

EL FUTURO DEL FITOMEJORAMIENTO EN EL DESARROLLO AGRICOLA¹

Charles A. Francis²

"Ha fallecido más gente como consecuencia de la desnutrición en los últimos mil años que en todas las guerras". Así habló el Dr. Clifton Wharton en mayo de este año, quien entre otros datos importantes mencionó los siguientes: "Actualmente, una de cada ocho personas en el mundo sufre continuamente de hambre... Dieciseis por ciento de los niños del mundo están desnutridos... La producción de alimentos en países en vía de desarrollo sólo satisface el 87% de la demanda; es posible una reducción al 74% antes del año 2000... Seiscientos millones de habitantes viven con menos de US \$50.00 de ingreso por año".

Las revistas y los periódicos muestran los problemas de la guerra en el Medio Oriente o en las Islas Malvinas, la escasez de petróleo y la recesión mundial. Pero nuestro problema principal hoy en día es una situación más global y más difícil: ¿Cómo alimentar una población creciente con recursos limitados?

La contribución futura del fitomejoramiento y de la agronomía tiene que enmarcarse dentro de un contexto amplio. Se reconoce los avances en la ciencia y su contribución a la alimentación en los países de-

¹ Texto de ponencia presentada en IX Congreso Nacional de Fitogenética. UAAAN. Agosto, 1982.

² Profesor del Departamento de Agronomía de la Universidad de Nebraska-Lincoln, E.U.A.

sarrollados, pero la aplicación de esa tecnología es compleja en la agricultura de subsistencia.

En esta presentación se toman en cuenta tres factores importantes:

- a) La producción de alimentos es crítica.
- b) El factor tiempo también es importante y se requiere de una solución antes del año 2000.
- c) Las actividades del fitomejorador no pueden ser aisladas.

Esta ponencia se divide en cuatro tópicos. En primer lugar, se analiza en forma general, la filosofía y el enfoque en la investigación. En segundo término se presentan algunas características importantes de los proyectos actuales de fitomejoramiento. Una vez analizadas las características actuales, se plantean cuáles serían los objetivos de los programas del futuro. Finalmente, como hay una serie de factores críticos que frecuentemente limitan nuestra capacidad para cumplir con los objetivos del programa, se discute cómo podemos contribuir, dentro de nuestra disciplina, a la producción de alimentos.

I. Filosofía y enfoque de los programas de fitomejoramiento

A. Cultivos nuevos vs. cultivos actuales

Publicaciones recientes sobre la diversidad genética y la vulnerabilidad de cultivos sugieren una dependencia fuerte de la raza humana en unas pocas especies agrícolas.

Estoy convencido que nuestro bienestar en el futuro inmediato dependerá casi completamente de los mismos cultivos. Lo más probable es un mejoramiento continuo de estos cultivos, utilizando los métodos de fitomejoramiento tradicionales. Los futuros avances dependerán de la especie en que se trabaje; así, donde ya hay bastante trabajo como en maíz, trigo y arroz, avances adicionales van a costar mucho; en cambio, en cultivos como plátano, papa, yuca y varias leguminosas de grano, podemos anticipar avances rápidos y relativamente baratos. Aún en los cultivos bien estudiados, hay potencial de adaptarlos e introducirlos en regiones en donde no se ha realizado un avance en producción acorde a los avances en la investigación. Lo importante es buscar una integración de esfuerzos de varias disciplinas en forma de equipo para obtener los avances más rápidos posibles y asegurar su adopción por parte del agricultor.

B. Investigación básica vs. aplicada

Generalmente se considera que un programa completo e integrado debe incluir actividades de investigación básica así como de investigación aplicada. Los avances en la producción de alimentos a largo plazo dependerán de la investigación básica de hoy. Sin embargo, nuestro interés está enfocado en satisfacer las necesidades de producción de los próximos 20 años. En este contexto, considero que hay pocos países en vías de desarrollo que pueden justificar mucha actividad en la investigación básica. Es un lujo para ellos y no creo que merezca nuestra atención a corto plazo. Por ejemplo, existe actualmente un gran número de resultados y variedades ya mejoradas que pueden aplicarse directamente en los programas nacionales en el trópico. Cuando no existen varie-

dades o híbridos específicos, hay materiales en los bancos de germoplasma en los centros internacionales o en otros programas cercanos, que pueden servir rápidamente y con poco trabajo adicional en un programa aplicado de fitomejoramiento. La decisión de eliminar o reducir la investigación básica en la universidad o en un programa del ministerio posiblemente no será muy popular entre los investigadores, pero es una decisión lógica si queremos mejorar variedades en forma rápida y mover las mismas al campo del agricultor. La conclusión pues, es dedicarse completamente a la investigación aplicada, cuando hay limitaciones en los recursos disponibles para los programas de investigación.

C. Investigación en genética básica vs. fitomejoramiento aplicado

El fitomejorador normalmente trabaja aislado, con limitada colaboración de colegas especialistas en protección de cultivos. Hay otro modelo ampliamente utilizado por las compañías comerciales y por los centros internacionales: el equipo interdisciplinario e integrado. Los grupos integrados incluyen especialistas en genética, agronomía, protección, suelos, economía y otras disciplinas, con todo el esfuerzo del equipo enfocado en un solo cultivo o un grupo limitado de especies semejantes. El fitomejoramiento es el centro del trabajo, pero no funciona sólo ni tiene la última palabra en todas las decisiones del equipo, pues hay necesidad de considerar varias alternativas en la solución de los problemas de producción y en la integración con el servicio de extensión. Considero que los mayores avances en la producción de alimentos van a obtenerse con los esfuerzos de un equipo integrado trabajando fuerte en el mejoramiento de cultivos y no en la investigación de la genética básica.

D. Nuevas variedades vs. aumento de producción

En un programa de fitomejoramiento, el objetivo principal es una variedad o un híbrido con buen rendimiento y adaptación. Generalmente el desarrollo de la variedad es el fin del programa y la adopción de la variedad depende de otras agencias o individuos. Además, el fitomejorador generalmente considera la ruta genética como su único o por lo menos, su principal recurso en la obtención de aumento en la producción. En muchos casos, existen otras alternativas para resolver los principales problemas de producción: cambios en las prácticas culturales o en el sistema de producción, cambios en el nivel de tecnología y hasta cambios de cultivo. El fitomejorador de un cultivo específico casi nunca considera estas alternativas. En la práctica, este tipo de decisiones tiene que tomarse al nivel del director de investigación y a veces es difícil hacerlo por razones culturales, políticas o personales. Un modelo utilizado por los centros internacionales es el comité técnico de investigación en cada cultivo. El grupo se reúne cada año para considerar los avances en el trabajo, y para establecer las prioridades y las actividades del año entrante. La experiencia de varios técnicos permite considerar puntos de vista de diferentes disciplinas y probablemente se realiza un análisis más objetivo y más amplio sobre los problemas globales del cultivo y de las diferentes formas de resolverlos. En conclusión, el fitomejorador puede ofrecer una solución a los problemas de producción, pero hay otras alternativas para resolverlos. El objetivo es el aumentar la producción y no el producir una variedad.

E. Preparación de especialistas vs. generalistas

Con los avances contínuos en la ciencia, cada rama de la investigación alcanza más especialización. Llegamos hasta el punto donde es imposible comunicarse uno con otro. Existe la tendencia a reconocer la investigación básica, las contribuciones técnicas y originales, y las actividades en la genética teórica. Se da menos importancia a los trabajos prácticos como el fitomejoramiento aplicado, las pruebas rutinarias de variedades y el aumento y la distribución de semilla. Otra vez, hay una necesidad crítica de preparar buenos técnicos para las actividades prácticas; además hay que reconocer su trabajo a través de estímulos académicos y aumentos de sueldo. Los técnicos en la ciencia aplicada también tienen que comunicarse frecuentemente con los patólogos y entomólogos, con los especialistas en suelos y agronomía, con el economista y el extensionista. Tenemos que preparar generalistas en genética y fitomejoramiento, con la capacidad de comunicarse con los demás. Gran parte de esa capacidad tiene que desarrollarse durante los años de preparación académica, en los colegios de postgrado. Los cursos y problemas de tesis deben de enfocarse en aspectos prácticos y deben incluir actividades diseñadas para ampliar la experiencia del técnico.

F. Concentración de recursos vs. organización descentralizada

Hay una tendencia en muchos países de concentrar los esfuerzos (técnicos, facilidades, experimentos) en una sola localidad. Las razones son varias: recursos limitados, falta de vehículos u otras formas de transporte y de comunicación, dificultades para vivir en zonas aisladas, etc. Para un técnico joven en el programa, a veces es políticamente deseable mantenerse en la oficina central cerca del jefe. Cuando

no hay fondos disponibles para transporte o viáticos, es más fácil y más cómodo quedarse en la oficina. Pero en la investigación genotécnica es vital mantenerse cerca de los ensayos. Posiblemente la manera más práctica sea la de distribuir los técnicos en las varias zonas de trabajos, los que así pueden controlar mejor sus ensayos y sus empleados en las regiones donde se van a aplicar los resultados. Además, pueden comunicarse con más frecuencia con agentes de extensión, con agricultores y con otros miembros del sector agrícola. Entiendo los problemas culturales, políticos y personales, pero considero a la dispersión de técnicos como un factor limitante importante en el aumento de producción.

II. Características específicas de los cultivos

Es difícil resumir una serie de características específicas, pues éstas varían mucho de un cultivo a otro. Además, hay diferencias entre regiones, niveles de tecnología y sistemas de producción. Sin embargo, hay un número de características importantes en varios cultivos, que actualmente forman parte de las prioridades de programas nacionales, así como de los centros internacionales.

A. Tolerancia a condiciones marginales

La falta de humedad durante una parte del ciclo del cultivo es uno de los factores más limitantes a la producción. Hasta cierto punto, se puede seleccionar cultivos con tolerancia a la sequía: objetivo de varios programas de mejoramiento en maíz, sorgo, mijo, trigo y leguminosas. La importancia de esta tolerancia va a crecer con la escasez de

agua y el costo de bombeo para el riego. Otra solución a la escasez de agua es cambiar de especie: sorgo puede reemplazar al maíz, mijo puede reemplazar al sorgo, *Vigna* sp. puede reemplazar a *Phaseolus*, etc. Sin embargo, hasta ahora, la tolerancia a sequía no ha tenido mucho éxito en la mayoría de los cultivos. La tolerancia a los extremos de temperatura tal vez ha sido más fácil para el fitomejorador. Estas características pueden permitir extender el grado de adaptación, dar mayor flexibilidad a las fechas de siembra e incorporar más estabilidad en la producción del cultivo. En el futuro, posiblemente se va a necesitar una tolerancia a suelos más marginales como en el Brasil. En resumen, la adaptación a condiciones marginales es un objetivo hoy y seguramente va a ser de mayor importancia en el futuro.

B. Tolerancia y resistencia a plagas

Se pierde mucha producción cada año debido a las plagas y las enfermedades. Especialmente en el trópico, el problema es más severo debido a las condiciones favorables durante todo el año. La resistencia a muchas plagas ha resultado ser de control genético cualitativo. Entonces, este objetivo es parte de casi todos los programas de fitomejoramiento y seguramente va a seguir con la misma importancia en el futuro.

C. Arquitectura de las plantas

Es difícil generalizar sobre la arquitectura de las plantas ya que cada especie tiene características complejas y diferentes. Sin embargo, hay una serie de tipos útiles, especialmente entre los cereales. La "revolución verde" en los cereales se ha enfocado hacia tipos cortos,

eficientes en el uso de nitrógeno, agua y luz, y generalmente adaptados a los sistemas mecanizados con alto nivel de tecnología. Este modelo ha tenido éxito en trigo, arroz, maíz y sorgo con resultados espectaculares en ciertas zonas específicas, pero ha originado una simplificación al problema ya que como todos bien saben, los sistemas agrícolas son muchos y complejos. Seguramente hay una serie de "tipos ideales de plantas" para los varios sistemas actuales, con diferentes niveles de tecnología. Por ejemplo, la altura de planta y la habilidad de competir con malezas están relacionadas: es posible que la planta ideal sea alta, si hay necesidad de competir con malas hierbas o si el agricultor necesita hojas para alimentar a los animales de la finca. La arquitectura va a continuar como una meta del fitomejorador.

D. Eficiencia biológica

Se ha realizado bastante investigación básica sobre fisiología vegetal. Sin embargo, la mayoría de la investigación no ha sido en colaboración con el fitomejorador, ni se han desarrollado sistemas de selección utilizando esta información, aunque hay consenso de que la producción de materia seca y su distribución final en la planta es de suma importancia. El concepto de índice de cosecha (porcentaje de grano respecto a la materia seca total producida) es útil, aunque no explica el proceso ni los factores que influyen en el funcionamiento de la planta. Las mediciones de procesos fisiológicos específicos son de menor interés para el fitomejorador, pues no representan una integración total de lo que ocurre durante el ciclo del cultivo y muchas veces no están relacionados con el rendimiento. La eficiencia en el uso de nutrimentos es importante en países donde estos recursos son escasos y caros. La posi

bilidad de fijación de nitrógeno es de mucho interés. El desarrollo de los componentes del rendimiento en leguminosas de grano también es importante y más información puede ayudar al mejorador en su búsqueda de plantas más eficientes.

E. Adaptación de cultivos

En ciertos cultivos ya se ha llegado a un "techo" en las mejores zonas agrícolas y para aumentar más todavía el rendimiento se necesita una adaptación más específica. El límite práctico de ésta es la variabilidad de un año a otro y la interacción de genotipo por año. En la mayoría de los países en vía de desarrollo, hay una necesidad inmediata de mejorar variedades o producir híbridos con mayor adaptación y que sean aceptados por el agricultor. La mayor adaptabilidad de los genotipos puede acelerar la producción de semilla y promover el desarrollo de una industria privada de semillas. Existe la posibilidad de aprovechar la heterosis utilizando cruzas entre variedades, con menos dificultad que los híbridos de líneas endocriadas. Se necesita además adaptar los cultivos a los sistemas intensivos, a la labranza mínima, y a los suelos marginales. Todos estos factores contribuyen a la estabilidad de producción.

F. Calidad de la proteína

El mejoramiento de la calidad de proteína ha tenido mucho interés en los últimos años. La investigación del maíz opaco es un buen ejemplo: un tipo de maíz con un beneficio potencialmente tremendo al pueblo, un énfasis fuerte por parte de los investigadores y hasta ahora, una aceptación mínima por parte del agricultor. La falta de adopción se en

tiende en parte por los problemas de germinación, almacenamiento y mer-cadeo. Es importante entender bien los sistemas del agricultor, su nivel de tecnología, las preferencias de la casa y los potenciales de mer-cadeo si hay excedente en la cosecha. Las implicaciones de riesgo también son importantes para el pequeño agricultor. Creo que los fitomejoradores van a seguir muy frustrados en su búsqueda de un cambio signifi-cativo en la calidad de proteína.

III. Características de cultivos en el futuro

Las características actuales de los programas son conocidas y acep-tadas por casi todos, pero ¿Cuáles son las características que se requieren en el futuro? Voy a especular un poco hacia los cambios que vienen.

A. Usos múltiples de cultivos

En la mayoría de los cultivos comerciales actuales solamente hay un producto de interés: grano, ensilaje, forraje, fibra, etc. Para el pequeño agricultor, casi todos los cultivos tienen varios usos en la finca. Muchas veces se aprovechan las hojas inferiores para alimentar al ganado y el rastrojo después de la cosecha también sirve como forraje. Si el cultivo se aprovechan varios productos, este factor puede mi-nimizar el riesgo del agricultor. Además, abre la posibilidad de que el fitomejorador tenga como objetivo no solamente la producción de grano sino la producción total. Además de la producción total, puede cambiar la calidad del forraje y a la vez mantener el rendimiento de grano. Hay que considerar el valor de los varios productos, para decidir si el agricultor puede sacrificar una parte de su producción primaria cuando

aumenta la producción de otro producto. Múltiples productos y diversificar las posibilidades de ingresos son características importantes en la búsqueda de un sistema agrícola estable, que pueda sostener a la familia del agricultor a través de los años.

B. Producción con prácticas culturales diferentes

Podemos predecir una serie de cambios en los sistemas de cultivos en el futuro. La labranza mínima va a reemplazar a las escardas múltiples en muchos cultivos, debido a la escasez de energía, la menor disponibilidad de productos químicos y el desarrollo de nuevos sistemas de aspersión con bajo volumen de aplicación. Se van a necesitar cultivos que germinen bien y puedan competir con las malezas en esas condiciones. Otros cambios pueden incluir el riego con agua del mar. Ya se ha avanzado en el mejoramiento de tomate y de cebada en California, para sobrevivir con 80% de agua salada. Además se van a necesitar cultivos que resistan la contaminación del aire y del agua. En Michigan, están seleccionando frijol con resistencia al ozono. El primer paso es estudiar la interacción de genotipo por sistema, o de genotipo por factor o condición ambiental. Así, se puede decidir la necesidad de seleccionar genotipos específicos para adaptarlos al sistema o a las condiciones nuevas. Lo más seguro es que los sistemas van a cambiar en el futuro, para lo cual se tendrá que responder con genotipos nuevos.

C. Adaptación a los sistemas de cultivos múltiples

Estos sistemas son básicos en la mayoría de explotaciones agrícolas en los países del trópico. Hasta ahora ha habido poca investigación

para mejorar los cultivos en estos sistemas complejos. La intensificación de cultivos puede aumentar el ingreso del agricultor y además puede minimizar el riesgo del sistema total. Otra vez, el fitomejorador tiene que decidir si hay potencial en la selección específica para estos sistemas. Como entre los sistemas de cultivos múltiples existe una multiplicidad de combinaciones y niveles de competencia entre los cultivos componentes, no es fácil decidir si hay selecciones específicas para esa serie de posibilidades, pero un programa genotécnico sólo se enfocaría en el sistema o en los sistemas más importantes.

D. Estabilidad de la producción

Anualmente, además del riesgo del clima, hay cambios en el precio de insumos y en los precios recibidos por el agricultor. En este contexto, es más importante la estabilidad de la producción y del ingreso que el potencial absoluto en los cultivos. Por parte del fitomejorador, los programas tienen que concentrarse en la tolerancia a condiciones marginales como escasez del agua, suelos pobres y presencia de plagas y enfermedades sin control químico. Estos niveles de tecnología pueden representar mejor las condiciones del agricultor. Hay que considerar las condiciones actuales de la finca y también las que prevalecerán dentro de 10 años cuando un cultivo nuevo salga del programa.

E. Competencia con otras especies

Una parte significativa del aumento en la producción de cultivos en los últimos años se debe a mejor control de malezas. Todavía las malas hierbas contribuyen bastante a los costos de producción y a la dis-

minución del rendimiento en todas partes del mundo. Existen diferencias genéticas en sorgo, arroz y papa en cuanto a su capacidad para com
petir con malezas. Además de las diferencias genéticas, el control de
pende también de los cambios en sistemas culturales. En el proceso de establecer prioridades en el programa, el fitomejorador tiene que decidir si el control de malezas es un factor que deba incluirse al diseñar la planta, o si el control es más lógico y efectivo con productos quím
icos. La introducción de aspersoras de bajo volumen puede influir en la decisión, por su posible aplicación con pequeños agricultores.

F. Simulación del ambiente natural

En la mayoría de los sistemas de monocultivos, siempre hacemos modificaciones drásticas en el ambiente para alcanzar nuestros ob
jetivos: producir la máxima cantidad de grano con mecanización y eficiencia. Para llegar al objetivo, tenemos que pulverizar el suelo, esterilizar la superficie para controlar malezas, aplicar riego para su
plementar la lluvia, utilizar nutrimentos costosos y a veces escasos, y aplicar por aspersión una serie de productos químicos para el control de insectos y enfermedades. Los costos de esta transformación son altos, en términos de energía, mano de obra y del efecto a largo plazo en el ambiente. Con todo este esfuerzo y nivel de insumos caros ¿Es posi
ble sostener el sistema durante muchos años? Una alternativa a esta si
tuación artificial es buscar una simulación del ambiente y la mezcla de cultivos en los sistemas naturales. El concepto de labranza cero es una posibilidad, así como el uso de cultivos múltiples en el campo. Otras ideas incluyen rotaciones, estiércol de animales como fertilizante, cambios de fechas de siembra para evitar el ataque de insectos o en

fermedades y mayor aprovechamiento de las especies naturales sembradas con especies cultivadas. Hay mucho campo para diseñar sistemas nuevos siguiendo estos conceptos, para buscar sistemas de labranza más sostenibles a través del tiempo y con mayor conservación de recursos a largo plazo.

G. Producción máxima por unidad de recursos

Hasta ahora el objetivo de la investigación ha sido el mejorar la eficiencia de la producción por unidad de terreno, por unidad de mano de obra, o por unidad de ingreso, dependiendo de cuál es el factor más limitante. En el futuro, si la energía es el recurso más limitante, tenemos que pensar en la evaluación de cultivos y de sistemas en términos de producción por unidad de recursos totales invertidos en el sistema. El agrónomo y el fitomejorador van a pensar en términos de cultivos y sistemas que aprovechen en forma más eficiente cada unidad de nitrógeno u otro elemento aplicado al cultivo, así como en el uso de la humedad disponible. Resistencia a plagas y enfermedades y la competencia con malezas también influyen sobre el nivel de recursos necesarios para producir el cultivo. Es pues necesario considerar, en países en vía de desarrollo donde la energía es escasa y cara, y una mayoría de estos recursos son importados, que la evaluación de la producción por unidad de recursos totales, tal vez sea lo más apropiado en estos casos.

H. Cambios en la metodología

Hay mucho interés últimamente en la ingeniería genética y bastante especulación sobre cómo la contribución de este campo nuevo va a acelerar nuestro progreso en el fitomejoramiento. Mi opinión es que estas

técnicas podrían ayudar, tal vez, a seleccionar características cualitativas, a identificar nuevas fuentes de resistencia, etc. Sin embargo, el proceso de desarrollar una variedad o un híbrido tiene que incluir los pasos tradicionales de retrocruzamiento, avanzar las generaciones, evoluciones en las zonas de producción, y aumento y distribución de semilla. Por tanto, la ingeniería genética no es una solución a todos nuestros problemas. Además, aún necesitamos más información sobre el número de repeticiones y de localidades donde ensayar las nuevas variedades, el tamaño óptimo de un ensayo, cuáles son los diseños estadísticos más eficientes, y el número de años de prueba necesarios para hacer recomendaciones. Posiblemente haya nuevos sistemas para probar la habilidad combinatoria de maíz y sorgo.

Otro cambio revolucionario es la introducción de las micro-computadoras. El potencial de estas máquinas baratas puede aplicarse en el escritorio de cada técnico y tenemos la obligación de preparar a los estudiantes de hoy en su aplicación y su uso eficiente.

IV. Problemas en la implementación

Si algunos de estos cambios y sugerencias son lógicos, tenemos que pensar en la implementación de los programas en el futuro. Desafortunadamente hay muchos problemas y obstáculos en la aplicación. Aunque nuestro enfoque es el fitomejoramiento, seguramente los mismos problemas existen en otras disciplinas.

A. Continuidad en los programas

Es difícil establecer continuidad en el presupuesto, personal, facilidades y transporte en muchos programas. Cuando hay necesidad de

cortar el presupuesto, muchas veces la investigación tiene baja prioridad entre las personas que toman la decisión, quienes a veces no entienden el proceso de la investigación, ni mucho menos la importancia que tiene en un programa de fitomejoramiento, el mantener las siembras cada año y las pruebas en varias localidades. Es de suma trascendencia mantener la comunicación con esas personas para enseñarles cuál es el proceso de investigación y cuáles son los resultados prácticos que han resultado de cierto esfuerzo en el mejoramiento de variedades.

B. Educación de técnicos prácticos

En los programas de posgrado, resulta lógico enfatizar la parte teórica pues tenemos que preparar técnicos con capacidad de superarse en su propia disciplina y además de comunicarse con otros con credibilidad y buen conocimiento. Sin embargo, en la mayoría de los países en vía de desarrollo lo más crítico es el trabajo de técnicos con preparación general para resolver problemas de producción. En un curso nuevo en Nebraska, incluimos los siguientes tópicos: Identificación y evaluación de problemas, establecimiento de prioridades, fuentes de financiamiento y el proceso de establecer un presupuesto, estrategias de la investigación, cómo informar los resultados y mantener credibilidad con los grupos de clientes, y el proceso administrativo a varios niveles. Hasta ahora ha habido mucho interés y esperamos que cada estudiante aplique esta experiencia en su puesto en el futuro.

C. Cómo establecer prioridades

Uno de los pasos más importantes y más difíciles en cada programa es cómo establecer las prioridades en la investigación. El método que estamos enseñando incluye primero la colección de datos sobre cultivos

y sistemas. El próximo paso es evaluar los problemas de producción y decidir cuáles de estos problemas tienen soluciones potenciales por la ruta de la investigación; de todas las limitaciones, cuáles son las que influyen más en la producción y cuáles soluciones van a tener el mayor impacto en la producción; de los problemas en la producción de hoy, cuáles son los que el agricultor tiene que superar dentro de 10 años, cuál es el potencial de adopción de la tecnología nueva. Hay que evaluar los posibles cambios en el sistema de producción, la disponibilidad de recursos, los mercados locales e internacionales y otros cambios del futuro. En el proceso total, hay que incluir una evaluación de las prioridades. Las limitaciones en la producción también son dinámicas y la solución de un problema puede causar otro. No es un proceso fácil y muchas de las decisiones que se toman en los programas de investigación no siguen este proceso tan lógico. En todo caso, es parte del adiestramiento de cada técnico.

D. Uso de resultados de otros programas

Hoy en día hay mucha información disponible y es necesario escoger cuáles son los componentes y variedades útiles en determinado programa. Es mucho más eficiente aprovechar los resultados de otro programa que empezar de cero. Los servicios de "abstracts" son útiles, así como las reuniones internacionales de técnicos. Visitas a los centros internacionales pueden ayudar en el enfoque de un programa y abren posibilidades al técnico de aprovechar germoplasma y nuevas metodologías. También las visitas a otros programas que trabajan en el mismo cultivo son útiles para conseguir nuevas ideas. Después de recolectar esa información y germoplasma, es un trabajo duro de muchos años el incorporar todo en su propio programa de investigación.

E. Integración de disciplinas

Los centros internacionales tienen éxito en la formación de equipos integrados de investigación, debido a su financiamiento y flexibilidad. Además tienen la ventaja de concentrar su atención en pocos cultivos. Normalmente en un programa nacional, los recursos y personal son limitados y frecuentemente el técnico tiene que atender a varios cultivos. La organización de los departamentos por disciplina también limita la colaboración entre técnicos. Estamos preparando estudiantes con el mismo sistema y tenemos que convencerlos que la investigación en el campo depende del esfuerzo de muchas personas, normalmente involucradas en otros campos de la agronomía. La formación y funcionamiento de equipos de trabajo debe recibir más énfasis en el futuro.

F. Integración con programas de sistemas de cultivos

Un concepto nuevo en los centros internacionales y algunos programas nacionales es sistemas de cultivos. Iniciados por economistas, estos programas tienen gran potencial para integrar los esfuerzos de varios técnicos para entender mejor el funcionamiento de la finca y cómo aumentar la producción. El proceso incluye la evaluación de la producción y sus limitaciones, el diseño de la investigación para resolver los problemas, la validación de tecnología nueva en la finca y la evaluación del proceso para iniciar un nuevo ciclo. Tenemos que preparar los técnicos para trabajar en este tipo de equipo, donde se necesita capacidad para comunicarse con técnicos de otras disciplinas. Los problemas son complejos, y seguramente la solución va a depender del esfuerzo de muchas personas trabajando en conjunto.

G. Diseño de sistemas de estímulos

Los sistemas de estímulos en la ciencia son dirigidos al individuo. Además, están enfocados en muchas partes hacia la publicación de resultados en las revistas prestigiosas internacionales. Para un técnico, si el sueldo y su promoción dependen de este tipo de actividad, no existe el incentivo para involucrarse directamente en el aumento de la producción mediante la formación de variedades o híbridos. Hay necesidad de buscar nuevos métodos de evaluar nuestra propia contribución a la producción, como individuo y como miembro de un equipo. Cada técnico necesita su presupuesto, sus objetivos de investigación y su reconocimiento como miembro del equipo.

V. Conclusiones

La mayoría de las ideas presentadas no son nuevas, sino es el resultado de muchas conversaciones con colegas de varios países. Espero que esta presentación haya sido útil y estimule el desarrollo de mejores ideas. El fitomejoramiento tiene una gran meta: contribuir a la solución del problema mundial del hambre. Las universidades pueden estimular el proceso de desarrollo con un programa bien enfocado hacia los problemas más críticos. El futuro depende en gran medida de nuestra capacidad de predecir las necesidades, y sobre todo, de preparar una nueva generación de técnicos con los conocimientos y la motivación de resolver los problemas de la producción agrícola.