

TENDENCIAS
Revista de la Facultad de Ciencias Económicas
y Administrativas.
Universidad de Nariño
Vol. VII. No.1
Primer semestre 2006, páginas 121-138

**ESTRATEGIAS Y OPORTUNIDADES PARA LA PRODUCCIÓN
EFICIENTE DE PLANTAS MEJORADAS**

Por Efrén Coral Quintero¹

RESUMEN

El mejoramiento de plantas para beneficio de la humanidad es tan antiguo como la agricultura misma. A través de los años los productores han cultivado plantas y han aplicado herramientas cada vez más sofisticadas para el mejoramiento de cultivos, lo que ha causado la introducción de variedades nuevas, adaptadas a condiciones específicas de ambientes o de necesidades, como por ejemplo, variedades más fáciles de cosechar o resistentes a enfermedades, prácticas que han sido reforzadas por la tecnología química.

Dos técnicas se han empleado para mejorar cultivos: **la selección**, que causa la variación genética en las plantas y **el mejoramiento**, que emplea esa variación para la producción de nuevos tipos.

Con el presente artículo, se pretende explicar el desarrollo del mejoramiento de plantas y sus implicaciones de tipo social, ambiental y económico, desde sus inicios, cuando el hombre se volvió agricultor, hasta nuestros días cuando

¹ Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Nariño; M.Sc. en genética vegetal y animal, Universidad de La Plata; M.Sc. en mejoramiento de plantas, Universidad de Minnesota

enfrentamos una avalancha de conocimientos y tecnologías, gracias al desarrollo de la ingeniería genética.

Palabras clave: mejoramiento de plantas, biología molecular, ingeniería genética.

SUMMARY

Plant breeding for the benefit of humankind, is as old as agriculture. Through hundreds of years, breeders have applied tools more and more sophisticated for improving crops, causing the introduction of new varieties adapted to specific conditions of environment and needs, for example varieties easier to harvest or resistant to disease, practices that have been enforced by chemical technologies.

Two techniques have been used to improve crops: **selection**, which promotes genetic variation in plants, and **breeding**, that uses variation to produce new types.

This article tries to explain the development of plant improvement and its social, economic and environmental implications, from its beginnings, when man became agriculturist to our days, with the avalanche of knowledge and technologies, thanks to the development of genetic engineering.

Key words: plant breeding, molecular biology, genetic engineering

INTRODUCCION

En el pasado, las interacciones entre los cultivos y la civilización se consideraban desde el punto de vista de los seres humanos como ingenieros biológicos, manipuladores y consumidores. El desarrollo tecnológico de los últimos años ha tenido un impacto arrollador sobre la producción de cultivos, la preservación de alimentos, la ingeniería genética y la distribución de alimentos. Estos avances han sido tan impresionantes y de tan largo alcance que hoy se toman como si nos fueran dadas por nuestra naturaleza. Como la tecnología ha

logrado tanto, mostramos una actitud de complacencia y optimismo, y creemos que, dada nuestra condición de seres humanos inteligentes y creativos, nos permite tener todo está bajo control: la alimentación de la creciente población mundial, el mantenimiento de los actuales niveles de desarrollo social, económico y cultural y el aseguramiento de nuestro crecimiento futuro y de la supervivencia como especie.

Con la toma de conciencia de los problemas ambientales de los años 70, en forma continua, se ha acumulado información de que nuestra posición de omnipotencia tecnológica y ambiental no está asegurada: la inanición y el hambre no han desaparecido, ya que algo más de la mitad de la población mundial todavía sufre de desnutrición. Una vez más, como las generaciones anteriores a la nuestra, debemos ver la perpetuación de nuestros sistemas social, cultural y económico, y la supervivencia de la especie, como dependiente en forma directa y crítica de la producción de alimentos.

AGRICULTURA Y ALIMENTACION

Jno D. Black², un prominente economista de los Estados Unidos, en los años 40, hablaba de que en el término de 10 años en el cual se reorganizara la agricultura y se reajustara el consumo de alimentos, dicha nación podría alimentar dos veces la población de esos años, con un nivel más alto de salud y eficiencia en el trabajo. Esta fue una declaración retardora para todos los productores agrícolas, sin tomar en cuenta si ellos consideraban factible la obtención de tal logro o, quizá, era una de sus implicaciones, aún deseable. No se puede disentir seriamente de la idea de mantener un nivel de nutrición humana que asegure salud y eficiencia en el trabajo, pero para un desarrollo continuado de un mayor nivel de civilización no se debe descartar que el crecimiento poblacional debe nivelarse en un estado por debajo de la completa utilización del alimento disponible que se pueda producir eficientemente.

² Ver: Black, Jno. D. **Food enough**. The Jacques Cattell Press, 1943

Toda la evidencia disponible indica que el hombre vivió en forma salvaje durante algunos millones de años, cuando prácticamente todas sus energías, aparte de las requeridas de tiempo en tiempo para combatir a sus enemigos, se gastaban en la adquisición de alimento y abrigo, los cuales los tomaba en la forma en que la naturaleza se los proporcionaba o como él pudiera prepararlos con los medios primitivos que encontraba a mano. Desde este plano de existencia surgió y se desarrolló una civilización de tipo agrícola.

Durante varios miles de años el hombre aprendió a cultivar plantas y domesticar animales para satisfacer sus necesidades, pero debido a su falta de conocimiento de la agricultura, a la dependencia de herramientas manuales o a implementos muy rudimentarios, los excedentes de producción nunca fueron abundantes. Pero también se debió a la falta de medios de transporte. Grandes segmentos de la población estaban sometidos, periódicamente, al hambre con todas sus consecuencias desastrosas; únicamente en los últimos 250 años, el hombre ha adquirido el conocimiento agrícola y ha desarrollado la tecnología necesaria para cultivar y procesar los grandes excedentes que los países están en capacidad de producir año tras año.

En el desarrollo de la humanidad esta era moderna se asocia con el progreso más notable y rápido conocido por el hombre. Generalmente, se asume que es gratuito y así aceptamos los modernos frutos de la agricultura y la industria, sin comprender que ello no se habría podido obtener sin un desarrollo temprano y concomitante de las ciencias físicas y biológicas; más aun, y de mayor importancia para la presente generación y las siguientes, es el hecho de que habrá progreso y este podría continuar en la medida que avance el conocimiento científico.

DESARROLLO AGRICOLA Y PRODUCCION

Cuando el hombre en su desarrollo alcanzó el estado agrícola, no toda su energía era requerida para cubrir las necesidades vitales, y empezó a tener más tiempo para pensar y elaborar teorías y más tarde a experimentar para determinar la verdad de las mismas, siendo en este ambiente en donde se

desarrollaron las ciencias. Es claro que a partir de este momento, el hombre nunca más se vio obligado a volver al estado de gastar toda su energía o al menos la mayor parte de ella para cubrir sus necesidades. Lo anterior no significa que esta sea una declaración a favor de más tiempo libre, indispensable, como lo es, para la salud y el bienestar, sino que es una declaración en pro de un tipo de trabajo que asegure el progreso continuo en la lucha permanente del hombre por la búsqueda de un estándar de vida más alto, que garantice mejores condiciones de vida para todos los sectores de población.

Es innecesario mencionar a la generación presente, que ha enfrentado injusticias, problemas, desastres, guerras y rebeliones, que el progreso socioeconómico no ha sido todo lo que se podría desear, y a este respecto baste decir que el progreso social y económico debe ir de la mano con el progreso en otras líneas del desempeño humano. En efecto, si esto no sucede, con toda probabilidad continuaremos tratando de resolver nuestras diferencias por medio de guerras, cada una peor que la anterior.

Talvez todos podemos estar de acuerdo con Parmalee Prentice³, quien en 1944, afirmaba que la adquisición de alimento adecuado ha sido una de las influencias motivantes más fuerte del género humano para determinar su evolución social. Períodos con gran presión de población y los consecuentes deseos sin encontrar un rápido medio de gratificación están asociados con descontento, alzamientos y tiranía. Surgen así dos remedios: reducción de la presión de población o producción de más alimento a un costo relativamente bajo; el primero no está en consideración en este momento, excepto para anotar que a menos que, eventualmente, se encuentre una solución a dicho problema, nos encontraríamos en un círculo vicioso, ya que con toda certeza hay un límite a la cantidad y calidad de alimento que se puede producir.

¿Cuál es el posible papel del mejorador de plantas en este drama mundial? Es una pregunta que nos atañe por el momento. La respuesta es que él puede enfrentar el reto alimenticio mediante la obtención de plantas más productivas y nutritivas para consumo directo o indirecto del hombre.

³ Ver: Parmalee Prentice, E. 1944. Food, war and the future. Harper and Bros

El mejorador de plantas, al igual que otros científicos agrícolas, ha dedicado sus mayores esfuerzos a mantener la producción de plantas a un bajo nivel de costos; muchos casos se podrían mencionar acerca de los logros obtenidos por los mejoradores de plantas en las diferentes áreas de la Agronomía. Por ejemplo, el cultivo de variedades resistentes a enfermedades no solamente aumenta la producción promedio de un cultivo sino que provee un seguro al mismo; para el productor individual el empleo de una variedad resistente o susceptible en años de epidemia puede significar la diferencia entre el éxito o el desastre económico.

Casos similares se pueden mencionar en todos los tipos de cultivo: hortalizas, cereales, frutales, forrajeras; además se requeriría una larga discusión para presentar los marcados avances que se han hecho en el mejoramiento de plantas para fibra, aceite, vitaminas y otras calidades nutricionales.

Progresos sustanciales se han logrado al seleccionar y mejorar plantas para calidad, sabor, contenido de azúcar y otras características que hacen más apetecibles las plantas para el consumo; trabajos realizados por mejoradores conocidos algunos y otros menos reconocidos, que han dedicado su esfuerzo para que hoy existan los alimentos que se consumen.

Las selecciones hechas por el hombre primitivo, aun cuando se efectuaron en una forma más o menos inconsciente, fueron sin duda un importante factor determinante, pero no se logró un verdadero avance hasta tanto no se apreció el valor de la herencia.

Aunque es cierto que el ambiente, el estado de crecimiento, el almacenamiento, el procesamiento y otros factores son importantes para determinar el nivel de aprovechamiento de las partes que se van a consumir de una planta, la existencia de diferencias hereditarias significativas con respecto a estas y otras características es una seguridad que debe tener el mejorador entrenado para proceder con confianza en su habilidad para producir nuevas formas superiores a las plantas de donde proceden las selecciones.

Si se tiene en cuenta que, prácticamente, la mayor parte del alimento del hombre viene directa o indirectamente de plantas y éstas se cultivan en el suelo, la relación planta-suelo se vuelve obvia. Es bien conocido que los minerales y otros componentes de las plantas reflejan, dentro de los límites biológicos, los minerales y otros constituyentes del suelo en el cual crecen. Las enfermedades animales causadas por deficiencia de minerales en algunas áreas son ejemplos de cuán serias pueden ser las consecuencias de una deficiencia en el suelo; también es conocido que diferentes tipos de plantas que crecen bajo condiciones similares pueden mostrar diferencias en cuanto se relaciona con su contenido de minerales, diferencias que también se observan entre líneas y variedades. De lo anterior se deduce que es razonable esperar diferencias hereditarias entre plantas en lo que respecta a la asimilación de minerales.

LA REVOLUCION VERDE

El término Revolución Verde, fue acuñado en 1968, a raíz de la primera buena cosecha de trigo en la India y Pakistán, en abril-mayo de 1968. En la India, la producción pasó de 12 millones de toneladas, que era el más alto anterior a más de 17 millones de toneladas, lo cual se debió a la introducción de variedades enanas de trigo, procedentes del programa del CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) en Méjico. Al mismo tiempo se puso a disposición de los cultivadores de arroz la variedad IR8, de alto rendimiento, producida por el IRRI (Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz), de modo que, en los años siguientes, la producción de trigo y arroz creció en gran medida en muchas partes de Asia, América Latina y algunas regiones de África.

La así llamada Revolución Verde, desde sus inicios y a pesar del gran progreso inicial obtenido en sus primeros años produjo grandes preocupaciones. Tales preocupaciones, relacionadas con la economía, el empleo y la ecología, se han mantenido vigentes por la inadecuada interacción con los científicos de las ciencias sociales desde la planeación de los trabajos.

Las expectativas prematuras que fueron suscitadas por el término Revolución Verde llevaron a que el público fuera inducido a creer que se resolverían con

facilidad problemas sociales, tales como diferencias entre producción a pequeña y gran escala, problemas de trabajadores del campo sin tierra y la distinción entre neutralidad de escala y de recursos.

Hoy se acepta que las tecnologías de la Revolución Verde estuvieron dirigidas primordialmente al aumento del rendimiento o a esfuerzos para ahorro de tierra, Este ultimo concepto es el más relevante para países en desarrollo, en el sentido de que todos los agricultores, sin tomar en consideración el tamaño de sus propiedades (escala-neutral), se pueden beneficiar de las tecnologías, pero de otra parte, no es recurso-neutral, por cuanto se necesitan muchos insumos para la producción.

La falta de claridad para hacer tales distinciones llevó a una considerable crítica, tanto en la prensa popular y las revistas de ciencias sociales, en el sentido de que las tecnologías de la Revolución Verde llevaban implícitas semillas de discriminación social.

Desde ese tiempo, algunas personas han tratado de arreglar el papel de la tecnología y el de un gran conjunto de servicios que incluyen crédito, políticas gubernamentales de precios, reforma agraria y desarrollo de infraestructura rural. Pero las preocupaciones están circunscritas, primordialmente, al área *económica*, por la capacidad de los agricultores muy pobres para adoptar tales tecnologías, al área de *equidad*, por la inequidad que se presenta entre generaciones, particularmente el impacto sobre las mujeres; al área del *empleo*, si las tecnologías son causa de desplazamiento de mano de obra o de diversificación de la misma; al área de la *ecología*, tal como sucede con la homogeneidad genética de variedades mejoradas que remplazan un gran número de variedades locales en grandes áreas y los problemas resultantes de los residuos de pesticidas, el excesivo uso de fertilizantes y la emergencia de nuevas plagas y enfermedades; y finalmente al área de *energía*, en lo que respecta a la dependencia creciente de fuentes de combustibles naturales (Swaminathan, 1989).

A pesar de toda la controversia, las tecnologías de la Revolución Verde son un buen ejemplo de manipulación genética. Por ejemplo, a través de un complejo grupo de procedimientos de cría y selección, los genes enanos de Norin, en trigo, y el gen de enanismo Dee-gee-woo-gen, en arroz, fueron introducidos en variedades comerciales aceptables de trigo y arroz, y es de suponer que hay suficiente experiencia para planear un trabajo en donde se pueda anticipar el impacto social potencial de estas tecnologías.

PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS A LARGO PLAZO

Un interrogante que surge es ¿por cuánto tiempo más se mantendrá esta tendencia, y cómo se puede seguir produciendo más alimento en menos tierra y aumentar el rendimiento por unidad de área y por unidad de tiempo? Es bien conocida la estabilidad de la población en los países desarrollados, con altas tasas de crecimiento en los países menos desarrollados. La FAO hizo estimaciones de que hacia el año 2000, 117 países en desarrollo excederían la capacidad de carga del área laborable y que la presión de población en esos países sería de 500 millones más de lo que la tierra podría soportar, lo que lleva a otro interrogante acerca de ¿en dónde podrán vivir y conseguir trabajo estos nuevos habitantes? Aparentemente esto se lograría en una zona industrial, pero de todos es conocido que la industria moderna no es muy intensiva en cuanto a absorción de mano de obra, y en consecuencia se presentarán retos relacionados con la producción de más alimentos con los recursos disponibles de tierra, agua, mano de obra y crédito, haciendo que la agricultura, como un todo, sea capaz de generar mucho más empleo en los sectores secundario y terciario de la actividad económica, o sea en el sector industrial y de servicios (MERRICK, 1986).

SOSTENIBILIDAD

Una consecuencia importante de todo lo anterior es la sostenibilidad del proceso de producción. La sostenibilidad ecológica implica una dimensión de infinito en términos de producción, y si integramos consideraciones de sostenibilidad en la productividad, debemos ser capaces de buscar metodologías de medición de la sostenibilidad en términos de producción.

Producción es lo que un cultivo produce en un año, mientras que productividad, antes expresada solamente como kilogramos por hectárea, es mejor expresarla en términos de la relación valor obtenido sobre insumos, más cambios en el valor de capital ambiental, particularmente en términos de suelo; por ejemplo, muchos proyectos de irrigación han llevado a salinización y anegamiento y a una serie de problemas asociados, por lo tanto, cambios en los bienes de capital ambiental **-agua y tierra-** se vuelven supremamente importantes. En consecuencia, la sostenibilidad es la estabilidad de la productividad expresada en el tiempo, de modo que el progreso de hoy no se haga a expensas de las expectativas del mañana.

DESARROLLO TECNOLÓGICO

En los últimos años se observa una relativa dependencia hacia los desarrollos tecnológicos relacionados con la producción agrícola, y aunque estos avances conllevan nuevos e inquietantes problemas; cada año es más evidente que el uso de pesticidas no se puede considerar como un beneficio total; la información acumulada acerca de los pesticidas es que se encuentran distribuidos en la biósfera, sin considerar el sitio de aplicación. Hay líneas de insectos que se han vuelto no solamente resistentes a sustancias venenosas, sino que algunos han desarrollado dependencia metabólica a las mismas. Aparte de lo anterior se debe tener en cuenta que los pesticidas son perjudiciales y una amenaza para una gran diversidad de especies de plantas y animales, incluyendo en ellas el fitoplancton, mamíferos marinos y muchos tipos de aves. Un ejemplo de esto es el DDT, que disminuye la productividad primaria de algunas tierras cultivadas; los humanos podemos llevar en la grasa de nuestro cuerpo una concentración de 12 partes por millón, y si viviésemos en la India, la concentración sería de 26 partes por millón, debido al uso intensivo de pesticidas, en esa región. Los científicos saben que las concentraciones de estos químicos en animales experimentales resultan en desórdenes reproductivos y de comportamiento, aunque no se sabe cuál es el efecto directo en nuestra propia especie.

La ingeniería genética de los cultivos apareció, alguna vez, como la posible respuesta para el incremento necesario de la producción agrícola para alimentar

la creciente población mundial. Sin embargo, al igual que a las malezas les gustan los campos homogéneos de un cultivo o de una pradera, los insectos y los hongos responden con entusiasmo a las grandes áreas sembradas con plantas genéticamente uniformes. Cuando los predadores u organismos causantes de enfermedad confrontan a una población diversa en su respuesta al ataque, algunos miembros de la población pueden sucumbir pero muchos sobreviven; en 1971, cuando el hongo causante del tizón del sur atacó el maíz, en el medio oeste norteamericano ocurrieron grandes pérdidas debido a la homogeneidad de los híbridos que estaban sembrados, que llevaban un mismo gen citoplasmático para esterilidad masculina, problemas que fueron superados rápidamente con la introducción de materiales con diferente citoplasma. Aquí cabe contraponer el axioma biológico: “en la diversidad radica la supervivencia”, con el de los economistas y productores: “en la homogeneidad radica la productividad” (Richardson y Stubbs. 1978).

Diversos científicos han calculado que, desde el punto de vista agrícola, estamos viviendo un tiempo prestado con el aumento en el empleo de prácticas agrícolas mecanizadas, en todo el mundo, consideraciones que se basan en el uso de la energía necesaria para dicho fin. Si tenemos en cuenta las materias primas involucradas en la agricultura moderna, tales como acero, productos derivados del petróleo, fertilizantes químicos y pesticidas, en realidad estamos obteniendo, a largo plazo, menos de lo que estamos invirtiendo en un aparentemente esfuerzo exitoso.

Puesto en otros términos, si los países desarrollados continúan con el empleo masivo de métodos altamente mecanizados para producción de alimentos, qué sucederá cuando los combustibles se acaben, ya que se ha demostrado que se está consumiendo más combustible en equivalentes de calorías, en las prácticas mecanizadas de arada, siembra, fertilización y cosecha, que lo producido por los cultivos en los cuales se gasta dicho combustible. Un etnólogo optimista respondería que se encontrarán nuevas fuentes alternativas de energía y que los avances tecnológicos continuarán con la oferta de soluciones, lo cual no pasa de ser una esperanza y no una solución.

Otros problemas resultan de la repetición de las labores agrícolas, lo que causa la pérdida de la capa superficial del suelo por acción del viento y el agua; de las cantidades crecientes de nitratos y fosfatos, que se encuentran en fertilizantes y pesticidas necesarios para suplir las necesidades de crecimiento de las semillas genéticas, los cuales provocan reducciones en la productividad de comunidades vegetales y animales, al ser vertidos en corrientes y fuentes de agua.

Consideremos la interacción de tres variables críticas en la vida humana: **población, ambiente y recursos naturales no renovables**. Estas variables, con toda probabilidad, no pueden ser trascendidas por ninguna tecnología y lo que puede ayudar a los seres humanos a superar el problema descrito, al menos en parte es la comprensión de los límites del planeta y lo finito de la familia humana.

Se hace necesario reordenar los valores y las prioridades con respecto a nuestros recursos y a nuestro ambiente y promover la comprensión de que los seres humanos siempre hemos sido, lo somos en el presente y siempre seremos dependientes de un suministro de alimento en equilibrio entre el género humano y el ambiente (Richardson y Stubbs, 1978).

Nuestro objetivo final debe ser la preservación y el mejoramiento de la calidad del ambiente para generaciones futuras, para lo cual, los objetivos de corto plazo deben ser examinados en forma exhaustiva para evitar pérdidas irreparables para las futuras generaciones.

Después de más de 10000 años de desarrollo, la producción agrícola todavía es la base de la civilización y la crisis alimentaria internacional se experimenta con rapidez en regiones menos desarrolladas, con un impacto severo sobre las mismas. Sin embargo, en los países desarrollados también cambiarán los patrones y prioridades de comercio. De todos modos el enfoque estará dirigido a una “mercadería” básica: **el alimento**.

BIOTECNOLOGÍA E INGENIERIA GENETICA

La aplicación de la genética mendeliana permitió a los mejoradores cruzar plantas con nueva precisión, manipulando cuidadosamente el genoma de la planta para producir variedades nuevas mejoradas. Estas técnicas se han empleado para desarrollar variedades de más alto rendimiento, con alta resistencia a plagas y enfermedades, las cuales han contribuido a un gran aumento en la producción.

Los avances del mejoramiento también han significado más alimento para la población mundial. Sin embargo, esta ganancia en la productividad no se debe solamente a los avances genéticos, sino también a las prácticas agrícolas que se han introducido: prácticas nuevas de manejo, empleo de maquinaria, nuevas sustancias agroquímicas, como plaguicidas, fertilizantes y herbicidas, además de una alta inversión en riego.

Aunque la agricultura ha aprovechado en alto grado las prácticas de mejoramiento, basadas en la genética mendeliana, la tecnología tiene sus limitaciones, una de las cuales es el *tiempo*, ya que puede tomar muchas generaciones el desarrollar una línea deseable a través de selección y mejoramiento tradicional. Además, otro limitante y tal vez de mayor importancia, es el suministro de la diversidad genética disponible.

Como Darwin explicó 150 años atrás, nuevas variedades de plantas se producen por evolución natural, y si parte de la población queda aislada, su conjunto de genes se vuelve cada vez más diferente de la población parental y a menudo, se producen barreras biológicas que previenen el entrecruzamiento entre las dos poblaciones, y por consiguiente, dentro de cada población disminuye la variación entre los individuos. Debido a estas barreras naturales, el mejorador de plantas que busca nuevas variantes útiles de una especie, está confinado a miembros de la misma especie o a especies muy relacionadas (Frey, 1981).

Si consideramos que muchas especies cultivadas han estado sometidas a cultivo por muchos años, nos encontramos con poblaciones homogéneas, genéticamente uniformes, lo que hace difícil la obtención de materiales con los caracteres deseados. Por la anterior razón, en muchas especies cultivadas, en el

camino para lograr una mayor productividad, se ha alcanzado un camino biológico cerrado, por cuanto el rendimiento se estanca y en algunos casos declina, y para lo cual no es suficiente con aumentar la cantidad de fertilizante.

Cuando lo anterior se vuelve una realidad, o sea, falta de variabilidad, y la tierra es escasa y costosa, el agricultor no puede lograr un aumento de la producción con el simple hecho de usar y aplicar las técnicas a su alcance en nuevas tierras. El aumento de la producción se vuelve dependiente de las variedades mejoradas ayudadas por los productos químicos agrícolas, que son producidos por los mejoradores de plantas y los científicos del sector agrícola. Cuando estas tecnologías ya no producen el efecto deseado y el rendimiento empieza a estancarse, se deben buscar nuevas soluciones, para obtener y desarrollar variedades que tengan mayor rendimiento, que sean más nutritivas, que se adapten a ambientes desfavorables, que sean menos costosas de cultivar y que también sean resistentes a plagas y enfermedades. Es aquí en donde entran en juego la biología molecular y la ingeniería genética (National Academy Of Sciences, 1981).

GENETICA MOLECULAR

La ingeniería genética permite a los biólogos moleculares redistribuir los genes en combinaciones no posibles en la naturaleza, abriendo una amplia fuente de diversidad genética para el mejoramiento de plantas. Uno de los logros de la biología molecular y la ingeniería genética es que operacionalmente tenemos un mundo de acervo genético. Dejando de lado a Darwin y la especiación, ahora visualizamos que podemos mover cualquier gen, por lo menos en principio, fuera de un organismo y colocarlo en otro.

En algunos casos, la transferencia de genes conllevará la combinación de genes de dos plantas, como hoy lo hace el mejorador de plantas, pero sin la limitación de trabajar con toda la planta. Aunque la genética mendeliana elimina mucho del trabajo aleatorio en el mejoramiento clásico, todavía persiste un elemento de ensayo y error; cuando dos genomas enteros se combinan en un cruce sexual, el mejorador no puede estar cierto del resultado, por cuanto puede estar mejorando

para una característica, controlada por un gen, pero los cientos de otros genes en cada planta hacen difícil la tarea. Por su parte, el genetista molecular puede arrancar ese gen de la planta donadora e insertarla en la receptora, dejando los demás genes extraños atrás. Esta especificidad trae un ahorro de tiempo, ya que la transferencia hace que se pueda obtener una variedad mejorada en un solo experimento, en una generación, en contraste con los muchos años necesarios con el mejoramiento convencional por el gran número de cruzamientos que se deben realizar.

Más aún, en la búsqueda de un gen para resistencia a una plaga o un patógeno, tolerancia a calor o cualquiera otro carácter, el investigador ya no está constreñido por las barreras naturales, ya que puede seleccionar de cualquiera otra especie. Eventualmente, puede seleccionar genes de bacterias o animales, fuera del reino vegetal, para producir los llamados cultivos transgénicos.

FUTURO DEL MEJORAMIENTO

Al decir de algunos investigadores, los éxitos del mejoramiento de plantas alimentan el mundo, y aunque informes de planeación y la prensa popular sugieren que las metodologías probadas sobre el mejoramiento de plantas serán suplantadas por la ingeniería genética, hay que aceptar que: a) el mejoramiento convencional ha sido exitoso, b) todavía no se han alcanzado los límites del mejoramiento de plantas por medios convencionales, c) todavía hay disponibilidad de variación hereditaria para mayores incrementos, d) la utilización efectiva de la variación requiere una aproximación del mejoramiento, y e) la ingeniería genética puede proveer una herramienta potencialmente útil que debe combinarse con técnicas de mejoramiento para que sea efectiva (Sprague et al. , 1980).

La genética molecular aún está en desarrollo y es demasiado pronto para medir el impacto que tendrá en la agricultura y el mejoramiento de plantas; algunas de las técnicas más sencillas como la regeneración de plantas a partir de células en cultivo, ya ofrecen un camino más corto en los procesos de selección y mejoramiento de algunas especies, no así las técnicas de transferencia de genes que son menos accesibles y su aplicación dependerá de los avances que se

hagan en entender la expresión y regulación de los genes, al igual que del mayor conocimiento que se tenga de la fisiología, la bioquímica y el desarrollo de la planta, lo mismo sobre la respuesta de las plantas a tal manipulación (Anderson.1980).

Las aplicaciones específicas de estas tecnologías no se pueden predecir, pero en todo caso deben utilizarse como un poderoso auxiliar de las prácticas del mejoramiento convencional. En últimas, su éxito dependerá de qué tan bien se puedan integrar con las tecnologías convencionales.

COMENTARIO FINAL

De acuerdo con Norman Borlaug⁴, el rendimiento de los cultivos en muchas de las naciones en desarrollo, en donde la mayor parte de la tierra se cultiva con métodos tradicionales, es muy bajo, y por consiguiente en esas regiones existen excelentes oportunidades para aumentar el rendimiento y expandir la producción de alimentos en los próximos años.

En estas regiones es en donde deben ponerse en práctica las técnicas relacionadas con el mejoramiento, especialmente el mejoramiento tradicional, las cuales pueden ser asistidas por la aplicación de las nuevas tecnologías que paulatinamente han aparecido, como son el manejo integrado de plagas, las nuevas formas de fertilizantes y las nuevas tendencias de cultivo, las cuales con un enfoque ambientalista, tienen como objetivo el salvaguardar los recursos naturales para las generaciones futuras.

“Si se pone el énfasis apropiado en la agricultura y se establecen políticas financieras adecuadas y continuas, la producción de alimentos puede aumentar lo suficiente para mantenerse, por lo menos, al mismo ritmo de crecimiento del

⁴ Ver: Conferencia ofrecida por N. Borlaug en el 182^o Congreso de la Sociedad Americana de química, en New York, 1981.

monstruo de la población en el siguiente período de duplicación de la población, ya que durante ese tiempo, la mayor parte de la producción de alimentos, vendrá de las mismas especies que abastecen nuestras necesidades en el presente. Afortunadamente, todavía tenemos un gran potencial de rendimiento sin explotar, manifestado por la gran dispersión existente entre los máximos rendimientos cosechados por los mejores y agricultores y los rendimientos promedios en la mayoría de fincas, dentro un mismo país”.⁵

Podemos decir que las limitaciones primarias para ser exitosos con el mejoramiento convencional son: la falta de apoyo financiero adecuado, la escasez de científicos dedicados por completo a la investigación en mejoramiento de la producción y la falta de trabajo en equipo para la solución de problemas de importancia regional y nacional.

Desde el punto de vista tecnológico, hay tres dificultades que pueden ser superadas: a) la falta de técnicas que permitan el ahorro de tiempo y la transferencia precisa de genes de una fuente a otra, b) el desconocimiento sobre procesos fundamentales en las plantas y sobre reacciones que producen ciertos fenómenos en las plantas, y c) la falta de procedimientos de prueba para diferencias características deseables en células individuales o tejidos que tienen la capacidad de regenerarse. Estas tres dificultades se podrán resolver en un mediano futuro, con el esfuerzo y el trabajo en equipo que se haga en el área de la ingeniería genética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L., (2003). “**Transgènicos**”. Prensa Moderna editores. Bogotá. 220 p.

⁵ Ver: Conferencia ofrecida por N. Borlaug en el 182^o Congreso de la Sociedad Americana de química, en New York, 1981.

FREY, K.J. (1981). “**Capabilities and limitations of conventional plant breeding**”. En: Rachie, K.O. y Lyman, J.M. Eds. Genetic engineering for crop improvement. A Rockefeller Foundation Conference. pp. 15 –62

MERRICK, T. W. (1986). “**World population in transition**”. Population bulletin. 4:4

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. (1984). “**Los transgènicos: conózclos a fondo**”. Ed. Ariel, Barcelona. 157 p.

RICHARDSON, W. N. y STUBBS, T. (1978). “**Plants, agriculture and human society**”. W.A. Benjamin Inc. Menlo Park (California). Pp. 279 –292

SPRAGUE, G.F., ALEXANDER, E. y DUDLEY, J. W. (1980). “**Plant breeding and genetic engineering: a perspective**”. Bioscience. 30: 17 – 21

SWAMINATHAN, M. S. (1989). “**Genetic manipulation in crops**”. En: Mujeeb-Kazi, A. y Sitch, L. A. Eds. Review of advances in plant biotechnology. “2nd. International Symposium on genetic manipulation in crops. México, D.F., México. pp.1 - 17

