-19.
- Brill, W. J. 1988.** Why engineered organisms are safe. Issues in Sci. and Tech. 4(3):44-50.
- Brown, W. L. and M. M. Goodman. 1977.** Races of corn. In: Corn and Corn Improvement. G. F. Sprague (ed.). Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. pp. 49-88.
- Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops. 1972.** Genetic vulnerability of major crops. Natl. Acad. Sci. USA, Washington, D.C. 307 p.
- Cox, T. S., J. P. Murphy, and M. M. Goodman. 1988.** The contribution of exotic germplasm to American Agriculture. In: Seeds and Sovereignty. J. Kloppenburg, Jr. (ed.). Duke University Press, Durham, N.C. pp. 114-144.
- Darrah, L. L. and M. S. Zuber. 1986.** United States farm maize germplasm base and commercial breeding strategies. Crop Sci. 26:1109-1113.
- Dudley, J. W. 1987.** Modifications of methods for identifying inbred lines useful for improving parents of elite single crosses. Crop Sci. 27:940-943.

- _____. 1988. Evaluation of maize populations as sources of favorable alleles. *Crop Sci.* 28:486-491.
- Duvick, D. N. 1984. Genetic diversity in major farm crops on the farm and in reserve. *Econ. Bot.* 38:161-178.
- Dvorak, J., K. Ross, and S. Mendlinger. 1985. Transfer of salt tolerance into wheat by the addition on incomplete *Elytrigia* genome. *Crop Sci.* 25:306-309.
- Goodman, M. M. 1985a. Exotic maize germplasm: Status, prospects, and remedies. *Iowa State J. Res.* 59:497-527.
- _____. 1985b. Use of tropical and subtropical maize and teosinte germplasm in temperate conditions. In: *Breeding Strategies for Maize Production Improvement in the Tropics*. A. Brandolini and F. Salamini (eds.). FAO and Instituto Agron. per L'Oltremare. Relazioni e Monografie Sub-trop. e Trop. N.S. No. 100. Florence, Italy. pp. 93-103.
- Kim, S. K., Y. Efron, J. Fajemisin, and F. H. Kadr. 1985. Evolution and progress of hybrid maize project of I.I.T.A. In: *Breeding Strategies for Maize Production Improvement in the Tropics*. A. Brandolini and F. Salamini (eds.). FAO and Instituto Agron. per L'Oltremare. Relazioni e Monografie Subtrop. e Trop. N. S. No. 100. Florence, Italy. pp. 367-384.
- Kloppenborg, J. R. Jr. 1988. *First the Seed: The Political Economy of Plant Biotechnology, 1492-2000*. New York. Cambridge Univ. Press.
- Moll, R. H., E. J. Kamprath, and W. A. Jackson. 1987. Development of nitrogen efficient prolific hybrids of maize. *Crop Sci.* 27:181-186.
- Mooney, P. R. 1983. The law of the seed. *Development Dialogue* 1983 (1-2):3-173. Dag Hammanskjold Centre. Uppsala, Sweden.
- Smith, J. S. C. 1988. Diversity of United States hybrid maize germplasm; isozymic and chromographic evidence. *Crop Sci.* 28: 63-69.
- Timothy, D. H., B. Peña V., and R. Ramirez E. with W. L. Brown and E. Anderson. 1961. *Races of Maize in Chile*. Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Coun. Publ. 847. Washington, D. C. 84 p.
- Wallace, H. A. and W. L. Brown. 1956. *Corn and Its Early Fathers*. Michigan State Univ. Press. East Lansing, Michigan. 134 p.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, and E. Hernandez X. with P. C. Mangelsdorf. 1952. *Races of Maize in Mexico*. Bussey Institution, Harvard Univ. Cambridge, Mass. 223 p.
- Zuber, M. S. and L. L. Darrah. 1980. 1979 U. S. corn germplasm base. *Annual Corn and Sorghum Res. Conf. Proc.* 35:234-249.

DISCUSION

Dr. Fidel Márquez Sánchez, INIFAP

Pregunta:

Después de sobrepasar el problema de una base genética estrecha, ¿las metodologías de mejoramiento no podrían recobrar su importancia en el mejoramiento de plantas?

Respuesta:

Las metodologías de mejoramiento son importantes y tanto la investigación como el germoplasma se están beneficiando de ellas.

Pregunta:

¿Cuál sería la importancia del retrocruzamiento restringido (sólo una o dos retrocruzas) para resolver el problema de inadaptación del germoplasma exótico?

Respuesta:

El retrocruzamiento ayudaría mucho para esto.

Dr. José D. Molina Galán, C.P.

Pregunta:

Tendría usted alguna sugerencia de lo que el CIMMYT debiera hacer para poder usar eficientemente el material genético de maíz existente en el Banco?

Respuesta:

Esto podría ser logrado en dos pasos, el primero efectuando un cribado de las colectas con base en caracteres agronómicos generales, y el segundo, considerando los caracteres más importantes para el destinatario; así se podrían probablemente reducir hasta en uno o el seis porciento las entradas para evaluar y descartar plantas por resistencia a insectos, enfermedades y otros.

Dr. Boone Hallberg

Pregunta:

Después de su magnífica y muy actualizada presentación de la realidad de los Bancos de Germoplasma, ¿podría darnos su opinión de nuestro trabajo en Oaxaca para ayudar a cada agricultor local a conservar y mejorar su propia semilla y tecnología asociada para futura evaluación y uso mundial por los fitomejoradores, especialmente en maíz?.

Respuesta:

No existe inconveniente para conversar de ello dado que la conservación *in situ* de la variabilidad genética es importante.