

# Informe anual 1988 CIMMYT

*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*



Distribución de la diversidad

## Consejo Directivo en 1988 (mayo de 1989)

**Lucio Reza (Presidente), Argentina**

Consultor  
Argentina

**Peter Day Reino Unido**

Profesor, Rutgers, la Universidad Estatal  
de New Jersey  
EUA

**Seme Debela, Etiopía**

Director General, Instituto de  
Investigaciones Agrícolas  
Etiopía

**Jorge de la Vega Domínguez, México\***

Secretario de Agricultura y Recursos  
Hidráulicos (SARH)  
México

**Donald N. Duvick, EUA**

Vicepresidente para la Investigación  
Pioneer Hi-Bred International  
EUA

**Gao Liangzhi, Rep. Pop. China**

Presidente, Academia de Ciencias  
Agrícolas de Kiangsu  
República Popular China

**Khem Singh Gill, India**

Director de Investigaciones  
Universidad Agrícola del Punjab  
India

**Ahmed Goueli, Egipto**

Gobernador, Provincia de Damiett  
Egipto

**Ricardo Magnavaca, Brasil**

Fitogenetista del maíz, Empresa Brasileña  
de Investigaciones Agrícolas (EMBRAPA)  
Brasil

**Burton C. Matthews, Canadá**

Profesor, Departamento de Geografía  
Facultad de Estudios Ambientales  
Universidad de Waterloo  
Canadá

**Joseph M. Menyonga, Camerún**

Coordinador Internacional  
SAGFRAD,  
Organización de la Unidad Africana  
Burkina Faso

**W. Gerhard Pollmer, Rep. Fed. de Alemania**

Profesor de Fitogenética  
Universidad de Hohenheim  
República Federal de Alemania

**James G. Ryan, Australia**

Subdirector, Centro Australiano para la  
Investigación Agrícola Internacional (ACIAR)  
Australia

**Manuel Villa Issa, México\***

Vocal Ejecutivo, Instituto Nacional de  
Investigaciones Forestales y Agropecuarias  
(INIFAP)  
México

**Donald L. Winkelman, EUA\***

Director General, CIMMYT  
México

**Hikoyuki Yamaguchi, Japón**

Profesor, Laboratorio de la Genética y las  
Radiaciones, Universidad de Tokio  
Japón

\* Miembro ex officio.

El CIMMYT es el único responsable de esta  
publicación.

*Cita correcta:* CIMMYT. 1989. *Informe anual 1988*  
(Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y  
Trigo): *Distribución de la diversidad*. México, D.F.:  
CIMMYT.

ISSN 1010-9129

# CIMMYT 1988

## Informe anual

*Centro Internacional de  
Mejoramiento de Maíz y Trigo*



*Distribución de la diversidad*

	<b>Indice</b>
<b>El Centro y el CGIAR</b>	<b>2</b>
<b>Informe de la administración</b>	<b>4</b>
<b>Punto de vista: Perspectivas en cuanto a los recursos genéticos, Sir Otto Franke!</b>	<b>10</b>
<b>Perspectiva nacional: Conservación de los recursos genéticos de maíz en México</b>	<b>18</b>
<b>Reseña de los programas</b>	<b>20</b>
Investigación de maíz	22
Investigación de trigo	35
Investigación de economía	48
Servicios de apoyo	55
<b>Estado financiero</b>	<b>59</b>
<b>Publicaciones</b>	<b>73</b>
<b>Personal principal en 1988</b>	<b>78</b>

## El Centro y el CGIAR

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es un organismo internacional sin fines de lucro, dedicado a la investigación científica y la capacitación. Desde su sede en México y sus oficinas en otras localidades en el Tercer Mundo, el Centro lleva a cabo un programa mundial de mejoramiento de maíz, trigo y triticale, investiga aspectos económicos relacionados con estos cultivos y apoya más de 100 sistemas nacionales de investigación en los países en desarrollo. El CIMMYT es uno de los 13 centros apoyados por el Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR o CG), patrocinado en forma

conjunta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo (Banco Mundial) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El CG incluye países donadores, organismos internacionales y regionales y fundaciones privadas.

### Los orígenes del CIMMYT

El éxito logrado por un equipo de investigadores reunido en 1943 por la Fundación Rockefeller para trabajar en la Oficina de Estudios Especiales, establecida en México por la Secretaría de Agricultura, condujo con el tiempo a la creación del CIMMYT. En sus investigaciones sobre el trigo, ese equipo logró introducir los genes del enanismo de la variedad Norin 10 en los viveros mexicanos de mejoramiento y se obtuvieron variedades de trigo semienano resistentes a las enfermedades. La variedad Norin 10 fue producida en los 30 por científicos japoneses, quienes cruzaron germoplasma de trigo estadounidense con una raza criolla asiática portadora del gen del enanismo. En 1946, se llevó la variedad Norin 10 a Estados Unidos y, más tarde, el fitogenetista Norman Borlaug la obtuvo por conducto de un colega de ese país. Gracias a que aprovechan mejor esos insumos, las variedades semienanas permitieron a los agricultores mexicanos incrementar sus rendimientos marcadamente. Casi de inmediato se inició la distribución internacional de esas variedades, la cual, mediante un nuevo convenio de colaboración entre la Fundación Rockefeller y la Secretaría de Agricultura de México, continuó después del cierre de la Oficina de Estudios Especiales; esta labor condujo a la creación del CIMMYT. La gran difusión de las variedades semienanas en todo el Tercer Mundo benefició directamente a millones de agricultores y consumidores y amplió las perspectivas de muchos más al demostrar el valor de la inversión en las investigaciones agrícolas nacionales e internacionales.

El aumento de la producción de maíz en los países en desarrollo no ha alcanzado la misma magnitud que en el caso del trigo, pero el germoplasma mejorado de maíz se ha difundido en todo el Tercer Mundo. Como sucedió con el trigo, se logró obtener variedades más productivas de maíz mediante la aplicación de técnicas modernas de mejoramiento a recursos fitogenéticos que habían evolucionado a través de los siglos, sometidos al escrutinio y la selección deliberada de los agricultores en condiciones ecológicas muy variadas. No obstante, la organización de los recursos genéticos de maíz constituyó una tarea muy distinta de la incorporación de los genes del enanismo Norin 10 en los trigos mexicanos. Fue preciso reunir en



Thomas Luba

*En el continente americano, las variedades criollas evolucionaron durante siglos bajo la vigilancia y selección deliberada de los agricultores.*

forma sistemática miles de muestras de semillas que representaban a las razas mexicanas de maíz, para luego clasificarlas y estudiar a fondo este enorme cúmulo de diversidad genética.

Según E.J. Wellhausen (que entonces formaba parte del personal directivo de la Oficina de Estudios Especiales y luego fue el primer director general del CIMMYT), la reunión de razas de maíz se consideró al principio como una actividad secundaria, orientada a identificar los factores limitantes de la producción y descubrir complejos de germoplasma promisorios para el programa mexicano de mejoramiento. Sin embargo, instados por el botánico Paul Mangelsdorf a mediados de los 40, Wellhausen y otros fitogenetistas adoptaron el criterio de que "tenían la obligación de reunir y conservar para el futuro todo el germoplasma autóctono existente que algún día sería sustituido o, en ciertos casos, se extinguiría al introducir [ellos, los investigadores] variedades mejoradas". El resultado a corto plazo de la recolección y el mejoramiento inicial usando germoplasma autóctono fue que la producción anual de maíz en México aumentó a más del doble entre 1943 y 1958. La repercusión a largo plazo fue el establecimiento de lo que más tarde se convirtió en el programa mundial de mejoramiento del maíz del CIMMYT, que ha distribuido versiones modificadas del germoplasma latinoamericano en todo el Tercer Mundo.

### Formación del CGIAR

Los primeros avances en la obtención y difusión de variedades mejoradas de los cereales impulsaron a las Fundaciones Ford y Rockefeller a crear varios centros internacionales de investigación agrícola, entre ellos el CIMMYT, durante los 60. A fines de ese decenio, la complejidad y las dimensiones de las investigaciones que emprendieron esos centros hicieron evidente que habría que establecer nuevos centros, orientar su gestión y asegurarles apoyo económico a largo plazo. El reconocimiento de esas necesidades promovió la realización de una serie de reuniones de expertos internacionales y negociaciones que condujeron a la formación del CGIAR en 1971.

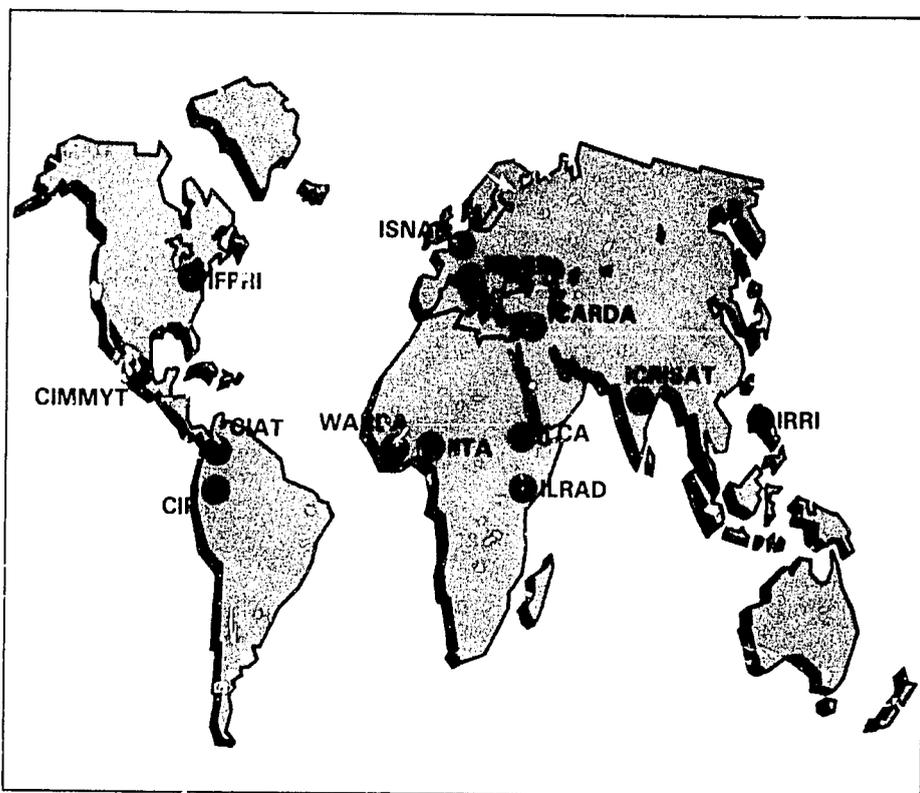
Aplicando un criterio innovador basado en el compromiso y el consenso, el CG ha logrado incrementar la base económica de los centros a un presupuesto inicial de US\$9 millones a casi US\$212 millones en 1988. A través del CG, el CIMMYT recibe donaciones de la Comisión Económica Europea, la Fundación Ford, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Fondo de la OPEP para el Fomento de la Investigación, el PNUD, el Banco Mundial y organismos de ayuda internacional de los países que integran la lista que aparece en el margen derecho. En 1988, el Centro también recibió donativos para proyectos especiales, aparte del CGIAR, otorgados por Bélgica, el Centro Internacional para el Fomento de la Investigación (IDRC), la Fundación

Rockefeller y varios otros de los donadores de su presupuesto básico (para más detalles sobre las contribuciones de los donadores, véase el Estado financiero).

Al orientar el trabajo de los centros, el CG trata de asegurar que abordan problemas de dimensiones internacionales e importancia permanente. Esos problemas son identificados y planteados con claridad por el Comité Asesor Técnico (CAT) del CG, integrado por destacados científicos de todo el mundo. Cada centro adopta las opiniones y recomendaciones del CAT según sus propias capacidades y experiencia, y luego idea métodos eficaces en cuanto al costo para realizar las tareas de mayor prioridad. Una labor urgente en la que están comprometidos los centros es la conservación de los recursos fitogenéticos. Nueve de ellos son los principales depositarios o usuarios de colecciones claves. En 1974, el CG creó el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR), cuyo propósito es ser un centro para el trabajo con los recursos fitogenéticos (véase el mapa). En colaboración con los centros del CG, otros organismos internacionales y regionales y 110 programas nacionales, el IBPGR ha contribuido a la reunión de más de 166,000 muestras de cultivos y ha iniciado otros programas con el fin de mejorar la capacidad de los países en desarrollo de almacenar recursos fitogenéticos.



**Países donadores del presupuesto básico del CIMMYT**



**Los 13 centros internacionales de investigación agrícola, apoyados por el CGIAR.**

## Informe de la administración

En el *Informe anual* de 1987, se describió nuestro proceso de planificación estratégica, actividad que continuó en 1988. Para mediados de año, esta tarea esencialmente había finalizado. El plan propuesto fue aprobado por el Consejo Directivo, usado por los equipos de revisión externa de la administración y de los programas para orientar sus deliberaciones en agosto del año pasado, y posteriormente evaluado por el Comité Asesor Técnico (CAT) del CGIAR. Estas revisiones y aplicaciones resultaron en muchas sugerencias útiles para la versión definitiva del plan, cuya publicación está prevista para más adelante en 1989.

Entre los "elementos de la planificación estratégica" señalados en nuestro *Informe anual* de 1987, se incluyeron temas que, según el CGIAR y el CAT, son muy útiles para la labor de los centros internacionales: por ejemplo, los recursos fitogenéticos, cuya conservación y uso son fundamentales para la producción de alimentos básicos en el mundo.

### Nuestro tema para 1988

Con el propósito de aludir al tema de este informe anual, en nuestra portada figura la frase "distribución de la diversidad" que, en primer término, se refiere a la transmisión de la diversidad genética mediante la distribución de germoplasma. En segundo término, señala el rescate de la diversidad, al cual contribuye el sistema del CG mediante las actividades de recolección, almacenamiento y regeneración de germoplasma y de interconexión con diversos centros. Así pues, la frase resume tanto la conservación como la utilización de los recursos fitogenéticos.

Lo que entendemos por recursos fitogenéticos son las variedades criollas, las variedades obsoletas y las especies silvestres afines a especies cultivadas (la definición establecida) así como los materiales modernos que surgen de la labor fitotécnica actual, un agregado reciente al concepto. En cuanto a las variedades criollas, las conservamos y caracterizamos, y aseguramos que haya libre acceso a ellas y a la información que las describe. En el futuro, estos recursos fitogenéticos serán cada vez más valiosos para la comunidad mundial, sobre todo si se realiza lo que prometen la biología molecular y la ciencia nueva.

En cuanto al segundo aspecto de nuestra definición, es decir, los materiales que el fitomejoramiento continuamente genera, nos centramos en las necesidades actuales de los países en desarrollo, haciendo hincapié en el libre acceso. El germoplasma es creado por la labor conjunta del CIMMYT y de colegas de todo el mundo, que conforman una red internacional que integra las energías, conocimientos y experiencia de cientos de personas. En esta red, cada generación de productos mejorados se basa en generaciones anteriores y, cada vez más, en colecciones de materiales antiguos, sobre todo materiales especiales que resisten ciertas condiciones adversas. En este informe anual, presentamos ambas dimensiones (la conservación y la utilización) de nuestra labor con los recursos genéticos, así como la creciente interacción entre ellas.

### De la controversia al consenso

La posesión y la transferencia del germoplasma han sido muy debatidas en los últimos años. En una reunión auspiciada por la FAO que se convirtió en una discusión sobre la equidad internacional en el intercambio de germoplasma, a los países en desarrollo y a los desarrollados preocupaban asuntos muy distintos. Los primeros expresaron frustración por su incapacidad para explotar en grado suficiente los recursos fitogenéticos que en su mayoría evolucionaron en el mundo en desarrollo. Los países desarrollados subrayaron la importancia del libre intercambio de germoplasma, que indudablemente ha beneficiado a los organismos de fitomejoramiento y de producción de semillas, y ha contribuido mucho al desarrollo agrícola en el Tercer Mundo.

La controversia sobre los recursos fitogenéticos ha causado escisiones, pero también ha tenido el efecto saludable de lograr que en todo el mundo se concentrara la atención en la conservación del germoplasma vegetal. A medida que ha avanzado la discusión del tema, el debate acre se ha convertido en un proceso para llegar al consenso. El Diálogo Internacional Keystone sobre Recursos Fitogenéticos, cuya primera sesión se celebró en agosto de 1988, contribuyó en forma considerable a la búsqueda de una base común. Diversas publicaciones (entre ellas *Gene Banks and the World's Food* y *Seeds and Sovereignty*) también han ayudado a aclarar las opiniones divergentes y a recopilar información exacta que permita sustentar un consenso.

Con la intención de contribuir a lograr un consenso, en este informe anual se describe lo que el CIMMYT considera sus responsabilidades en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos. Por otra parte, Sir Otto Frankel

La frase "distribución de la diversidad" se refiere no sólo a la difusión de la diversidad genética, sino también a su rescate mediante la recolección, el almacenamiento y la regeneración.

gentilmente aceptó nuestra invitación de preparar el ensayo Punto de vista incluido en este informe. Son pocos los científicos que pueden aportar la experiencia y percepción de Sir Otto, cuya participación fue vital para lograr el apoyo internacional a la conservación de los recursos fitogenéticos, un movimiento que desembocó en la creación del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR). Asimismo, a lo largo de su carrera como genetista y fitomejorador, Sir Otto redactó o editó tres libros que han tenido gran influencia, además de numerosos artículos científicos sobre los recursos fitogenéticos.

Sir Otto expresó su opinión respecto a la controversia mundial sobre el germoplasma en la recién publicada obra *Seeds and Sovereignty*, y en su ensayo en este informe la menciona brevemente en el contexto de varios asuntos, tales como las colecciones nacionales de germoplasma, que él considera el "pilar del sistema mundial de recursos genéticos". México nos da pruebas del fuerte compromiso de los programas nacionales con la conservación y estudio de estos recursos en una nueva sección intitulada Perspectiva nacional. En otras secciones del informe, seguimos el ejemplo de Sir Otto al centrarnos en aspectos de la conservación y utilización de germoplasma que forman parte de la labor del CIMMYT. En el futuro, seguiremos de cerca el Diálogo Keystone y otras iniciativas que tiendan a lograr un consenso porque estamos convencidos de que el intercambio de germoplasma contribuye a mejorar las variedades que están al alcance de los agricultores.

### **La estrategia del CIMMYT respecto al germoplasma**

En el transcurso de los años, el CIMMYT ha formulado una estrategia en tres partes respecto al germoplasma, con el fin de satisfacer las demandas del desarrollo agrícola. La primera parte se refiere al aprovechamiento de lo que algunos llaman diversidad genética "útil", mediante programas de investigaciones multidisciplinarias en los que participan fitomejoradores, especialistas en la protección de cultivos, fisiólogos y otros científicos. Los materiales de maíz y de trigo así obtenidos utilizan en forma eficiente los nutrientes y la humedad disponibles, y al mismo tiempo mantienen la estabilidad de rendimiento a pesar de factores bióticos y abióticos adversos. También poseen la suficiente diversidad genética para permitir el mejoramiento constante del rendimiento y de la

resistencia o tolerancia a muchos insectos, enfermedades y factores físicos adversos. Estos materiales se distribuyen en forma gratuita a los programas de maíz y trigo de los países en desarrollo.

Como trabajan sólo con cierta parte del acervo genético total del maíz o el trigo, los investigadores del CIMMYT recurren a lo que el experto en recursos genéticos Garrison Wilkes (Universidad de Massachusetts, EUA) llama la "conveniencia fitotécnica" para crear con rapidez y eficiencia genotipos de alto rendimiento. No obstante, como señala ese mismo investigador, "el precio de esa conveniencia es vigilar y respaldar constantemente el sistema de los bancos de genes". En esto consiste entonces la segunda parte de nuestra estrategia: conservar los recursos fitogenéticos, incluso aquéllos cuyo valor pueda descubrirse sólo en el futuro (véase la p. 7). Esta labor requiere la firme colaboración de



*La conservación es parte fundamental de la estrategia que el Centro ha establecido para el germoplasma. Algunas especies como el teosinte (*Zea diploperennis*), observado aquí por Donald Duvick, consejero del CIMMYT (izquierda) y Suketoshi Taba, jefe del banco de germoplasma de maíz, tienen que ser conservadas in situ. México ha creado una reserva especial de la biosfera con el fin de preservar éstas y otras especies vegetales y animales (véase la p. 19).*

los programas nacionales en compartir materiales e información, desarrollar y fortalecer el sistema de bancos de genes y cooperar en la capacitación.

La tercera parte de nuestra estrategia aborda un problema esencial de la controversia sobre el germoplasma: la capacidad de los países en desarrollo de usar el poderoso instrumento de la diversidad genética para mejorar las variedades que siembran los agricultores. Aunque ha aumentado mucho esa capacidad, todavía existen diferencias notables entre los programas nacionales. El respaldo directo que el CIMMYT les brinda se centra en los problemas que más limitan su productividad. En el futuro, continuaremos haciendo hincapié en capacitar al personal de los programas menos avanzados en el mejoramiento del germoplasma y buscaremos otras formas para que los programas avanzados contribuyan a las redes internacionales.

Esta es, entonces, la esencia de la estrategia del CIMMYT respecto al germoplasma: usar la diversidad genética útil en programas dinámicos de fitomejoramiento, conservar incluso lo que no parece útil en la actualidad para asegurar que esté disponible en el futuro y capacitar a los científicos de los programas nacionales para que conserven y aprovechen mejor la diversidad genética en sus programas de investigación. Estas tres dimensiones tienen en común el libre acceso a materiales, información y experiencia.

**La generación y distribución de materiales mejorados es un objetivo primario de la estrategia respecto al germoplasma del CIMMYT. Cada año, el Centro envía miles de variedades y líneas experimentales a cientos de investigadores de maíz y trigo en todo el mundo, quienes, a su vez, seleccionan y mejoran aún más esos materiales para finalmente entregárselos a los agricultores.**

### **Aspectos destacados de las actividades de nuestros programas**

En 1988, una serie de circunstancias particulares resaltaron la importancia de los recursos fitogenéticos para el CIMMYT e hicieron que éstos ocuparan un lugar prominente en nuestros planes de investigación. En marzo se llevó a cabo en nuestra sede el Taller Mundial sobre Germoplasma de Maíz. En colaboración con el IBPGR, ahora trabajamos para establecer una red mundial de los recursos genéticos del maíz. A mediados de 1988, el IBPGR transfirió su coordinador regional para América Latina a la sede del CIMMYT con el fin de agilizar esta labor. También hemos avanzado mucho en nuestros vínculos de cooperación con otros dos centros; el Programa de Maíz llegó a un nuevo acuerdo con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en cuanto a la distribución de las responsabilidades de la investigación de maíz en África al sur del Sahara, y el Programa de Trigo firmó un acuerdo con el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas (ICARDA), que abarca una amplia gama de tareas de investigación y conservación de germoplasma de trigos harineros y duros, la cebada y el triticale.

Dos acontecimientos, el inicio de la construcción del laboratorio de biotecnología y el Segundo Simposio Internacional sobre la Manipulación Genética de los Cultivos (realizado en agosto en la sede del CIMMYT), centraron nuestra atención en métodos nuevos y en potencia más eficaces para aprovechar las razas indígenas y las especies silvestres emparentadas, con el fin de fortalecer el germoplasma elite en nuestros viveros de mejoramiento. El Premio Rey Baudouin a la Investigación Agrícola Internacional, otorgado al CIMMYT por su trabajo con los trigos Veery, es un reconocimiento de los beneficios para los países en desarrollo que representan los productos de esos viveros.

Varios cambios importantes efectuados en 1988 fueron consecuencia de las recomendaciones de los equipos de revisión externa de la administración y de los programas comisionados por el CGIAR, tales como la modificación de la organización de los Programas de Maíz y Trigo, proyectada a fines de 1988 y puesta en práctica a comienzos de 1989. En el Programa de Economía se iniciaron nuevos proyectos, tales como la investigación de los aspectos económicos del fitomejoramiento de "mantenimiento" y estudios para obtener información y establecer prioridades en la generación de germoplasma.

(continúa en la p.8)



Archivos del CIMMYT

## **Responsabilidades del CIMMYT en relación con la conservación de los recursos fitogenéticos**

### **Maíz**

- El banco de germoplasma de maíz del CIMMYT mantiene colecciones de base y activa de variedades criollas, la primera para el almacenamiento a largo plazo y la segunda (conservada en almacenamiento a mediano plazo) para la distribución de semilla. Cada una de ellas abarca la representación de variedades criollas más amplia del mundo, en particular de las originarias del Hemisferio Occidental.
- La misión de conservación del CIMMYT incluye también el teosinte y *Tripsacum*. Se conserva la semilla de estas especies silvestres afines al maíz en las colecciones de base y activa. Mediante la recolección de semilla durante las giras de vigilancia *in situ* de las poblaciones restantes en México y Guatemala, se mantiene una colección activa de teosinte. La recolección se efectúa en cooperación con los programas nacionales. También se mantiene una colección activa de *Tripsacum* que representa la variación que existe en este género, en una de las estaciones experimentales del Centro, y es posible obtener la semilla producida ahí.
- Además de conservar las variedades criollas, el banco de germoplasma de maíz en ocasiones aumenta sus colecciones con la semilla de poblaciones elite generadas por programas fitotécnicos del CIMMYT y otras instituciones. Se ampliarán las instalaciones de almacenamiento para dar cabida a las accesiones nuevas.
- Existen duplicados de las colecciones de base en otras instituciones, como el Laboratorio Nacional de Almacenamiento de Semilla (NSSL) en EUA.

### **Trigo**

- El banco de germoplasma de trigo del CIMMYT actualmente mantiene en almacenamiento a mediano plazo trigos harineros y duros, triticales, cebada, trigos primitivos y especies silvestres afines al trigo. Este material se agrupa en dos colecciones: una incluye los viveros internacionales de selección y rendimiento, los bloques de cruzamiento de primavera e invierno, triticales primarios, progenitores y cruza interespecíficas e intergenéticas, la otra contiene entradas de germoplasma con potencial conocido para el fitomejoramiento, variedades criollas y especies silvestres.

- Según un acuerdo reciente con el ICARDA y en consulta con el IBPGR, el CIMMYT ha asumido nuevas responsabilidades en relación con la conservación del trigo. El ICARDA tendrá a su cargo mantener una colección de base de trigo duro y las especies silvestres afines al trigo; el CIMMYT mantendrá una colección de base de trigos harineros y triticales. Para mayor seguridad, en cada centro se duplicarán las colecciones de base del otro (almacenadas a largo plazo). La recolección de semilla se realizará en colaboración con los programas nacionales. Se formarán colecciones activas en almacenamiento a mediano plazo, destinadas a la evaluación y la distribución de la semilla.
- Como parte de sus responsabilidades vinculadas con la colección de base, el CIMMYT llevará a cabo una búsqueda activa de todas las variedades comerciales y obsoletas de trigo harinero. También mantendrá una colección representativa de variedades criollas.
- Para cumplir su nueva misión, el CIMMYT ampliará sus instalaciones para almacenar a largo plazo la semilla de las colecciones de base de trigo harinero y triticales.

### **Distribución de los materiales del banco**

- A partir de las colecciones activas, se distribuye en forma gratuita semilla e información de los bancos de germoplasma de maíz y de trigo a todo investigador que lo solicite. En la distribución de semilla se otorga prioridad a los programas nacionales de los países en desarrollo. Los otros organismos, ya sean públicos o privados, reciben semilla según la disponibilidad y de acuerdo con el orden de llegada de los pedidos. Las empresas privadas deben pagar los gastos de envío.
- El CIMMYT acata las políticas nacionales que limitan u orientan la distribución de semilla a los organismos del país, siempre y cuando haya recibido de las autoridades pertinentes un documento que comuniqué esas políticas.

---

Esta enunciación de las responsabilidades del CIMMYT de ninguna manera implica que éstas sean apropiadas para instituciones públicas o privadas. Para mayor información sobre los aspectos operacionales de nuestros bancos de germoplasma, comunicarse con Suketoshi Taba (Programa de Maíz) o Bent Skovmand (Programa de Trigo) en la sede del CIMMYT en México.

Una recomendación que subrayó la importancia del tema de este informe anual fue la sugerencia de que publicáramos la política del CIMMYT respecto a los recursos fitogenéticos. En la actualidad preparamos nuestra respuesta a esa solicitud, cuyos aspectos más destacados se exponen en la página 7. Figuran también algunos de los logros del Centro en su labor con los recursos genéticos entre los aspectos más destacados de nuestra investigación, descritos en la Reseña de los programas del CIMMYT

### **Cambios en el personal administrativo**

Además de ser testigo del incremento de la capacidad de investigación de los países antes mencionado, el Dr. Robert D. Osler contribuyó a él, primero con sus investigaciones como fitomejorador de maíz y, luego, en el desempeño de diversas funciones administrativas en el CIMMYT. Bob y Elaine Osler llegaron por primera vez a México en 1954 con la intención de quedarse sólo uno o dos años. De hecho se marcharon en 1960, pero regresaron a México en 1966, cuando Bob fue designado Jefe del Programa de Mejoramiento de Maíz del CIMMYT. Ahora, a principios de 1989, ha llegado el momento de que Bob se jubile después de veintidós años de trabajo. En nombre del personal del Centro, les damos las gracias a los Osler por sus valiosas aportaciones y les hacemos patentes nuestros mejores deseos para el futuro.

Sucedió al Dr. Osler como Subdirector General Administrativo y Tesorero el Dr. P. Roger Rowe, quien llegó al CIMMYT del Laboratorio Internacional de Investigaciones sobre Enfermedades Animales (ILRAD) en Nairobi, Kenya, donde actuó como Director Administrativo. El Dr. Rowe obtuvo su doctorado en fitogenética y mejoramiento en la Universidad de Wisconsin en 1963. En los primeros 10 años de su carrera trabajó como genetista en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, y luego ingresó en el ámbito internacional como Jefe del Departamento de Genética y Fitomejoramiento del Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima, Perú. En enero de 1978 fue designado Subdirector General del CIP, cargo que ocupó hasta que se trasladó al ILRAD en octubre de 1981. El Dr. Rowe ha publicado extensamente en su especialidad y es, además, un administrador sagaz y experimentado. Las condiciones cambiantes de la investigación y la administración en un medio cada vez más complejo harán necesarias toda su habilidad y experiencia.

Fue designado Subdirector del Programa de Economía del CIMMYT el Dr. Robert B. Tripp, antropólogo que llegó al CIMMYT en 1978 como becado posdoctoral de la Fundación Rockefeller. El Dr. Tripp hará uso de su considerable experiencia en la investigación y la capacitación al desempeñar sus nuevas responsabilidades administrativas.

*El Programa de Trigo del CIMMYT ahora pone especial atención a la recolección de variedades obsoletas, como esta muestra de Supremo 211, la primera variedad mejorada de trigo que fue lanzada por el programa conjunto del Gobierno de México y la Fundación Rockefeller, establecido en el decenio de 1940. La recolección se efectúa en colaboración con representantes del gobierno como Anastasio Morales (izquierda), aquí con el jefe de nuestro banco de germoplasma de trigo, Bent Skovmand (centro), e Ignacio Rico, el agricultor que nos brindó la muestra.*



Thomas Luba

## Aspectos destacados de la investigación en 1988

- Se completó un proyecto que permite disponer en CD-ROM (disco compacto, sólo para leerse) de los datos de pasaporte de las accesiones del banco de germoplasma de maíz. Esta tecnología brinda a los investigadores de los países en desarrollo un instrumento para buscar recursos genéticos útiles en los registros del banco (p. 25).
- El Programa de Maíz participó en cuatro proyectos relacionados con los RFLP (polimorfismos por fragmentos de longitud restringida), entre ellos, el intento de una red de organismos europeos públicos y privados de emplearlos para examinar la diversidad molecular de líneas elite de maíz y determinar la utilidad de las sondas moleculares para identificar *loci* para características cuantitativas (p. 29).
- En el Programa de Trigo, se implantó un sistema computarizado de manejo de genealogías que facilita las funciones de la información. Por ejemplo, mediante el análisis de agrupamientos jerárquicos basados en las genealogías de las accesiones del banco, se pueden determinar con rapidez las variedades criollas originales y las variedades antiguas que forman la base de las variedades modernas de trigo (pp. 36-37).
- La evaluación del germoplasma del trigo confirmó la existencia de variabilidad genética para la resistencia al carbón parcial, una enfermedad que requiere cuarentena y que afecta gravemente el desplazamiento de germoplasma. Para generar germoplasma resistente al carbón parcial, el CIMMYT formalizó un acuerdo de fitomejoramiento con la Universidad Agrícola del Punjab (p. 42).
- En el Programa de Economía, un análisis de la variabilidad de los rendimientos de trigo entre 1951 y 1986 en 57 países, demostró que variables tecnológicas tales como la adopción de variedades de alto rendimiento no influían en las diferencias de la variabilidad del rendimiento en esos países. Además, los resultados del estudio indicaron que la variabilidad del rendimiento se ha reducido desde 1975, en particular en los países en desarrollo más grandes donde han sido rápidos los cambios tecnológicos en la producción de trigo (p. 54).

### Aspectos económicos más destacados

El factor más significativo que afecta la economía del CIMMYT sigue siendo el efecto combinado de la inflación y los tipos de cambio en México. Durante 1988, el valor del peso en relación con el dólar se mantuvo prácticamente constante, mientras que la inflación nacional llegó al 50%. Esta situación provocó un aumento considerable de nuestros costos locales y tuvimos que solicitar una fuerte cantidad al fondo de estabilización del CGIAR, lo cual contribuyó en gran parte a elevar los ingresos del presupuesto básico y de proyectos especiales en un 10%, o sea, US\$3.3 millones, en 1988.

Más adelante en este informe aparece el Estado financiero preparado por auditores externos, que muestra la situación económica del Centro al final del año y los efectos del flujo financiero durante el año. El activo total aumentó 9% en relación con 1987, cambio que se reflejó en el efectivo de caja y los depósitos a corto plazo. Los bienes, las instalaciones y el equipo. Durante el año se inició la construcción de un laboratorio de biotecnología y los pagos por adelantado hechos por los donantes produjeron a fin de año saldos de caja más elevados que los habituales. Estos saldos, en combinación con las tasas de interés crecientes, permitieron obtener intereses más elevados de las inversiones a corto plazo.

### Conclusiones

La conservación y utilización de los recursos fitogenéticos son fundamentales para cumplir la misión del CIMMYT: crear nuevas opciones para los países. Los problemas son complejos, pero las oportunidades abundan. Presentamos nuestros comentarios y los de nuestro ensayista invitado con la intención de contribuir a lograr un consenso. Esperamos que nuestros donantes, centros hermanos y colegas los consideren como una aportación útil y constructiva al debate internacional sobre los recursos fitogenéticos.



Donald L. Winkelmann  
Director General

Abril de 1989

## Punto de vista Perspectivas en cuanto a los recursos genéticos

Sir Otto Frankel, Investigador Honorario,  
División de la Industria de las Plantas, Organización para  
Investigaciones Científicas e Industriales de la Comunidad  
Británica (CSIRO), Australia

Los recursos fitogenéticos se han convertido en tema de controversia política y económica que está muy lejos de los problemas de la conservación que motivaron el "movimiento de los recursos genéticos".

Hoy día, los recursos fitogenéticos ocupan un lugar destacado en el interés público, especialmente en Estados Unidos. En todo el mundo, se han convertido en el tema de controversias políticas y económicas, muy alejadas de los problemas de conservación y utilización que motivaron el "movimiento de los recursos genéticos". Sin embargo, hace cien años los comienzos fueron bastante modestos. Las colecciones de germoplasma se iniciaron como colecciones de trabajo de los fitogenetistas, constituidas por variedades de desempeño comprobado, líneas para el mejoramiento e introducciones obtenidas en diversos lugares.

En la década de los 20, se abre una nueva dimensión con el descubrimiento de centros geográficos de diversidad genética efectuado por Vavilov y con las colecciones extensas y ampliamente representativas de germoplasma reunidas y estudiadas en forma intensiva por ese investigador. Los descubrimientos de Vavilov no estimularon actividades en otros sitios hasta que se comprendió que la introducción de variedades modernas, como parte del acelerado desarrollo agrícola posterior a la Segunda Guerra Mundial, provocaba la rápida sustitución de la multitud de variedades crollas tradicionales que había descubierto el investigador.

La difusión del interés científico e, incidentalmente, del término "recursos genéticos", comenzó en 1967 con una Conferencia Técnica en la sede de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en Roma, que reunió a científicos de muchos países y dio como resultado la formulación de principios científicos, metodologías y estrategias de exploración, conservación, evaluación y documentación. Las obras publicadas como secuela de esta conferencia y de otra realizada en 1973 (Frankel y Bennett, 1970; Frankel y Hawkes, 1975), sentaron las bases para los avances del siguiente decenio. La creación del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR) por el Comité Asesor Técnico (CAT) del CGIAR, la responsabilidad que asumieron los centros internacionales de investigación agrícola por los recursos genéticos de sus cultivos y la amplia participación de las instituciones nacionales, generaron un marco organizativo que ha resultado



Sir Otto Frankel, CSIRO, Australia.

razonablemente eficaz. El IBPGR ha llevado a cabo con éxito una serie de actividades, entre ellas el fomento y apoyo de la recolección de germoplasma en una escala sin precedentes, el establecimiento de un sistema mundial para la conservación de semillas, la promoción de investigaciones, una auténtica biblioteca de publicaciones útiles, así como la cooperación y asesoramiento técnicos de diversos tipos.

Como ya se mencionó, en los últimos años el desempeño del sistema de recursos genéticos ha sufrido críticas a nivel administrativo y político. Los problemas particulares planteados son la participación de organismos locales y nacionales, la propiedad de los recursos genéticos y el acceso a ellos, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. En un intento de reconciliar los distintos puntos de vista expresados en esta controversia (Kloppenborg, 1988), el Centro Keystone convocó a un diálogo entre los representantes de la comunidad de recursos genéticos y los comentaristas y críticos de las esferas sociales y políticas. El análisis que presento a continuación está basado en el informe de esa reunión (Keystone Center, 1988). En este trabajo se examinan éstos y otros asuntos

Las opiniones aquí expresadas son las del autor y no necesariamente reflejan las de la Secretaría del CGIAR y el CIMMYT.

del manejo de los recursos genéticos mundiales, en el que los centros internacionales desempeñan una función importante.

### Estado actual de las colecciones de germoplasma

Las colecciones de germoplasma constituyen el área central de las actividades relacionadas con los recursos genéticos. Lo que no está incluido en una colección o no está disponible *in situ*, no tiene importancia funcional para el fitomejoramiento u otras investigaciones o aplicaciones. Además, lo que contienen las colecciones o lo que está ausente de ellas influye en la orientación de nuevas recolecciones.

No cabe duda de que han crecido el número y volumen de las colecciones de germoplasma y que su manejo ha mejorado. Se hizo hincapié en las variedades criollas porque su existencia se ve amenazada en muchos países en desarrollo, en los países desarrollados, han desaparecido en su mayoría, si bien persisten algunas en las colecciones más antiguas. Los centros internacionales de investigación agrícola asumieron una función fundamental en relación con sus cultivos y su labor fue apoyada por instituciones nacionales, tanto antiguas como recientes, muchas de ellas en los países en desarrollo. El IBPGR estableció una "red mundial de colecciones de base"; las colecciones activas han atraído recientemente la atención de ese organismo (véase más adelante).

### Variedades criollas y especies silvestres afines

Las colecciones de germoplasma de los cultivos principales y secundarios están constituidas básicamente por variedades criollas y variedades obsoletas. Ahora que se ha logrado en cierta medida reunir colecciones representativas de variedades criollas de muchos cultivos y que se han despertado el interés por las especies silvestres afines y la preocupación por su conservación, ha llegado el momento de reconsiderar las prioridades en cuanto a la recolección. Confirman esta necesidad el empleo creciente de especies silvestres, la difusión de los programas de premejoramiento y la probabilidad de que se aplique extensamente la tecnología molecular. No obstante, es preciso que se impongan el sentido común y las consideraciones prácticas para mantener las colecciones de especies silvestres afines dentro de los límites de lo que se puede utilizar y manejar. Al formar esas colecciones, se podrían aplicar los principios del establecimiento de una colección central (véase más adelante).

El "premejoramiento" o "enriquecimiento del germoplasma" — la incorporación de genes "extraños" en variedades más o menos adaptadas — desempeñará una función importante en la conversión de las especies silvestres en materiales aceptables para el fitomejoramiento. El CIMMYT y otros centros internacionales ahora realizan el premejoramiento, principalmente de variedades criollas, en las poblaciones distribuidas a los fitogenetistas de muchos países.

### El sistema mundial: Colecciones de base y activas

Las colecciones de base y activas fueron definidas por el Grupo de Expertos de la FAO para la Exploración e Introducción de Plantas como componentes que interactúan en el sistema propuesto para los recursos genéticos. Las colecciones de base tienen el propósito de conservar el germoplasma, mientras que las colecciones activas lo ponen a disposición de los fitogenetistas y otros usuarios (FAO, 1970, 1973). Las colecciones de base se almacenan a baja temperatura, con instalaciones secundarias para la desecación, las pruebas de semilla, etc. Su función consiste en servir como depósitos seguros a largo plazo y como protección contra la pérdida o el agotamiento de los materiales de las colecciones activas, pero no suministran semillas a los usuarios. Se utilizan las colecciones activas para la multiplicación de materiales, la regeneración de las colecciones de base, la distribución a los usuarios, la caracterización, la evaluación preliminar y el sistema de registro. Estas colecciones activas requieren instalaciones de almacenamiento a mediano plazo con el fin de conservar los materiales para la reproducción, la distribución y las investigaciones.



*Las especies silvestres no constituyen la solución perfecta de los problemas que padecen sus parientes cultivados, como lo demuestran las esporas de roya en este espécimen de Aegilops spp., un pariente silvestre del trigo. Habrá que trabajar con ahínco para transferir sus características positivas a variedades mejoradas.*

Tiff Harris

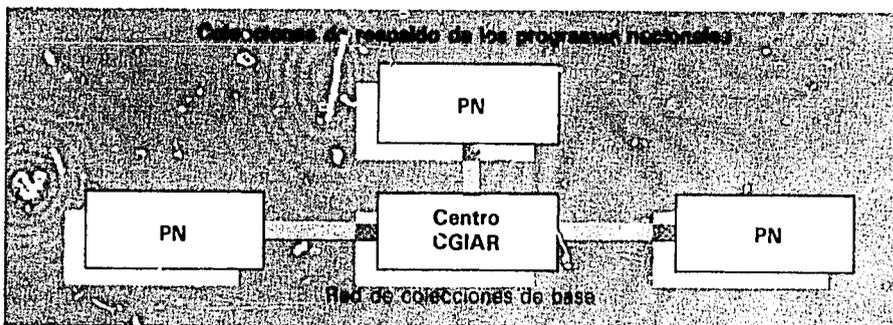
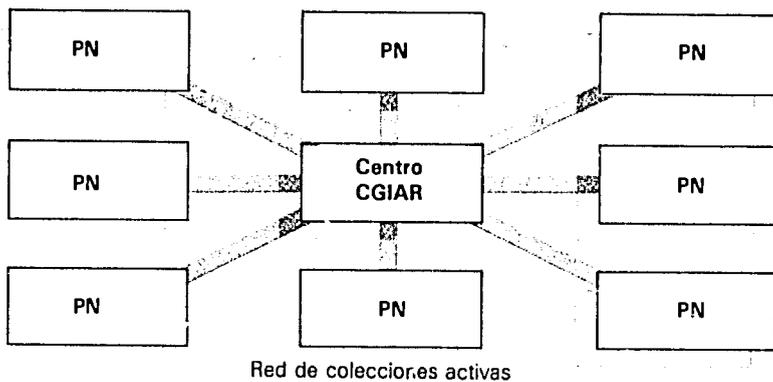
Estas definiciones han sido ampliamente adoptadas en principio. Las colecciones de base tienen funciones vitales a largo plazo, mientras que las colecciones activas ofrecen servicios esenciales inmediatos. Puede haber —y, de hecho, hay— colecciones (o centros) activas independientes, pero no puede existir —o fracasará— una colección de base sin una o más colecciones activas colaboradoras. A escala mundial, no es preciso contar con un gran número de colecciones de base si éstas están geográficamente distribuidas para facilitar la seguridad y el acceso. Por el contrario, las colecciones activas deben estar muy difundidas y en estrecho contacto con los usuarios. Se designará una de ellas (o más, según la difusión de una especie) como colección activa principal que interactúa con la colección de base y red de información respectivas. Las colecciones de base y activas a menudo están en una misma institución, como sucede en algunos centros internacionales, pero también pueden encontrarse en instituciones diferentes, como las del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

Estos conceptos aún están "en los libros", como lo demuestra el uso frecuente de los términos. El IBPGR estableció un sistema de colecciones de base sustentado en los cultivos, con la colaboración de los centros e institutos nacionales que cuentan con colecciones mundiales o regionales considerables y de varios centros internacionales. El motivo probable fue que no se disponía de fondos nacionales o internacionales para establecer y mantener una pequeña cantidad de colecciones de base de múltiples cultivos como se había planeado, a pesar de que, como se señaló antes, un número mucho más pequeño de laboratorios de almacenamiento muy eficientes podría haber salvaguardado el germoplasma del mundo en forma más eficaz que una plétora de laboratorios más pequeños, cuyo desempeño es en algunos casos bastante deficiente, como se ha comprobado ahora. Un hecho aún más importante es que, si esos laboratorios no hubieran tenido las responsabilidades de las colecciones de base, en muchas de las colecciones basadas en los cultivos se hubiera hecho hincapié en las colecciones activas y se hubieran establecido los servicios de los que depende la utilización por los fitogenetistas.

Cualquiera que sea el motivo, parece que la falta de énfasis en las colecciones activas fue causa de las mayores deficiencias del sistema observadas por el director del IBPGR, el Dr. J.T. Williams (Williams, 1989). De todos modos, el IBPGR ha comenzado a compensar el desequilibrio entre las colecciones de base y las activas. En un breve párrafo de su último informe anual (IBPGR, 1988), se señala: "ahora que la red mundial de colecciones de base está en gran parte establecida, es lógico que los esfuerzos se vuelquen a la instauración de una red adecuada de colecciones activas". Finalmente, se integrarán las dos redes. Podemos decir en términos comerciales que lo que se necesita es una "consolidación" de las colecciones de base y una "absorción" de la red por las colecciones activas. Sin embargo, esto requerirá tiempo y diplomacia.

Se puede concebir una red de colecciones activas basadas en los cultivos y localizadas donde se puedan sembrar con éxito la totalidad de las especies de un cultivo o una parte de ellas. Uno o más de esos centros serían designados centros principales para una especie y estarían vinculados con la colección de base responsable del almacena-miento a largo plazo de ese cultivo. Las funciones de los centros activos serían las esbozadas antes en esta sección e incluirían también el establecimiento de vínculos con otros centros de colecciones activas del mismo cultivo y, en colaboración con éstos, la iniciación de la caracterización y las bases de datos. La función de las colecciones activas principales sería cumplida por los institutos nacionales, como sucede en la actualidad con las colecciones de base. Los centros internacionales que participan en la red ya desempeñan las funciones de colecciones activas principales de sus cultivos.

Partes seleccionadas de la colección activa del Centro que conservan los programas nacionales (PN)



**El CIMMYT y otros centros del CGIAR comienzan a funcionar como una red en cuanto al manejo de las colecciones de germoplasma activas y de base. Las primeras garantizan la supervivencia de la diversidad genética representada en la colección, y las segundas promueven la utilización de los materiales de los bancos mediante la caracterización, evaluación y distribución del germoplasma, y el intercambio de información.**

## Colecciones nacionales

Las colecciones nacionales son, o deben ser, el pilar del sistema. Deben estar vinculadas con otras colecciones activas del mismo cultivo (o cultivos) del cual se ocupan, hacer hincapié en la caracterización de sus accesiones, cooperar con los especialistas científicos y fitomejoradores en la evaluación (véase la sección siguiente) y mantener una base de datos. Si bien la participación en el sistema internacional representa un beneficio mutuo, los centros nacionales deben considerar el apoyo a los fitomejoradores como su primera responsabilidad. Esto puede implicar la introducción de los materiales que necesitan los fitomejoradores en sus programas y mantener un grado de representación de los materiales autóctonos superior al apropiado para una colección mundial.

Este bosquejo de las colecciones nacionales coincide en general con el proporcionado en el Informe Keystone (Keystone Center, 1988), con la excepción de un importante problema. El informe, de acuerdo con el espíritu del Compromiso Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos de la FAO (ver más adelante), estipula que "cada país debe tener una política nacional bien definida en relación con los recursos fitogenéticos y un instrumento eficaz y adecuadamente respaldado...". Esto tendría un dudoso valor para los países que no cuentan con un programa activo de fitomejoramiento, ya que parecería algo inútil dedicar el escaso personal técnico a la recolección de recursos genéticos para los cuales no existe aplicación en la actualidad. El Informe Keystone reconoce esta dificultad y propone que "el apoyo para la conservación de los recursos genéticos se complementa con el apoyo a las actividades fitotécnicas". Sin embargo, establecer una firme base fitotécnica requiere tiempo, en particular cuando el escaso personal técnico realiza también actividades relacionadas con los recursos genéticos. En esas circunstancias, parecería razonable otorgar prioridad a desarrollar la base fitotécnica. Los recursos amenazados que sea preciso reunir pueden ser salvados con la colaboración de países vecinos u organismos internacionales. Las actividades vinculadas con los recursos genéticos deben llenar una necesidad nacional, y no deben constituir un símbolo de prestigio.

¿Realmente hay necesidad de que cada país cuente con un programa propio? Australia está constituida por seis estados, los más pequeños del tamaño promedio de los países europeos, pero tiene un solo programa de recursos genéticos. Por su parte, los países europeos han establecido un único programa conjunto. Un solo instituto adecuadamente dotado de personal y fondos que atienda las necesidades de países vecinos podría ser una buena solución, más eficaz que varios centros independientes de segunda categoría. Sin duda, los fondos son útiles, pero la calidad del personal es más importante y escasa y no se puede comprar fácilmente.

## Evaluación

La caracterización y evaluación producen información requerida por los fitomejoradores y otros usuarios para seleccionar las accesiones que emplean en su trabajo. La caracterización consiste en un registro de la morfología de la planta que, surnado a los datos de origen (su "pasaporte"), facilitan la identificación de una accesión. La evaluación describe el ciclo biológico de la planta, incluidas sus interacciones con otros organismos, y su desempeño. El medio donde se efectúan las pruebas tiene una importancia vital; es poco probable que los datos climatológicos comparativos representen una ayuda para el fitomejorador, como sugiere el IBPGR (Williams, 1989). Idealmente, la evaluación para detectar las características muy afectadas por factores ambientales se debe efectuar en el propio medio del fitomejorador, como hacen los centros internacionales. No obstante, en general el fitomejorador y el conservador trabajan en forma independiente. Los fitomejoradores insisten en que son los conservadores quienes deben realizar la evaluación necesaria para que las colecciones resulten asequibles para los usuarios.

De hecho, la evaluación es, y debe ser, una actividad de cooperación multidisciplinaria en la que participan especialistas en diversos campos — citogenética, fisiología, patología, entomología, bioquímica y agronomía— coordinados por el conservador, quien también es responsable de la base de datos resultante. Con demasiada frecuencia, falta el vínculo esencial con la aplicación: los fitomejoradores. La misión de éstos es señalar la orientación, el propósito de la actividad, y confirmar la validez de la información en sus programas y en sus medios.

Los centros internacionales han demostrado que esos procedimientos son no sólo viables sino también factibles y dan buenos resultados para beneficio de los fitomejoradores de los países en desarrollo, especialmente cuando los programas regionales aplican esos resultados en sus propios medios. Sin embargo, dichos procedimientos les parecen demasiado costosos y complicados a algunos fitomejoradores de organismos privados, quienes consideran que la evaluación es responsabilidad de las instituciones públicas. Pese a esto, la falta de participación de los fitomejoradores es la causa de que en la práctica del mejoramiento se usen las colecciones sólo en una medida moderada. Sería razonable esperar que las empresas más grandes de mejoramiento contribuyeran a la investigación y el desarrollo, como hacen otras industrias. Para un análisis más completo de este aspecto, véase el trabajo de Frankel (1989).

---

Entre los especialistas que deben participar en la evaluación de los recursos genéticos figuran los fitomejoradores, elemento fundamental para la aplicación de esos recursos.

---

---

La concientización del público y su respaldo son esenciales para que el movimiento internacional de recursos genéticos cobre auge, pues no puede desarrollarse en un vacío social.

---

### **Colecciones centrales**

Ya se ha mencionado el mayor tamaño de las colecciones existentes de las especies de cultivo. Aun las más grandes tendrán un déficit que merece atención, pero es probable que la mayoría de los alelos (a menos que sean extremadamente raros) de los cultivos principales y secundarios estén representados en las accesiones actuales de las colecciones. (Una laguna importante, como se señaló antes, es la inadecuada representación de las especies silvestres afines).

Si bien éste es un pensamiento reconfortante, se ha indicado que el gran número de accesiones obstaculiza más que facilita el estudio a fondo necesario para la utilización eficaz de una colección. El problema consiste en reducir esas cantidades sin que la pérdida de información genética exceda los límites tolerables. Hemos propuesto establecer una "colección central" constituida por cerca del 10% de las accesiones de una colección. La colección central debe ser tan representativa como se pueda lograr con la información disponible: datos de origen o "pasaporte" usados en el sistema del IBPGR, información biogeográfica, datos de la caracterización y, cuando sea posible, marcadores genéticos. Esa colección central servirá para la evaluación detallada y la investigación; se conservará el resto de la colección como reserva para investigaciones posteriores y para buscar alelos raros (Frankel y Brown, 1984).

Se ha ahondado en esta idea (Brown, 1989), que ha despertado gran interés, pero, hasta donde sabemos, sólo ha tenido una aplicación práctica limitada; Hamon y von Sloten (1989) establecieron una colección central de quimbombó (en inglés, *okra*). Es de esperar que se creen colecciones centrales a partir de colecciones o partes de éstas que cuentan con amplios datos de pasaporte. Una vez que se disponga de colecciones centrales confiables, será posible distribuir las a todos los países o instituciones que realizan investigaciones o actividades fitotécnicas, con el fin de brindar acceso a recursos genéticos que ahora se encuentran muy distantes desde el punto de vista geográfico y, probablemente, ecológico.

### **Cultivos secundarios y de autoconsumo: Las actividades locales y la conservación del germoplasma**

En los países y cultivos en los que el fitomejoramiento moderno o las variedades introducidas desde otros sitios no han desplazado a las variedades criollas tradicionales, los recursos genéticos para el mejoramiento son las poblaciones autóctonas y sus componentes. Esto es útil para la composición de las colecciones nacionales de germoplasma, en contraste con las colecciones mundiales (véase lo anterior). También es útil para las comunidades locales que pueden estar directamente involucradas. En los

trabajos de P.R. Mooney y el Informe Keystone (Keystone Center, 1988), se han examinado las "actividades locales" como componente básico de la conservación genética.

Es necesario definir el material en cuestión y considerarlo primero los cultivos básicos, como los cereales. El informe incluye "variedades criollas libres" y ecotipos con adaptación local, haciendo hincapié en la resistencia a las enfermedades; ese material "tal vez pueda competir con las variedades modernas de alto rendimiento". De hecho, éste puede ser el caso cuando las variedades introducidas no están adaptadas al lugar y/o es inadecuada la provisión de nutrientes; sin embargo, es probable que los rendimientos sean bajos. Ciertamente, es preciso incluir las variedades criollas típicas de los principales cultivos en una colección nacional, pero las sutiles diferencias entre las variantes locales no justifican que se les conserve ya que es imposible identificarlas en un programa fitotécnico.

No obstante, las variantes producidas mediante las "actividades locales" para el consumo local, pueden constituir un elemento importante. El aporte probable de la selección local o familiar consiste en satisfacer las preferencias en cuanto al gusto. Nuestras papilas gustativas son mucho más sensibles que nuestras básculas y las preferencias por determinados sabores, especialmente en las poblaciones rurales, tienen un considerable valor social. Hace 30 años, en la Encuesta Botánica de la India en Poona me informaron que estaban reuniendo variedades familiares de arroz seleccionadas de acuerdo con los gustos locales. Sin embargo, éstos son tesoros transitorios y nos preguntamos si sobrevivieron al advenimiento de las variedades semienanas de alto rendimiento. De hecho, a pesar de la preferencia por las variedades criollas, las variedades de trigo y arroz de alto rendimiento las han sustituido casi por completo.

Es diferente la situación de las especies hortícolas tropicales "que dan sustento" y que se cultivan para el autoconsumo o el mercado local. En este caso el rendimiento tiene una importancia secundaria en comparación con el sabor, la apariencia, la conservación de la calidad, la madurez y muchos otros aspectos. Estas características son fácilmente observables y algunas son muy heredables. Su selección refleja la individualidad de las familias y posiblemente se remonta a varias generaciones. Proporciona interés y satisfacción y, en conjunto, tiene valor social. Ese esfuerzo revela diferencias genéticas que vale la pena conservar en bancos de genes nacionales para su empleo directo y para el fitomejoramiento cuando se lleva a cabo. No obstante, las complicadas medidas propuestas en el Informe Keystone, como el almacenamiento de semillas, los cursos de capacitación, los seminarios y talleres, etc., parecen algo exageradas. Es dudoso que las personas que tienen la voluntad y la capacidad para realizar un programa eficaz de selección se sientan satisfechas o se benefician con la formalización;

también es incierto que el producto mejore en forma considerable, o que asignar el escaso personal técnico a orientar esas actividades resulte más provechoso que destinarlo al fitomejoramiento metódico.

### **Conciencia, controversia y apoyo**

Si se desea lograr "el despegue" de una iniciativa internacional como el movimiento relacionado con los recursos genéticos, es esencial que existan una amplia conciencia y apoyo por parte del público. Un movimiento de ese tipo no puede progresar en un vacío social. Como se señaló en la introducción, en los 60 y comienzos de los 70 se había generado la información científica pertinente y se contaba con el respaldo de la FAO, pero prácticamente no se había apelado a los gobiernos y al público interesado. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, realizada en Estocolmo en 1972, con sus resoluciones enérgicas sobre la conservación genética, facilitó el ingreso al ámbito político y produjo mucha publicidad. El CAT, alertado por M. S. Swaminathan, logró convencer al CGIAR para que creara el IBPGR. Correspondió a este nuevo organismo oficial llevar el mensaje a los gobiernos, la comunidad científica y el público.

Sin embargo, ninguno de estos esfuerzos se aproximó a los efectos logrados por el pequeño libro de P.R. Mooney, *Seeds of the Earth* (1979),

que orientó el interés y la conciencia acerca del problema en todo el mundo. Mooney afirmó que los países desarrollados, "pobres en genes", habían robado la herencia genética de los países en desarrollo, "ricos en genes", y ahora impedían a éstos el acceso a los productos introduciendo disposiciones restrictivas en cuanto a los Derechos de los Fitomejoradores. A pesar de que la evidencia señalaba que era en gran parte errónea (Frankel, 1981) y muchos de los argumentos y reclamaciones no eran válidos o realizables (W.L. Brown, 1988), bastaron para convencer a los políticos del Tercer Mundo, que iniciaron una acre controversia en la FAO, a la cual se unieron economistas y abogados (Kloppenbug y Kleinman, 1987; Kloppenbug, 1988). En 1983, la FAO estableció el Compromiso Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos con el propósito de salvaguardar el acceso universal a todo tipo de recursos genéticos, y creó una Comisión para ponerla en práctica. La mayoría de los países desarrollados no se integraron o plantearon sus reservas. Witt (1985) presenta una breve descripción de estos acontecimientos.

Con la intención declarada de lograr el consenso en cuanto a recomendaciones para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos como un plan básico para el futuro, la Fundación Keystone reunió a los protagonistas de la controversia y las instituciones vinculadas



Thomas Luba

*Las variantes locales de las especies de la horticultura tropical "que dan sustento", como la calabaza que aparece aquí, tienen un lugar importante en las colecciones de recursos genéticos. En las zonas rurales, la colección de las variedades cultivadas a menudo se basa más en su sabor que en su rendimiento, y la selección efectuada durante siglos por los agricultores ha producido variantes locales con un valor social considerable.*

con los recursos genéticos. Si el propósito del Diálogo fue convocar a las partes contendientes y poner fin a la "guerra de las semillas", la Declaración sobre los Recursos Fitogenéticos (Keystone International Dialogue, 1988) indica que se logró ese objetivo. En primer término, el concepto de compensación no se menciona y parece una cuestión ya descartada; en segundo lugar, se defiende con energía el concepto de libre intercambio. No se mencionan las líneas de los mejoradores ni los materiales con ciertas características, un obstáculo importante en el Compromiso. Por último, se propone la creación de un fondo internacional para apoyar no sólo la labor relacionada con los recursos genéticos sino también el fitomejoramiento en los países en desarrollo, en mi opinión un requisito para realizar actividades vinculadas con los recursos genéticos (véase la sección anterior sobre las colecciones nacionales).

Estos son aportes constructivos, pero, como plan básico para futuras actividades científicas, el informe completo (Keystone Center, 1988) ofrece poco que no se haya dicho antes. La extensa descripción de aspectos de la organización parece más un catálogo de posibles medidas que un programa de las que son necesarias y urgentes. Se hace mucho hincapié en las actividades locales, ya analizadas en una sección anterior. El informe Keystone no hace distinción entre los cultivos básicos, en los que se debe subrayar la

productividad, y los hortícolas, en los que pueden predominar criterios de valor social más que económico. La organización regional, que ocupa un lugar destacado en el informe, no ha tenido éxito. No obstante, a pesar de sus normas doctrinales más que prácticas, el informe señala el final de una controversia debilitadora en la que no tomaron parte los científicos que realizan la labor.

¿Existen resultados positivos? Como en todas las guerras, hay muy poco que sea constructivo: posiblemente un mayor interés en algunos países desarrollados, tal vez un aumento de los fondos, incluso para el fitomejoramiento, y, probablemente, colecciones de base que se adjudicarán a la FAO para asegurar que no se limitará el acceso internacional a una colección. Sin duda ha crecido la conciencia pública de la importancia de los recursos genéticos en los países desarrollados, en particular en Estados Unidos. Después de años de relativa indiferencia, éste es un fenómeno curioso. Si bien es algo que debe complacer a todos los que participan en la labor con recursos genéticos, nos preguntamos cuál es la causa de ese fervor casi religioso. Como ya se destacó, los recursos genéticos están ahora mucho más seguros y disponibles que nunca. Se conservan grandes colecciones de variedades criollas, precisamente cuando se cuestiona, al menos en el caso de los cultivos principales, su utilidad como materiales para el fitomejoramiento, en comparación con la de las especies silvestres afines. ¿Ha llegado el momento de efectuar una reevaluación de las necesidades y usos futuros para equilibrar los recursos genéticos?

### El futuro

En un excelente libro sobre los bancos de genes, Plucknett et al. (1987) presentan una panorámica perspicaz y realista de las necesidades y probables acontecimientos en el futuro. Agregaré unos comentarios de carácter más bien especulativo:

(i) En la actualidad se tiende a establecer "macrocolecciones" con el propósito de salvaguardar "el 90% de la variación restante" (Plucknett et al., 1987). Existe una tendencia opuesta hacia las "microcolecciones" representativas, introducidas como colecciones centrales (Frankel y Brown, 1984). En el futuro, probablemente se encuentren formas de reducir la diversidad útil a microescalas. Las bibliotecas de ADN contienen la diversidad en una escala mucho más pequeña que los bancos de genes.

**Froylán Rincón (IBPGR)**  
participa en el recorrido de  
vigilancia anual del CIMMYT,  
que tiene por objetivo  
determinar el estado en que se  
encuentran las poblaciones de  
especies silvestres  
emparentadas con el maíz y  
recoleccionar semilla.



Kathryn Eisesser

(iii) Las especies silvestres ocuparán el lugar de las variedades criollas, especialmente en el caso de los cereales muy investigados. Esto se verá facilitado en primer término por el extenso premejoramiento ("bibliotecas de enriquecimiento") y, en segundo, por la transformación. Se necesitarán colecciones *ex situ* para las investigaciones y el mejoramiento; es costoso e innecesario mantener grandes colecciones de especies silvestres. ¿Qué importancia tiene que se pierda una rara especie afín que está en peligro? Sin embargo, *la conservación in situ de todas las formas de vida es esencial*: se han obtenido genes valiosos de microorganismos.

(iii) Los descubrimientos científicos avanzan a una velocidad pasmosa. El verdadero futuro de los recursos genéticos y su aplicación se determina en laboratorio: muy alejados de las colecciones de germoplasma. La utilidad de los recursos genéticos puede aumentar, como sucedió con el ADN recombinante o pueden volverse por completo superfluos.

## Referencias

- Brown, A.H.D. 1989. The case for core collections. In: A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall y J.T. Williams, eds. *The Use of Plant Genetic Resources*, 136-156. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brown, W.L. 1988. Plant genetic resources: A view from the seed industry. In: J.R. Kloppenburg, ed. *Seeds and Sovereignty*, 218-230. Durham: Duke University Press.
- FAO. 1970. Report of the fourth session of the FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction. Roma: FAO.
- FAO. 1973. Report of the fifth session of the FAO Panel of Experts on Plant Exploration and Introduction. Roma: FAO.
- Frankel, O.H. 1981. Maintenance of gene pools. Sense and nonsense. In: *Evolution Today*, Proceedings of the Second International Congress of Systematic and Evolutionary Biology, 387-392. Pittsburgh: Hunt Institute for Botanical Documentation, Carnegie-Mellon University.
- Frankel, O.H. 1989. Principles and strategies of evaluation. In: A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall y J.T. Williams, eds. *The Use of Plant Genetic Resources*, 245-260. Cambridge: Cambridge University Press.
- Frankel, O.H. y E. Bennett, eds. 1970. *Genetic Resources in Plants: Their Exploration and Conservation*. IBP Handbook No. 11. Oxford y Edimburgo: Blackwell.
- Frankel, O.H. y A.H.D. Brown. 1984. Current plant genetic resources—A critical appraisal. In V.L. Chopra, B.C. Joshi, R.P. Sharma, H.C. Bansal (eds.). *Genetics: New Frontiers*. Proceedings of the XV International Congress of Genetic. Volume IV, pp. 3-13. IBH Publ. Co., Oxford and New Delhi.
- Frankel, O.H. y J.G. Hawkes, eds. 1975. *Plant Genetic Resources for Today and Tomorrow*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Harmon, S. y D.H. van Sloten. 1989. Characterization and evaluation of okra. In: A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall y J.T. Williams, eds. *The Use of Plant Genetic Resources*, 136-156. Cambridge: Cambridge University Press.
- IBPGR. 1988. Annual Report 1987. Roma: Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Keystone International Dialogue. 1988. Statement of Participants. Diversity Number 15.
- Keystone Center. 1988. Final report of the Keystone International Dialogue on Plant Genetic Resources. Colorado: Keystone.
- Kloppenbunrg, J.R., ed. 1988. *Seeds and Sovereignty*. Durham: Duke University Press.
- Kloppenbunrg, J. (h) y D.L. Kleinman. 1987. The plant germplasm controversy: Analyzing empirically the distribution of the world's plant genetic resources. *BioScience* 37: 190-198.
- Mooney, P.R. 1979. *Seeds of the Earth: A Private or Public Resource?* Ottawa: International Coalition for Community Action, Inter Pares.
- Plucknett, D.L., N.J.H. Smith, J.T. Williams, y N.M. Anishetty. 1987. *Gene Banks and the World's Food*. Princeton University Press, Princeton.
- Williams, J.T. 1989. Practical considerations relevant to effective evaluation. In A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall, J.T. Williams (eds.). *The Use of Plant Genetic Resources*, pp. 235-244. Cambridge University Press, Cambridge.
- Witt, S.C. 1985. *BriefBook: Biotechnology and Genetic Diversity*. San Francisco: California Agricultural Lands Project.

## Perspectiva nacional

### Conservación de los recursos genéticos de maíz en México



**Efraim Hernández Xolocotzi, quien recibió el premio de la Sociedad Botánica Económica al Botánico Economista Distinguido de 1986, y la Medalla en Memoria de Frank N. Meyer en 1987.**



Por gentileza de Diversity

Entre sus tesoros, México cuenta con una amplia gama de cultivos alimentarios (como el maíz, el frijol, la calabaza, el tomate, el chile y el aguacate) y tradiciones agrícolas que datan de varios siglos atrás. Según Garrison Wilkes, quien por mucho tiempo ha estudiado el maíz y sus parientes silvestres en México, una característica esencial de esas tradiciones es la "relación entre el labrador y la planta" (relación etnobotánica), que se mantiene a través de la selección que hacen los agricultores de la semilla para la siembra.

Esta "sensibilidad hacia la planta", como la llama Wilkes, ha sobrevivido a la tendencia de los últimos decenios hacia el monocultivo y la introducción de variedades nuevas de mayor rendimiento, ambos necesarios a causa del rápido crecimiento demográfico. Sin embargo, a medida que los agricultores han respondido a la necesidad de intensificar la producción, las instituciones científicas del país han asumido cada vez más la responsabilidad de conservar los recursos fitogenéticos desplazados en el proceso. De hecho, algunos de los fundadores de esas instituciones trabajaban para conservar y utilizar la diversidad genética del maíz, el cereal básico de México, ya en el decenio de 1930, mucho antes de que este tipo de labor se convirtiera en tema de controversias internacionales o aun de preocupación difundida en la comunidad científica mundial.

La primera recolección de maíz autóctono con fines fitotécnicos fue realizada en el decenio de 1930 por dos distinguidos científicos agrícolas mexicanos, los ingenieros Edmundo Taboada y Eduardo Limón, en la Oficina de Estaciones Experimentales, en esa época el organismo de investigación de la Secretaría de Agricultura donde ambos trabajaban. Taboada y Limón reunieron una gran cantidad de razas indígenas en la región central de México y, a partir de ellas, generaron las primeras variedades mejoradas de polinización libre del país (algunas se usan aún como materiales genotécnicos) y numerosas líneas endogámicas.

En el decenio de 1940, se efectuó una recolección más extensa de maíz en el programa conjunto de investigación agrícola y capacitación del gobierno de México y la Fundación Rockefeller. Gran parte de esta labor fue realizada por científicos mexicanos, que recogieron muestras de semilla en prácticamente todas las zonas productoras de maíz en México. En las recolecciones realizadas en los valles altos del centro del país participaron también estudiantes

de la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo. Según E. J. Wellhausen (primer Director General del CIMMYT), las zonas más remotas constituían el coto específico de Efraim Hernández Xolocotzi (profesor emérito del Colegio de Postgraduados de Montecillo), quien "era particularmente hábil en descubrir los tipos raros cultivados y conservados para actividades ceremoniales y por otras razones." Hernández Xolocotzi aportó a esta tarea un profundo conocimiento de la ecología mexicana, del cultivo tradicional del maíz y de la función de los agricultores en el desarrollo de variantes del cereal. Fue coautor de la publicación *Razas de maíz en México*, donde presenta un esquema para clasificar en razas, según sus características morfológicas, fisiológicas y citológicas, las variedades criollas reunidas durante ese período; posteriormente realizó expediciones para recolectar especímenes en Colombia, Cuba, Ecuador, Guatemala y Perú.

Los esfuerzos de Hernández Xolocotzi y otros investigadores aseguraron que la colección del complejo mundial de germoplasma de maíz fuera la más completa de todos los cultivos alimentarios importantes. Gran parte de la diversidad que ellos reunieron se encuentra almacenada en dos bancos complementarios de germoplasma de maíz en México, uno manejado por el INIFAP y el otro por el CIMMYT. El banco de germoplasma a cargo del INIFAP se ha enriquecido con nuevas accesiones recolectadas por Hernández Xolocotzi, Rafael Ortega Paszka y otros investigadores. También ha sido sometido a estudios morfológicos y citológicos por T. Angel Kato, del Colegio de Postgraduados, Juan Manuel Hernández (el actual curador del banco) y otros científicos del INIFAP y el Colegio de Postgraduados, cuyo propósito es generar información que facilite el uso de las variedades criollas para mejorar el maíz. También están en marcha estudios sobre la evolución del maíz que realizan Salvador Miranda Colín y otros investigadores.

Ahora que la colección de esas variedades criollas está virtualmente completa y su evaluación y utilización muy avanzadas, la atención se centra más en los parientes silvestres. Como en el caso de las variedades criollas de maíz, México inició la conservación y estudio de los parientes silvestres hace muchos años. En 1977, el botánico Rafael Guzmán Mejía, quien, con el estímulo de la taxonomista botánica de la Universidad de Guadalajara, Luz María de Puga, inició una búsqueda que dio como resultado el

Preparado por personal del CIMMYT en colaboración con el Dr. Francisco Cárdenas Ramos, Director del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), México.

descubrimiento de la durante mucho tiempo perdida *Zea perennis* ( $2n = 40$ ), una especie perenne de teosintle, v, en 1978, el de una especie perenne totalmente nueva, *Zea diploperennis* ( $2n = 20$ ). El primer acontecimiento fue bastante importante, pero el segundo despertó enorme interés en la comunidad científica y recibió amplia publicidad en la prensa internacional. El hecho que atrajo la atención fue que *Z. diploperennis* posee el mismo número de cromosomas que el maíz y se cruza fácilmente con éste, lo que sugiere la posibilidad de transferir a la especie cultivada el hábito de crecimiento perenne de esa especie silvestre emparentada.

Una consecuencia importante del descubrimiento de este nuevo grupo taxonómico fue la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, establecida en 1987 por el gobierno mexicano, que abarca 140,000 ha de terreno montañoso escarpado en el estado de Jalisco. Los esfuerzos para crear la reserva fueron iniciados en 1979 por de Puga y Guzmán y por Hugh Illis, botánico de la Universidad de Wisconsin, quienes más tarde fueron apoyados por funcionarios universitarios mexicanos y personalidades públicas del país (entre ellos el ex gobernador del estado de Jalisco), diversos grupos ecologistas internacionales (como la Fundación Mundial para la Preservación de la Flora y la Fauna Silvestres) y muchos otros organismos y personas.

Apartar 140,000 ha de bosques fue una medida necesaria para la preservación *in situ* de *Z. diploperennis* (que no puede sobrevivir a menos que permanezca intacto todo el sistema que la sostiene) y los cientos de especies animales y vegetales de la reserva que constituyen una parte valiosa del patrimonio nacional. Sin embargo, además de las consideraciones puramente nacionales, el establecimiento de la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán ha asegurado a México un lugar en la campaña internacional para conservar las ecologías del planeta. Esta reserva es una de las dos que existen en México; ambas forman parte del Sistema de Reservas del Hombre en la Biósfera promovido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). En concordancia con los objetivos de este sistema, el grupo multidisciplinario del Laboratorio Natural Las Joyas lleva a cabo un programa de investigación en la reserva que combina las metas de preservación y desarrollo, una labor que, según la experiencia mexicana, es difícil, pero absolutamente esencial.

En el caso de la Reserva Sierra de Manantlán, parte de la dificultad reside en las complicadas disposiciones institucionales ocasionadas por su creación, en la cual intervinieron los gobiernos local, estatal y federal, la Universidad de Guadalajara y las comunidades que están dentro de la reserva o en sus alrededores. Esas disposiciones reflejan la convicción de que a todos conciernen la preservación y el desarrollo prudente de los recursos de la nación y de que todos son responsables de que la labor se realice en forma adecuada. Se hace particular hincapié en la participación local, porque los investigadores del Laboratorio Natural Las Joyas piensan que las metas de preservación y desarrollo no pueden ser impuestas a las comunidades sino que deben surgir de ellas. Una forma en que estos investigadores estimulan la participación local es un programa de educación pública que intenta infundir en las personas que viven en la reserva, sus alrededores y en todo el estado de Jalisco, la apreciación del valor de sus recursos naturales. Los investigadores están conscientes de que representa un gran compromiso y tomará tiempo convertir en realidad las ambiciosas metas de la Reserva Sierra de Manantlán, pero confían en que su participación y la de otros países en el sistema de reserva de la biósfera logrará, como señaló Guzmán, "revolucionar el concepto de conservación".

Por gentileza de Hugh Illis, Universidad de Wisconsin



**Rafael Guzmán Mejía recorrió exhaustivamente los bosques tropicales de la Sierra de Manantlán en busca de una especie perenne de teosintle perdida; gracias a su persistencia descubrió no sólo esa especie, sino también un grupo taxonómico totalmente nuevo.**



**La "sensibilidad a la planta" que caracteriza a las antiguas tradiciones agrícolas mexicanas ha sobrevivido la tendencia de los últimos decenios hacia el monocultivo y la introducción de variedades nuevas que rinden más.**

Thomas Luba

## Reseña de los programas

Un elemento importante que no ha sido muy evidente en el reciente debate acerca de los recursos fitogenéticos es la percepción de que éste y otros temas igualmente vitales para el desarrollo agrícola sostenido se complementan entre sí. Al hacer hincapié en la necesidad de preservar el germoplasma para las generaciones futuras, los participantes en el debate en gran medida no han tenido en cuenta que el bienestar del hombre depende también de la solución de un intimidante conjunto de problemas agronómicos y económicos. Por esa razón, la labor del Centro, si bien se centra en el mejoramiento de germoplasma, abarca además otros tipos de investigaciones.

A medida que la agricultura ha asumido una función más importante en el desarrollo, el CIMMYT ha hecho mayor hincapié en ayudar a los programas nacionales a aumentar la productividad de los recursos agrícolas en la investigación y en el campo.

### La estructura que sustenta la estrategia

La estrategia del CIMMYT para afrontar los problemas planteados por el mejoramiento del germoplasma (como se señaló en el Informe de la administración) y otras áreas de la investigación, se refleja en la estructura de su organización, que incluye tres programas de investigación - de Maíz, de Trigo y de Economía - y diversas unidades de servicio: Biometría, Biotecnología, Procesamiento de Datos, Estaciones Experimentales, Información, Laboratorios y Sanidad de Semillas. El personal de esos servicios está constituido por cerca de 140 científicos y especialistas, eficazmente asistidos por el personal local de apoyo, integrado por unas 850 personas. Aproximadamente 30% del personal del Programa de Trigo, 40% del de Maíz y más del 50% del de Economía trabajan en 17 localidades del Tercer Mundo, mientras que el resto está establecido en nuestra sede en México y periódicamente asesora a nuestros clientes en otras regiones. La mayor parte del personal que está en México se dedica al mejoramiento del germoplasma y actividades afines. El personal que está en el extranjero brinda apoyo a los

investigadores de distintos países dentro del marco de los programas regionales o proyectos bilaterales y realiza investigaciones sobre el mejoramiento del germoplasma, el manejo de los cultivos o aspectos económicos, que complementan el trabajo efectuado en la sede. Del total de investigadores en la sede y en el extranjero, un 70% se concentra en aspectos vinculados con el mejoramiento del germoplasma, y el resto, en problemas agronómicos y económicos.

Los resultados de esa labor conforman cinco productos y servicios destinados a los investigadores de los países en desarrollo:

- Germoplasma mejorado de maíz y de trigo para los principales medios de producción del Tercer Mundo (y accesiones no mejoradas provenientes de los bancos de germoplasma).
- Métodos de fitomejoramiento eficientes, investigación sobre el manejo de cultivos y toma de decisiones sobre cuestiones agrícolas.
- Nuevos conocimientos científicos surgidos de las investigaciones del CIMMYT y de otras personas.
- Capacitación de diversos tipos.
- Servicios de asesoramiento.

Aunque estas categorías no se han modificado mucho en el transcurso de los años, sí se han ampliado y, recientemente, hemos reinterpretado nuestro objetivo general al proporcionar esos servicios y productos. Durante la mayoría de sus 22 años de vida, el Centro se ha concentrado en aumentar la producción de cultivos como consecuencia de la preocupación mundial por el rápido crecimiento demográfico y el precario abastecimiento de alimentos en el Tercer Mundo. Sin embargo, a medida que la agricultura ha desempeñado una función más enérgica en el desarrollo (al ser considerada cada vez más como un "motor" del crecimiento), el CIMMYT ha hecho más hincapié en el apoyo a los programas nacionales para aumentar la productividad de los recursos agrícolas tanto en las investigaciones como en el campo.

### Germoplasma de adaptación amplia para diversos medios

Mucho antes que los científicos asumieran la responsabilidad fundamental del fitomejoramiento, los agricultores mejoraban en forma continua, pero lenta y a veces fortuita, el germoplasma de nuestros principales cultivos alimentarios, y lo transferían a otros lugares. Con el advenimiento del fitomejoramiento moderno, la hibridación al azar en los campos de los agricultores se complementó con los cruzamientos controlados en las estaciones experimentales y se aceleró el ritmo del mejoramiento. Hasta los últimos decenios, los programas de mejoramiento rara vez sobrepasaban las fronteras nacionales y, por consiguiente, sus productos estaban adaptados a

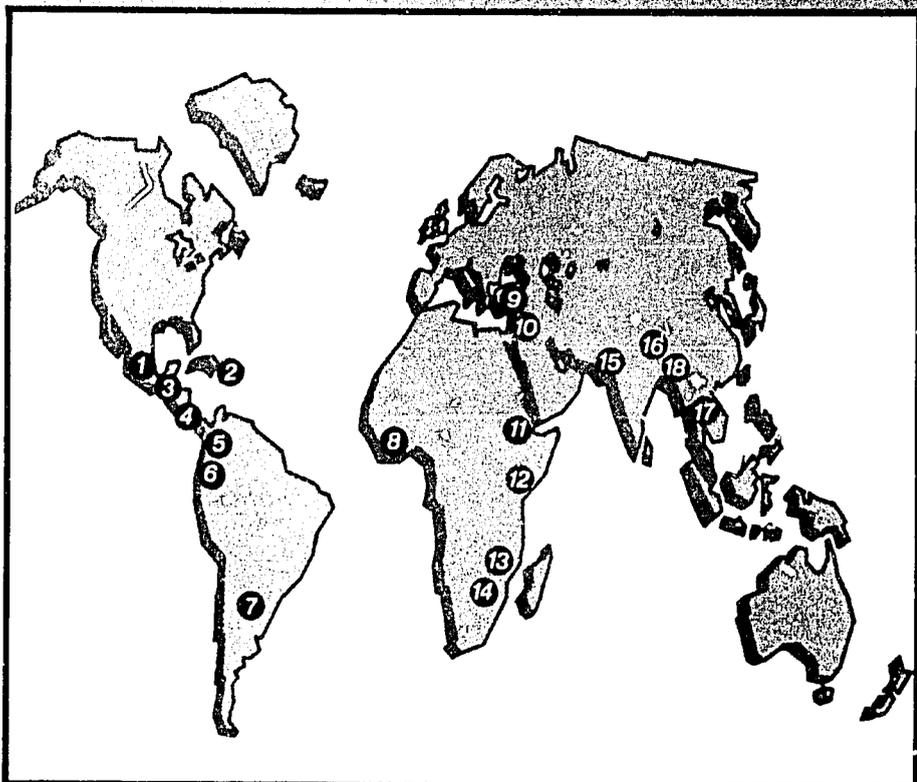
la relativamente estrecha gama de condiciones de cultivo encontradas en cada país, como sucedía con las variedades criollas obtenidas por los agricultores. El CIMMYT y otros centros del CG han extendido el mejoramiento moderno de cultivos más allá de las fronteras nacionales al producir germoplasma de adaptación amplia para diversos medios y al crear redes internacionales para ensayar y perfeccionar más este material.

En el CIMMYT, esta actividad se realiza en el marco de lo que hemos llamado el concepto de mega-ambiente. Cada mega-ambiente es una zona de no menos de un millón de hectáreas donde un determinado tipo de germoplasma se adapta a las condiciones existentes. Donde este germoplasma ya no resulte apropiado (a causa de una madurez inadecuada o sus necesidades de humedad, un desempeño deficiente ante los principales factores bióticos y abióticos adversos o su falta de aceptación en los mercados locales) marca la discontinuación de un mega-ambiente y el comienzo de otro que requiere un tipo de germoplasma distinto. Los mega-ambientes no están necesariamente constituidos por zonas contiguas de producción de maíz o de trigo, por el contrario, a menudo se encuentran en distintos continentes, abarcando diversos "focos" de producción que pueden estar separados entre sí por miles de kilómetros. Estas zonas independientes están vinculadas por la uniformidad de la respuesta de un determinado genotipo cultivado en ellas y de las condiciones climáticas y de otro tipo que influyen en esa respuesta.

Este esquema transnacional para clasificar los mega-ambientes facilita considerablemente nuestros programas internacionales de mejoramiento de maíz y de trigo. Los recursos de CIMMYT son demasiado limitados para que el Centro pueda establecer programas independientes de maíz y de trigo para cada uno de los numerosos países en desarrollo que son sus clientes. Un método de ese tipo tampoco concordaría con nuestro objetivo de fortalecer la capacidad de investigación de los países, el cual se alcanza cuando cada uno de ellos asume su responsabilidad de fomentar el desarrollo agrícola mediante el fitomejoramiento y otras investigaciones. El procedimiento más eficaz y apropiado consiste en que los científicos del Centro produzcan germoplasma de maíz y de trigo con adaptación amplia para los mega-ambientes, que son mucho menos numerosos que los países clientes. La experiencia del CIMMYT y los países ha demostrado que es posible obtener una población de maíz que se desempeñe bien en zonas representativas de un mega-ambiente muy distantes entre sí, como El Salvador, Ghana y Vietnam, o una variedad de trigo que supere a las demás en las zonas semáridas de Marruecos, México y Pakistán.

Una ventaja fundamental del concepto del mega-ambiente es que constituye una forma de lograr que la asignación de los recursos del CIMMYT concuerde con las necesidades de sus clientes. Estamos modificando gradualmente nuestras inversiones en las diversas clases de germoplasma para que correspondan aproximadamente a la extensión de los mega-ambientes en todo el mundo, teniendo en cuenta otros aspectos, como la capacidad de los programas nacionales que operan en el mega-ambiente y la presencia de otros proveedores de germoplasma. La distribución de los recursos del Centro y los beneficios que resultan de sus inversiones son los temas que se tratan en las secciones siguientes sobre la investigación de maíz, de trigo y de economía, y los servicios de apoyo.

- |                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. El Baján, México (sede)        | 11. Addis Ababa, Etiopía |
| 2. Les Cayes, Haití               | 12. Nairobi, Kenia       |
| 3. Ciudad de Guatemala, Guatemala | 13. Lilongwe, Malawi     |
| 4. San José, Costa Rica           | 14. Harare, Zimbabwe     |
| 5. Cali, Colombia                 | 15. Islamabad, Pakistán  |
| 6. Quito, Ecuador                 | 16. Katmandú, Nepal      |
| 7. Asunción, Paraguay             | 17. Bangkok, Tailandia   |
| 8. Kumasi, Ghana                  | 18. Dacca, Bangladesh    |
| 9. Ankara, Turquía                |                          |
| 10. Aleppo, Siria                 |                          |



Localización de las oficinas del CIMMYT.

## Investigación de maíz

Casi todas las poblaciones usadas en la actualidad para el fitomejoramiento en el Programa de Maíz descienden de accesiones de su banco de germoplasma. Sin embargo, como esas poblaciones han sido sometidas a la selección recurrente durante períodos de hasta 20 años, existe ahora una diferencia considerable entre ellas y sus precursores, tanto en su apariencia como en su desarrollo. En parte debido a esas diferencias, el uso directo de las variedades criollas por el personal del Programa ha permanecido bastante estático hasta hace pocos años.

Varias circunstancias han fortalecido las relaciones del banco con otras unidades de fitomejoramiento y actividades afines, entre ellas, el mayor énfasis del Programa de Maíz en los complejos genéticos para propósitos especiales, que son complejos agronómicamente aceptables con resistencia a uno o varios factores bióticos o abióticos desfavorables. El banco de germoplasma es el lugar indicado para buscar fuentes de estas características y el personal ha comenzado a recurrir a esta opción con mayor frecuencia. Otro factor es que las nuevas tecnologías genéticas prometen facilitar la identificación de genes útiles y, posiblemente, su transferencia de las variedades criollas a las variedades modernas. Resta comprobar la eficacia de las nuevas

técnicas, pero, previendo que reducirán el tiempo necesario para utilizar las accesiones del banco en el mejoramiento, el personal del Programa acelera gradualmente su examen de las variedades criollas y otros materiales.

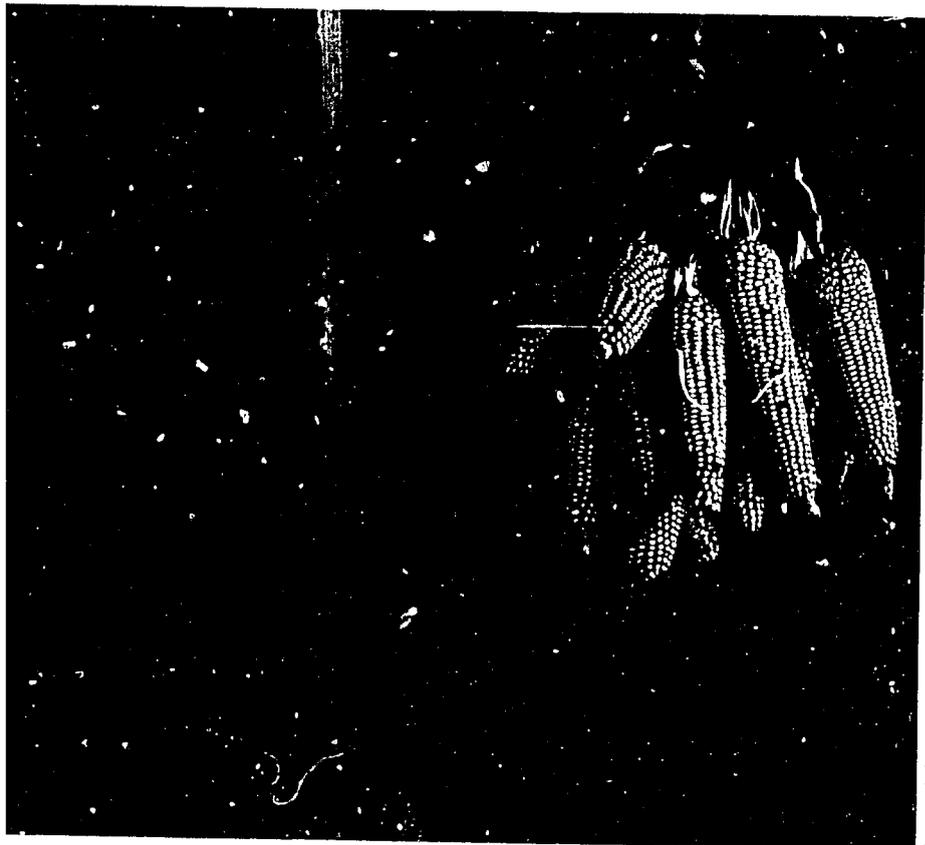
### Apoyo al desarrollo de germoplasma

En ninguna otra área del Programa de Maíz existe más interés por las variedades criollas y las especies silvestres emparentadas con el maíz que en los diversos subprogramas que apoyan el desarrollo de germoplasma (véase la figura, p. 32). En ellos recae gran parte de la tarea de facilitar el acceso a esos materiales y aumentar su utilidad para el mejoramiento de maíz. Por esa razón, en este informe anual se dedica particular atención al apoyo a la generación de germoplasma.

**Banco de germoplasma.** En los últimos años, el Programa de Maíz ha hecho una considerable inversión en esta unidad, sobre todo en mejorar las instalaciones de almacenamiento, los procedimientos de manejo y la distribución de información. Para 1988, ya estaban establecidos los nuevos sistemas para el manejo de las funciones del banco y comenzamos a concentrarnos más en la cooperación con otras instituciones. Por ejemplo, este año el programa nacional de maíz en Ecuador terminó de regenerar todas las accesiones originadas en ese país; en Guatemala, los científicos acrecentaron 40 colecciones. Nosotros exploramos las posibilidades de establecer acuerdos similares con Bolivia, Colombia y Perú. Sin la colaboración de esos países, el banco no podría regenerar ciertas accesiones, principalmente materiales de tierras altas que no se adaptan a las condiciones de cultivo en nuestras estaciones en México.

El banco inició también nuevas actividades conjuntas con el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR). Una de ellas fue la preparación de una lista de descriptores del maíz que será publicada por el IBPGR y el CIMMYT, y que proporcionará lo que el personal del IBPGR llama un "formato estándar" o "lenguaje de comprensión universal", que contribuirá a aumentar la eficiencia en el registro y comunicación de los datos sobre los recursos genéticos y, por consiguiente, facilitará la utilización de este material en todo el mundo. Este año los dos centros tomaron otra medida para establecer una red internacional de recursos genéticos de maíz: planificaron una base de datos mundial sobre el germoplasma de maíz, que tendrá como modelo una versión en CD-ROM (disco compacto, sólo para leerse) del sistema computarizado de manejo del banco del CIMMYT (véase la p. 25). Si bien aún se examinan los detalles de un acuerdo, es probable que el proyecto exija la creación de una base de datos para la colección de México, y de una base de

*El mejoramiento de germoplasma de maíz en el CIMMYT se basó en variedades criollas recolectadas en todo el continente americano, y los investigadores del Centro siguen utilizando este material en la generación de germoplasma para el Tercer Mundo.*



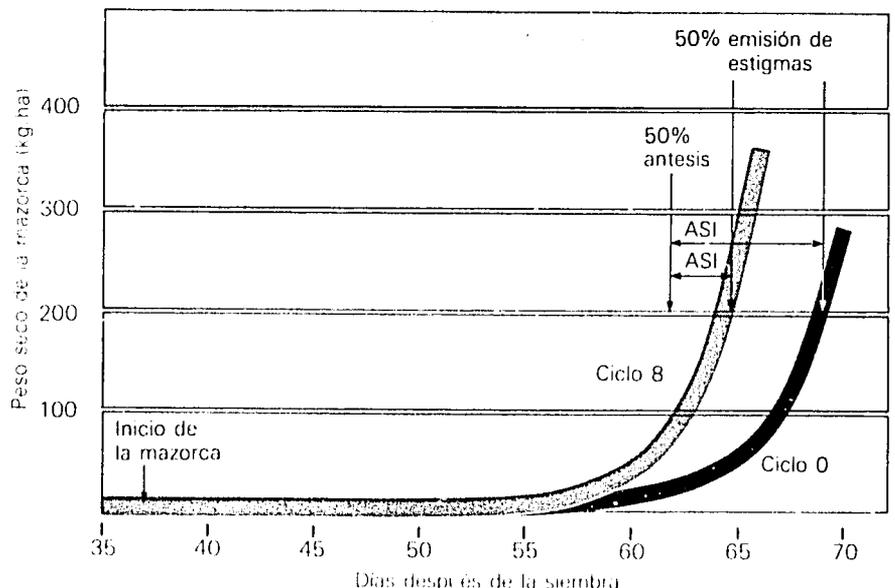
Thomas Luba

datos única o varias independientes para otras colecciones latinoamericanas. Una vez concluido este proyecto, los investigadores de los países en desarrollo tendrán mayor acceso a la información de origen o "pasaporte" de las accesiones del CIMMYT y de miles de colecciones conservadas en instituciones de América Latina.

Este año se fortaleció la cooperación entre los bancos nacionales y las instituciones internacionales mediante el Taller Mundial sobre Bancos de Germoplasma de Maíz, que se llevó a cabo en marzo en nuestra sede, auspiciado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México y el CIMMYT. Los objetivos principales fueron informar sobre nuestra base de datos en CD-ROM a los 27 encargados de bancos de germoplasma que asistieron a la reunión y abordar cuestiones técnicas relacionadas con la función de los bancos. Los organizadores reconocieron la labor realizada por 13 recolectores de germoplasma, entre ellos Efraim Hernández Xolocotzi G., profesor emérito del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, y E.J. Wellhausen, ex Director General del CIMMYT. Mario Gutiérrez G., quien estableció y operó por primera vez una cámara refrigeradora para el germoplasma de maíz en el Centro, recibió el reconocimiento especial del IBPGR por su trabajo durante la etapa de formación de los bancos.

En 1988, el establecimiento de nuevas relaciones de cooperación dejó poco tiempo para las investigaciones sobre la conservación y utilización de las accesiones del banco. No obstante, participamos en un proyecto sobre almacenamiento de la semilla e iniciamos un estudio con colecciones de la raza Tuxpeño. En el primer proyecto colaboraron el Instituto Boyce Thompson para Investigaciones sobre las Plantas y la Estación Experimental de Cornell (ambas en EUA), el CIMMYT y la Estación Experimental de Ciencia y Tecnología de la Semilla de México, situada en Aguascalientes. El propósito de este proyecto es aumentar nuestra capacidad de evaluar y combatir el deterioro de la semilla almacenada, aplicando metodologías genéticas y bioquímicas en el estudio de características del maíz vinculadas con la conservación del vigor durante el almacenamiento. El objetivo del estudio sobre Tuxpeño (y materiales que presentan la introgresión de ese complejo racial) es identificar las mejores colecciones y determinar los patrones heteróticos entre ellas. Esta información además de esclarecer los antecedentes genéticos y la evolución de la raza, podría revelar nuevas oportunidades de explotar el vigor híbrido y aumentar el uso de las accesiones del banco.

**Fisiología.** En el trabajo sobre la sequía, de gran prioridad en las investigaciones fisiológicas, mediante el examen de una mayor cantidad de materiales confirmamos los resultados de un estudio efectuado en 1987 sobre la población Tuxpeño Sequía. Las investigaciones realizadas en 1988 indican que, ya sea que se trate de una variedad criolla, una población elite, una línea endogámica o un híbrido, se puede mejorar su desempeño en condiciones de sequía mediante la selección para reducir el intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas (ASI). Esta medida permite que las plantas destinen más nutrimentos a la producción del grano (véase la figura). Esto no trae como consecuencia un mejoramiento de las condiciones de humedad de las plantas, según se comprobó en un estudio del sistema radicular de Tuxpeño Sequía y otros materiales, cuyos resultados señalan que la reducción del ASI y el mayor flujo de nutrimentos hacia la mazorca quizá se produzcan a expensas de las raíces. Sin embargo, la modificación de la distribución de materia seca mediante la selección para obtener un ASI reducido parece ser un requisito para todo progreso posterior a través de la selección de características que permitan al maíz aprovechar con eficiencia el agua disponible durante la sequía. La dificultad de trabajar con esas características aumentó a causa de nuestra incapacidad en 1988 de observar, en una colección variada de materiales de maíz tropical, las diferencias en cuanto a la regulación osmótica, uno de los mecanismos principales que permiten a ciertas especies seguir creciendo en condiciones de sequía.



**En los ciclos de selección 0 y 8 de la población Tuxpeño Sequía, el inicio de la mazorca y la antesis ocurren más o menos al mismo tiempo, pero después, el ciclo 8 llega a la biomasa crítica necesaria para la antesis mucho antes que el ciclo 0, lo cual reduce su intervalo antesis/emisión de estigmas (ASI) y aumenta su producción de grano en condiciones de sequía.**

Los factores que obstaculizan el uso del germoplasma almacenado en los bancos se están superando: los problemas científicos, mediante la investigación multidisciplinaria y el de la disponibilidad de información, con las aplicaciones de CD-ROM.

En 1988 usamos dos métodos para generar germoplasma tolerante a la sequía: uno es la selección S1 recurrente de poblaciones elite de maíz y el otro, la formación de un complejo para propósitos especiales. Continuamos buscando fuentes de tolerancia a la sequía para incorporarlas al complejo, para lo cual este año utilizamos la base de datos computarizados del banco, que nos ayudó a identificar accesiones que se reunieron en zonas localizadas a alturas de hasta 1,000 m sobre el nivel del mar, con una precipitación anual inferior a 500 mm. Es interesante señalar que algunos de los materiales más tolerantes a la sequía que hemos encontrado hasta ahora, no son accesiones del banco sino líneas endogámicas e híbridos provenientes de programas de mejoramiento de empresas privadas en EUA y un híbrido lanzado por la Universidad Kasetsart de Tailandia.

Continuamos nuestro programa de selección recurrente para aumentar el rendimiento de una población mejorada para tierras bajas en suelos con escaso contenido de nitrógeno. Al mismo tiempo creamos una base de datos sobre la respuesta de materiales no mejorados, principalmente provenientes del banco de germoplasma, a la carencia de N. Se cultivan las entradas con niveles altos y bajos de N y se evalúan características tales como el rendimiento de biomasa, la absorción total de N por la planta, la distribución del N y la superficie foliar. Esperamos identificar una serie de estrategias que

permitan mejorar el desempeño en condiciones de escasez de N, y desarrollar complejos para propósitos especiales con el fin de obtener características como la conservación de la superficie foliar con niveles bajos de N y la capacidad de trasladar una gran proporción del N total de la planta al grano. Si bien estos complejos no tendrán un tipo de planta sobresaliente, pueden servir como fuente de características vinculadas con la adaptación a la escasez de N, que no tienen las poblaciones mejoradas.

Las accesiones del banco también figuran en nuestro proyecto conjunto con el Laboratorio de Medios de las Plantas de la Universidad de Reading, Reino Unido, en el cual determinamos las respuestas al fotoperíodo y la temperatura en un amplio conjunto de materiales para zonas tropicales y templadas. El propósito de este proyecto de tres años es describir las respuestas del germoplasma del CIMMYT a la duración del día y la temperatura, y elaborar un modelo sencillo para predecir la madurez de este material cuando se cultiva en distintas temperaturas y fotoperíodos.

En nuestro proyecto para desarrollar germoplasma semiprofitico con tolerancia a los factores desfavorables en general, evaluamos cuatro ciclos de selección y, sobre esta base, fusionamos dos poblaciones. La evaluación de las accesiones del banco para determinar su posible inclusión en las

(continúa en la p. 26)

*Cada año, Suketoshi Taba, jefe del banco de germoplasma de maíz, efectúa una excursión de vigilancia en México y América Central con el fin de observar el estado de las poblaciones anuales de teosinte y otras especies afines al maíz.*

*Asimismo, visita campos de agricultores como Edwiga y Lucila López en busca de variedades criollas que no están debidamente representadas en la colección del Centro.*

Thomas Luba



## La unión de la investigación agrícola con la tecnología de la información

El banco de germoplasma del CIMMYT es una institución paradójica. Si bien sus materiales se consideran recursos inestimables para el mejoramiento futuro del maíz, en la actualidad son subestimados y están subutilizados. Un experto estadounidense incluso se ha preguntado si el término "morgue de la semilla" no sería un nombre más apropiado para muchos bancos. La preferencia de muchos fitomejoradores por concentrarse en las poblaciones elite y dejar de lado las variedades criollas, tiene una base científica, pero también tiene que ver con la información. Sencillamente no sabemos lo suficiente sobre el germoplasma contenido en el banco y lo que sabemos no se ha difundido como sería necesario. No obstante, ahora se están reduciendo los obstáculos para el empleo del germoplasma del banco, los problemas científicos mediante actividades conjuntas de fitomejoradores y especialistas en biotecnología y en otras áreas, y el problema de la disponibilidad de información mediante la aplicación del CD-ROM (disco compacto, sólo para leerse).

### El establecimiento de la unión

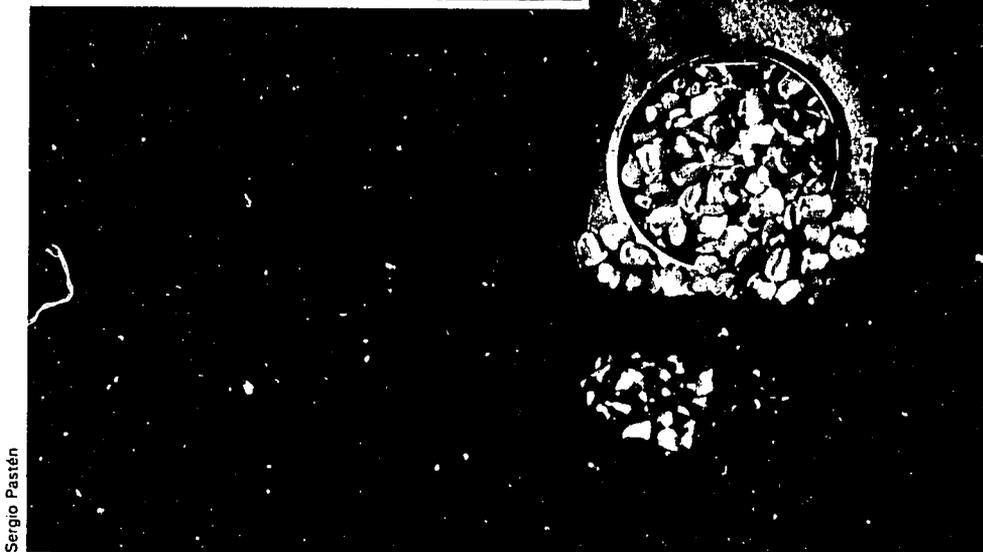
Hace unos años, el personal del CIMMYT comenzó a elaborar un sistema para recopilar y facilitar el acceso a la información sobre el germoplasma almacenado en el banco. Este sistema, apoyado por la computadora central VAX del Centro, contiene archivos de las principales categorías de información del banco: datos de origen (pasaporte) y sobre la evaluación, regeneración y almacenamiento. En la actualidad, la primera categoría, los datos de origen, son los más voluminosos e importantes. Nuestra idea original para compartir esta información era distribuir una cantidad limitada de copias de las enormes cantidades de papel producidas con el archivo de los datos de origen. Sin embargo, el personal que trabaja en este proyecto pensó que, aprovechando la tecnología del CD-ROM, se podían difundir los datos en una forma mucho más conveniente y a un mayor número de investigadores de los países en desarrollo. Con fondos aportados por el Centro Técnico para la Cooperación Rural y Agrícola (CTA) de los Países Bajos, el CIMMYT y los Servicios CGNet de California (EUA) elaboraron los programas necesarios para operar el archivo de los datos de origen en CD-ROM. Se ha producido un lote inicial de 300 copias de un disco original, de las cuales una tercera parte será distribuida por el CTA, junto con lectores de discos, a algunos países en desarrollo. Con este material, los investigadores podrán examinar los registros sobre las 10,533 accesiones del banco y, sobre la base

de 29 descriptores, identificar materiales potencialmente útiles. Entonces podrán obtener en forma gratuita la semilla de esas accesiones solicitándola al Programa de Maíz.

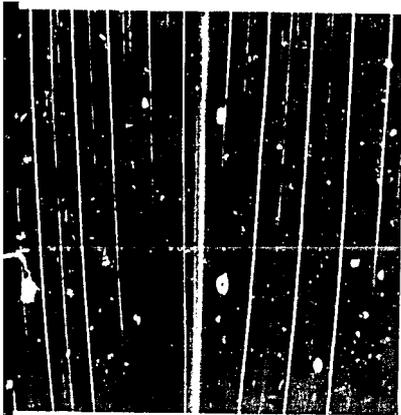
### ¿Una tecnología apropiada para los países en desarrollo?

La respuesta a esta pregunta es absolutamente afirmativa. Ni los discos ni el equipo necesario para utilizarlos están más allá de los medios de muchos programas de investigación de los países en desarrollo. Si bien cuesta alrededor de US\$5,000 producir el disco original, el precio de cada copia es de sólo 5 a 10 dólares, según la cantidad que se haga. Los requisitos de operación son bastante razonables e incluyen algunos elementos básicos de equipo y programas de computación que, en los últimos años, han adquirido un número cada vez mayor de profesionales del Tercer Mundo. Por tanto, no hay razón práctica para que la base de datos en CD-ROM del CIMMYT (u otras similares) no puedan ser ampliamente usadas por los científicos de los países en desarrollo.

*Al poner en CD-ROM datos de pasaporte completos sobre las 10,533 accesiones del banco de germoplasma de maíz, el CIMMYT brinda a los investigadores de los países en desarrollo un medio más eficaz de obtener germoplasma útil.*



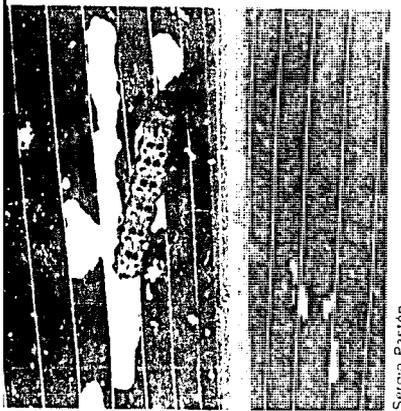
Sergio Pastén



**Resistencia**



**Susceptibilidad intermedia**



**Susceptibilidad total**

La población del CIMMYT con resistencia a múltiples barrenadores ofrece excelente protección contra el barrenador del maíz del sudoeste (en la fotografía) y otras especies de insectos nocivos. En plantas resistentes, como la que aparece arriba, las larvas no pueden sobrevivir.

poblaciones semiprofiticas resultó decepcionante, ya que ninguno de los materiales mostró una prolificidad suficiente que justificara su empleo. Sin embargo, usamos una cruce entre el maíz y *Tripsacum*, una especie silvestre emparentada con el cereal.

**Entomología.** Como la mayor parte del germoplasma mejorado es susceptible a las plagas de insectos, con mucha frecuencia efectuamos búsquedas en el banco con la esperanza de encontrar una mayor diversidad genética que otorgue resistencia a estas plagas. Al trabajar con el material del banco y de otras fuentes, hemos encontrado que es útil e, incluso, esencial, establecer relaciones mutuamente beneficiosas con organismos de los países desarrollados. La finalidad de esta cooperación es reducir el costo y el tiempo requeridos para proporcionar germoplasma resistente a nuestros colegas de los programas nacionales.

Esas relaciones a menudo conllevan interesantes patrones del intercambio de germoplasma, de los cuales es un ejemplo nuestra labor sobre la población con resistencia a múltiples barrenadores (MBR). Entre los materiales que integran esta población hay ocho líneas resistentes al barrenador del maíz y al gusano cogollero, derivadas de colecciones de Antigua brindadas por el CIMMYT a científicos de la Universidad Estatal de Mississippi hace unos 10 o 15 años. La población también incluye siete líneas resistentes al barrenador europeo del maíz, que se obtuvieron mediante el mejoramiento alternado entre el Centro y la Universidad de Cornell. Estos materiales ya han vuelto de EUA y ahora forman parte de la población con MBR, que ha sido ensayada en varios países para determinar su resistencia a diversas especies barrenadoras y al gusano cogollero. Las variedades resistentes obtenidas a partir de esta población ya están listas para verificarse en los programas de los países en desarrollo.

Esperamos lograr beneficios similares con un proyecto conjunto iniciado el año pasado, que se relaciona con las plagas del grano almacenado, y con otro que comenzó en 1988, sobre las arañuelas. En este último programa, en EUA se ha evaluado la resistencia de las accesiones del banco de germoplasma y hemos comenzado a generar una población resistente. El mejoramiento alternado entre la sede del CIMMYT y la Universidad Texas A&M, asegurará que todo progreso logrado con este germoplasma en EUA será aprovechado por el Centro y beneficiará a nuestros clientes de los países en desarrollo. El estado actual de las investigaciones relacionadas con los gusanos eloteros revela la dificultad de transferir esta resistencia de las variedades criollas a una configuración genética más aceptable. Desde hace algún tiempo, los científicos de EUA saben que la presencia de una sustancia química llamada MAYSIN en la raza mexicana Zapalote Chico (de la cual hay varias accesiones

almacenadas en el banco) impide que los gusanos eloteros se alimenten con los estigmas del cereal. Sin embargo, nadie ha podido incorporar esta resistencia en un germoplasma útil porque, hasta el momento, no se ha logrado separar el mecanismo de resistencia de defectos agronómicos graves.

Estos obstáculos comienzan a parecer menos formidables en vista de las tecnologías genéticas actualmente disponibles para el fitomejoramiento. Con el fin de explorar las posibilidades que ofrecen esas técnicas, este año iniciamos un proyecto en el cual se emplearán marcadores genéticos moleculares en la selección de la resistencia a gusanos del género *Diabrotica* que atacan la raíz. El proyecto surgió de la labor efectuada hace varios años en la Universidad Estatal de Dakota del Sur, donde la evaluación de 100 accesiones del banco de germoplasma mostró que 20 de ellas, originarias de México y América Central, tienen considerables grados de resistencia. Esos materiales constituyen el foco del proyecto actual, en el cual una compañía privada estadounidense, Agrigenetics, lleva a cabo el trabajo de laboratorio con los marcadores, y el CIMMYT realiza los estudios sobre el terreno en México.

**Cruzas amplias.** La introducción en el maíz de la variación genética de otras especies es un objetivo fundamental de nuestras investigaciones sobre cruza amplia. Con este propósito, nos hemos centrado en los híbridos de maíz x *Tripsacum* y su progenie y hemos examinado diversas vías para introducir la variación genética proveniente de esta especie silvestre. El análisis citogenético completado en 1988 indica que la vía apomítica merece ser investigada más a fondo.

No obstante, la labor vinculada con cruza amplia se centrará cada vez más en la aplicación de las nuevas tecnologías genéticas a la introducción de genes de *Tripsacum* en el maíz, y en otras investigaciones del programa de maíz destinadas a mejorar la tolerancia a factores bióticos y abióticos desfavorables (véase la p. 29). Haremos hincapié en las cruza amplia, la entomología y la fisiología en las pruebas iniciales con estas técnicas por varias razones, entre ellas: en estudios anteriores con *Tripsacum*, nos hemos ocupado básicamente de la resistencia a las plagas y hemos colaborado en actividades tales como el establecimiento de metodologías para seleccionar y utilizar la resistencia al barrenador del sudoeste del maíz. Sin embargo, la razón más apremiante para concentrarnos en las áreas antes mencionadas al comienzo de nuestra incursión en la biotecnología es que, en cada una de ellas, trabajamos con características que son especialmente difíciles de mejorar. En consecuencia, la aplicación de las nuevas tecnologías genéticas en estas investigaciones ofrece grandes beneficios en cuanto a la eficiencia.

Sergio Pastén

**Patología.** Indudablemente, las variedades criollas contienen una diversidad genética para la resistencia a las enfermedades que aún no ha sido explotada y las nuevas tecnologías genéticas prometen ser un medio eficaz de aumentar la eficiencia de la selección para obtener esa resistencia. Un ejemplo de la utilidad de las variedades criollas para combatir las enfermedades es el empleo de una variedad local proveniente de la Isla de la Reunión como fuente de resistencia al virus del rayado del maíz, en un programa de mejoramiento en África al sur del Sahara (véase la p. 31) en el cual participan el CIMMYT y el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA).

Los productos de germoplasma de ese programa se desarrollan mediante fitotécnicas convencionales e investigaciones afines; esos métodos permiten el mejoramiento continuo de la resistencia a las enfermedades de nuestro germoplasma elite. De hecho, la demanda entre los mejoradores especializados en maíz del CIMMYT de una de nuestras técnicas más eficaces -la inoculación en la selección de resistencia- casi se ha decuplicado en los últimos años y, en 1988, completamos un estudio cuyos resultados nos permitirán inocular en forma aún más confiable para provocar pudriciones de mazorca y tallo.

Además, observamos que han progresado tanto el desarrollo de la resistencia a múltiples enfermedades como los programas relacionados con enfermedades específicas, tales como el complejo de la mancha de asfalto examinado en el *Informe Anual 1987*. Esto no significa que no usaremos las nuevas tecnologías genéticas en nuestras investigaciones sobre la patología. Por el contrario, uno de los logros más destacados del uso de los RFLP en el mejoramiento del maíz se originó en la labor sobre el virus del mosaico del enanismo del maíz en Agrigenetics, EUA, donde los científicos hicieron el marcado genético de casi toda la variación para la resistencia a esta enfermedad en la progenie de una cruce entre una línea resistente y otra susceptible. Para nosotros, no se trata de si comenzaremos a aplicar estas técnicas en nuestro propio trabajo sino cuándo lo haremos; ese momento dependerá del grado y el ritmo de progreso de nuestros intentos iniciales de utilizar las nuevas tecnologías genéticas en las investigaciones sobre cruces amplias, entomología y fisiología.

**Maíz híbrido.** En cuanto a las nuevas tecnologías genéticas, el programa de híbridos se encuentra en una posición similar a la de patología. Esos avances sin duda tendrán importantes repercusiones en nuestra labor, pero, hasta que llegue el momento de aplicar las técnicas y la información resultantes, utilizamos otros métodos

con el fin de explotar los complejos y poblaciones del Programa de Maíz para generar híbridos. En 1988 continuamos las actividades descritas en el informe anual del año pasado. Las principales fueron: (1) evaluar el desempeño independiente de 200 líneas endogámicas, estimar la capacidad de combinación de las líneas en dos ensayos y aumentar la semilla de líneas promisorias; (2) realizar el mejoramiento entre poblaciones de Tuxpeño-1 y ETO Blanco para incrementar su capacidad general y específica de combinación; (3) cruzar líneas promisorias con probadores con el propósito de establecer una base para clasificar las líneas en grupos heteróticos definidos; (4) mejorar la tolerancia endogámica de materiales tropicales y subtropicales; (5) efectuar siete ensayos con híbridos convencionales y cinco con materiales no convencionales en diversas localidades; (6) llevar a cabo estudios sobre dialelos para identificar probadores para el programa de híbridos. También evaluamos cruces entre poblaciones y complejos de tierras altas, efectuadas en 1987, y el año próximo continuaremos las evaluaciones con el fin de establecer los patrones heteróticos en este germoplasma. Otras dos actividades complementaron nuestro programa de desarrollo de híbridos no convencionales: la obtención de progenitores con menores grados de endogamia y de líneas sintéticas con una base genética estrecha. Según nuestros especialistas en maíz en América Central, en varios países los productos del programa de híbridos ya han resultado útiles en la creación de híbridos.

*Gran parte del maíz en el Tercer Mundo es destruido cada año por insectos nocivos, y el peligro es especialmente grave en sistemas de cultivos donde no se usa la protección química. En un proyecto con el CIMMYT, científicos canadienses han identificado, mediante pruebas de laboratorio, resistencia a las plagas del maíz almacenado en algunos materiales del Programa de Maíz, y también un mecanismo de resistencia.*



Thomas Luba

### **Mejoramiento de germoplasma en la sede**

Como menciona Sir Otto en la sección Punto de vista de este informe, la evaluación de recursos genéticos debe ser una actividad multidisciplinaria en la que los fitomejoradores constituyen el "vínculo esencial con la aplicación" o utilización. La anterior información sobre el apoyo al desarrollo de germoplasma demuestra que varios grupos de especialistas del Programa de Maíz estudian y encuentran aplicaciones para las accesiones del banco de germoplasma y materiales provenientes de otras fuentes. Estas actividades también se están incrementando en los subprogramas de fitomejoramiento como consecuencia de nuestra adopción de una gama más amplia de métodos de mejoramiento y de la creación de nuevos complejos de germoplasma.

---

Su participación en la red europea de los RFLP permitirá al personal del CIMMYT asesorar a los países en desarrollo en cuanto al uso apropiado de las nuevas tecnologías genéticas.

---

**Complejos de germoplasma para zonas bajas tropicales.** En el trabajo relacionado con materiales de madurez precoz e intermedia, seleccionamos germoplasma proveniente de numerosas fuentes, entre ellas otras unidades del Programa de Maíz, programas nacionales y empresas privadas de semilla. Examinamos más de 700 accesiones del banco, efectuamos la autofecundación de los materiales más promisorios y los cruzamos con una variedad experimental elite de madurez precoz. Las accesiones del banco también fueron útiles para formar nuevos complejos de germoplasma extraprecoces. Además, continuamos la selección recurrente en cuatro complejos de madurez temprana, formamos una serie de líneas sintéticas para mega-ambientes específicos y evaluamos la tolerancia a la sequía de diversos materiales.

Un hecho clave en la labor relacionada con germoplasma tropical tardío fue la creación del método del "minicomplejo", que se puede aplicar a materiales elite o del banco. Con los segundos formamos un complejo a partir de cruzamientos entre una accesión del banco y una variedad complementaria o un probador. Después de la selección para obtener resistencia a las enfermedades y altura reducida de la planta, evaluamos la progenie S<sub>1</sub> y, a partir de la fracción superior, formamos una variedad. Con este propósito, en 1988 evaluamos 400 accesiones del banco, realizamos el mestizaje de 90 de ellas con una población elite y las evaluamos para determinar el rendimiento y el

intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas. Las accesiones cuyo desempeño fue superior al de los testigos se usan como minicomplejos. Además, comenzamos la formación de dos nuevos complejos para propósitos generales, evaluamos líneas para determinar su capacidad general de combinación y empleamos los cruzamientos simples de las cuatro mejores líneas como probadores para las accesiones del banco de germoplasma.

**Complejos de germoplasma subtropicales.** Con el fin de ampliar la base genética de nuestro germoplasma, evaluamos con regularidad una extensa gama de materiales para identificar fuentes de nuevos complejos. Esto nos da nuevas oportunidades de seleccionar para obtener resistencia a las enfermedades y otras características y aumenta nuestras posibilidades de encontrar combinaciones genéticas valiosas antes desconocidas. Este año observamos e introdujimos en nuestro programa accesiones del banco provenientes de Brasil, así como híbridos comerciales y poblaciones de Brasil, Turquía y diversos países del este y el sur de África. En el mejoramiento de los complejos actuales, seguimos centrándonos en la resistencia a las enfermedades y el acame, y evaluamos materiales mediante la inoculación artificial en tres sitios de México. También proseguimos con el desarrollo de complejos nuevos de germoplasma, cuya composición se basará en los resultados de evaluaciones de líneas y cruzamientos entre ellas.

**Maíz para tierras altas.** En los últimos años, un supuesto básico de este programa ha sido que, para lograr un mejoramiento notable del maíz para tierras altas, se requiere la afluencia de germoplasma exótico. En consecuencia, a mediados de los 80 introdujimos germoplasma de zonas templadas y subtropicales en materiales mexicanos para tierras altas, con el fin de formar los complejos y poblaciones de maíz de grano semidentado que actualmente constituyen el objetivo del programa de maíz para tierras altas. Parte del germoplasma incorporado en nuestros materiales tropicales de madurez temprana para tierras altas provino de una fuente inesperada: Nueva Zelanda. A mediados de los 70, un fitomejorador de ese país (el Dr. Howard Eagles, quien pasó varios meses como científico visitante en nuestra sede en 1988) obtuvo semilla de un complejo del CIMMYT para tierras altas, que poseía tolerancia al frío, y lo sometió a endogamia en su programa de mejoramiento. En 1985, un integrante del personal del Programa de Maíz trajo de Nueva Zelanda semilla de algunos híbridos formados con líneas endogámicas provenientes de este complejo para tierras altas, y de otras desarrolladas mediante el cruzamiento de las líneas endogámicas con material de la Faja de Maíz de EUA. La introducción de los híbridos neozelandeses en nuestro programa contribuyó a intensificar la adaptación a las tierras altas de los primeros materiales y les otorgó parte del potencial de alto rendimiento del germoplasma para zonas templadas. Este año se comprobaron

(continúa en la p. 30)

## Aplicación de la tecnología genética al mejoramiento de maíz en el CIMMYT

En 1988, el miembro del personal del Programa de Maíz responsable de la investigación sobre cruza amplia, completó una licencia de estudio en la Universidad de Minnesota, donde exploró el empleo de polimorfismos por fragmentos de longitud restringida (RFLP) para vigilar la introducción del material genético proveniente de *Tripsacum* en el maíz. Basándose en esta experiencia, ese investigador preparó varios trabajos sobre las posibles aplicaciones de las nuevas tecnologías genéticas en el fitomejoramiento realizado en el CIMMYT. A continuación se sintetizan los puntos claves para la investigación de maíz.

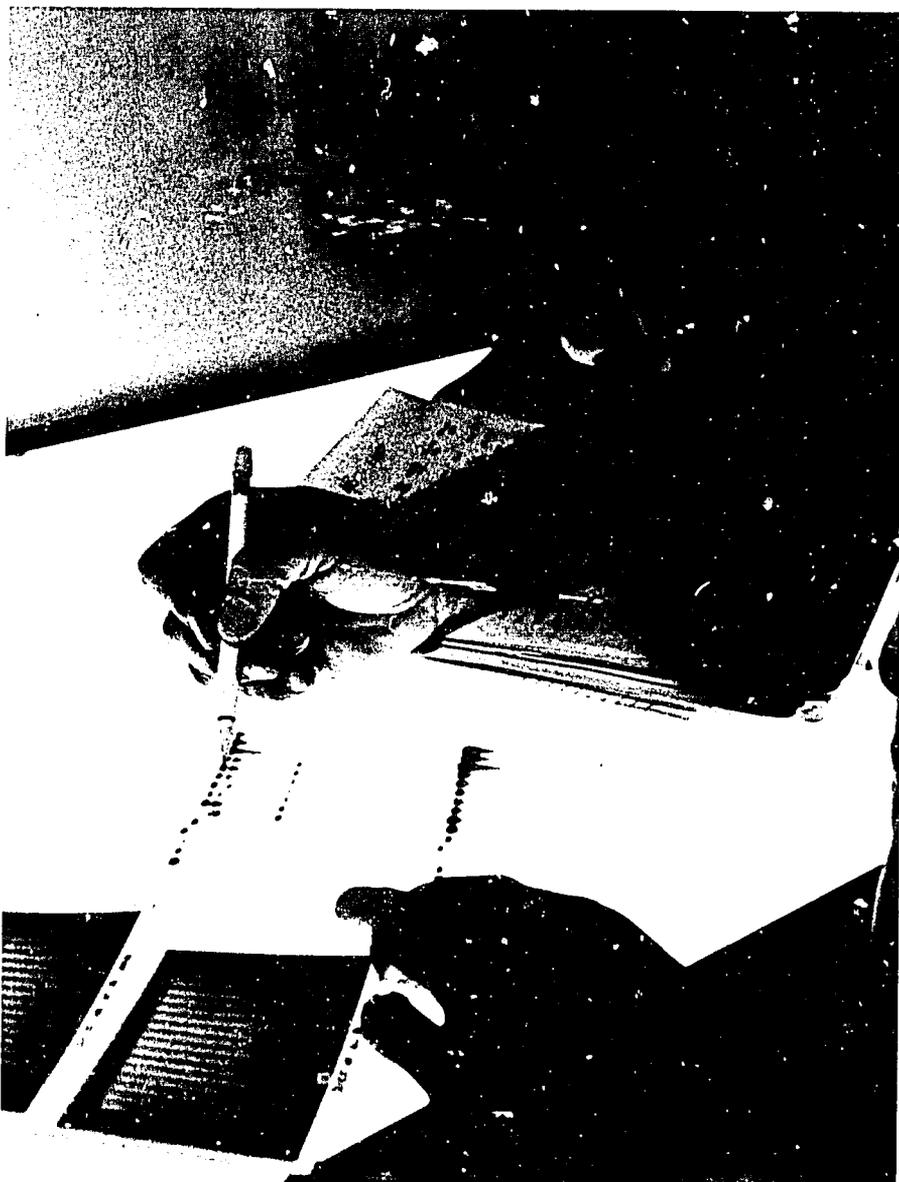
Entre las numerosas técnicas que constituyen lo que comúnmente se llama "biotecnología", la que ofrece la gama más amplia de aplicaciones inmediatas y promete aumentar la eficiencia en el mejoramiento de maíz es el empleo de los RFLP y otras sondas de ADN. Estas sondas presentan muchas ventajas en comparación con los marcadores fenotípicos tradicionales como el color de la semilla. Una de las más importantes es que, como el maíz presenta una enorme variación a nivel del ADN, se dispone de numerosos marcadores que permiten identificar, trazar y seleccionar regiones genéticas que controlan características agronómicas importantes. Otras ventajas son que los polimorfismos del ADN no son afectados por el medio y todos se detectan con una sola técnica relativamente rápida. Entre las diversas actividades de la investigación de maíz en las que podrían resultar útiles estas sondas, se cuentan la identificación de grupos heteróticos en el maíz tropical, la selección para obtener características de tipo cuantitativo como la resistencia a los insectos y la tolerancia a la sequía, y la utilización de las accesiones del banco de germoplasma.

Si bien sería prematuro definir un programa fijo a largo plazo para esas aplicaciones de los RFLP, el Programa de Maíz ya participa en cuatro proyectos relacionados con tecnologías vinculadas con ellos. Uno de esos proyectos será una continuación del estudio antes mencionado que se inició en la Universidad de Minnesota. El segundo, que se realiza en cooperación con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) en Irapuato, México, y que está casi concluido, es una investigación de las relaciones entre la heterocigocidad y el rendimiento y la estabilidad de éste en las variedades de polinización libre de maíz tropical. En el tercero, otro proyecto conjunto con el CINVESTAV, usaremos los RFLP para identificar

segmentos genéticos vinculados con la tolerancia a la sequía. En otro proyecto aun más extenso, el Programa de Maíz participa en una red de organismos públicos y privados de Europa. El grupo planea emplear los RFLP en el examen de la diversidad molecular de 240 líneas elite de maíz y determinar la utilidad de esas sondas en la identificación de loci para las características cuantitativas. Cada participante de la red ha seleccionado 40 líneas y se concentrará en una característica en la cual esté particularmente interesado; en el caso del CIMMYT, esa característica es la resistencia al barrenador del maíz. A medida que progresa el trabajo, el Centro espera elaborar una base de datos que será compartida con la comunidad científica mundial. Esta experiencia permitirá al personal del CIMMYT asesorar a los clientes de los países en desarrollo sobre la utilización apropiada de las nuevas tecnologías genéticas.

*David Jewell, de la unidad de cruza amplia de maíz, examina una impresión por el método Southern, que se utiliza en la labor con los RFLP y que lleva el nombre de su inventor, E.M. Southern. El Programa de Maíz ha comenzado a participar en cuatro proyectos que utilizan tecnologías relacionadas con los RFLP.*

Sergio Pastén



los beneficios con los resultados obtenidos en ensayos efectuados en nuestras propias estaciones experimentales y en otras de México, los cuales indicaron que, en las condiciones ambientales desfavorables típicas de los medios de zonas altas, las poblaciones que contienen germoplasma exótico tienen un rendimiento que casi duplica el del material criollo mejorado de zonas altas.

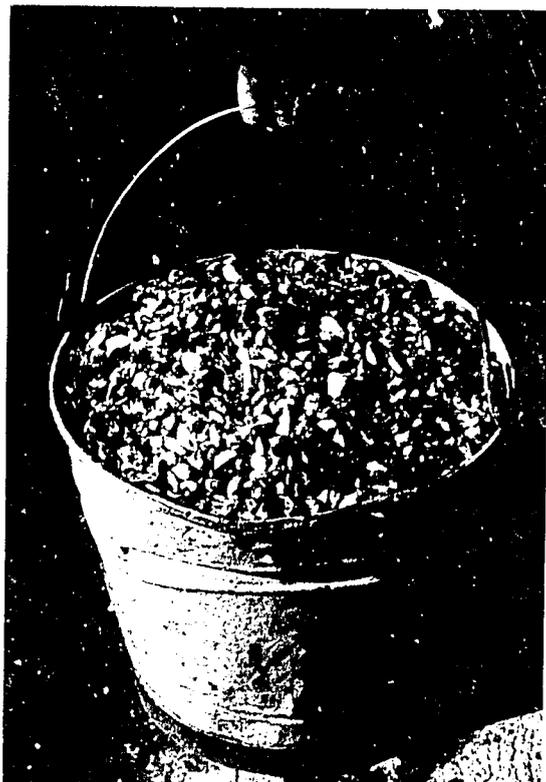
Esperamos alcanzar nuevos progresos en los materiales tempranos y tardíos para zonas altas tropicales y zonas de transición, y con el germoplasma para zonas altas templadas obtenido mediante la selección recurrente en nuestras estaciones de El Batán y Toluca. Allí generalmente se cultivan los materiales en condiciones ambientales difíciles caracterizadas por la sequía, la helada y el granizo, que son ideales para el mejoramiento de la resistencia a estos factores.

**Maíz con calidad de proteína (QPM).** Cuando se haya encontrado el lugar adecuado para el QPM en la producción de maíz de los países en desarrollo, los agricultores y consumidores que se beneficien con él tendrán una deuda de gratitud para con el agricultor estadounidense en cuyo campo se descubrió el mutante opaco-2 en el decenio de 1920, el científico de la Universidad de Purdue que en los 60 descubrió que ese mutante es portador de un gen que otorga un elevado contenido de lisina y triptófano (aminoácidos esenciales para el hombre de los cuales carece el maíz) y los fitomejoradores del CIMMYT que han incorporado este gen en

germoplasma elite. En nuestro programa para mejorar y distribuir el QPM, ahora nos centramos en el desarrollo de variedades de polinización libre, sintéticos, líneas endogámicas y diversos tipos de híbridos, para algunos programas nacionales que han mostrado un gran interés en este material. Dos países, Brasil y Ecuador, lanzaron en 1988 variedades QPM y se enviaron unos 55 embarques de semilla, además de 204 juegos de cinco ensayos diferentes de variedades experimentales QPM. Este año recibimos, en el trabajo sobre los híbridos QPM, la valiosa colaboración de los programas regionales de maíz de América Central y la Zona Andina, donde se efectuaron un total de 31 ensayos con QPM. Sobre la base de los resultados obtenidos formaremos un nuevo grupo de híbridos y los evaluaremos en 1989.

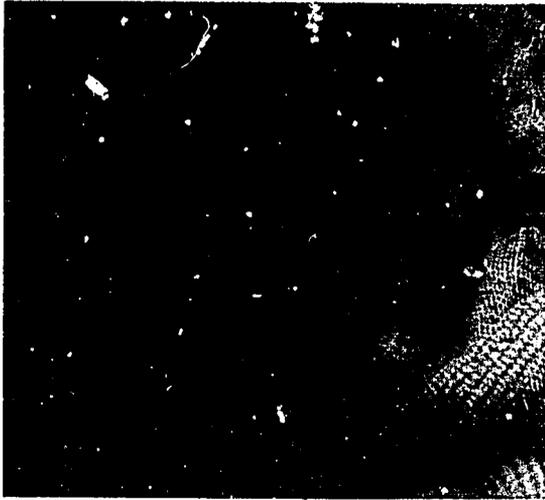
**Mejoramiento de las poblaciones.** Como consecuencia de numerosos ciclos de selección, las poblaciones tropicales y subtropicales representan una reducción de la base genética de la cual fueron derivadas, pero aún contienen la suficiente diversidad genética para permitir la selección eficaz de características importantes para los mega-ambientes a los que se destinan específicamente las poblaciones. Según datos obtenidos por el Programa de Maíz en un estudio sobre esos medios, hemos modificado los criterios de selección para ciertas poblaciones y, en la mayoría de los casos, hemos aumentado la presión de selección para lograr la resistencia a determinadas enfermedades. Por ejemplo, al hacer hincapié en la resistencia a *Helminthosporium turcicum* en las poblaciones subtropicales, hemos conseguido grados de resistencia entre moderados y altos en tres de ellas después de dos ciclos de selección. Además de mejorar las poblaciones para obtener esas características, aumentamos la densidad de siembra con la que se efectúa la selección, como medio de incrementar el rendimiento y la tolerancia general a factores ambientales desfavorables.

Con el fin de reunir nueva información que sirva de base para las decisiones acerca del mejoramiento de determinados materiales, llevamos a cabo con regularidad varios tipos de estudios especiales. Este año evaluamos siete poblaciones para determinar el progreso alcanzado con la selección y la heredabilidad del potencial de rendimiento y la resistencia a las enfermedades. Estos resultados nos indicarán si es preciso modificar la estrategia de mejoramiento de las poblaciones, y si éstas poseen genes que determinan las características seleccionadas con una frecuencia tal que permita obtener un beneficio razonable. También iniciamos estudios para comparar dos métodos de selección para aumentar el rendimiento y su estabilidad, evaluar la resistencia a los insectos de todas nuestras poblaciones y examinar la eficacia de los índices de selección para mejorar simultáneamente múltiples características.



Una cubeta de maíz de tierras altas rinde la dotación diaria de tortillas de una familia mexicana que incluye de seis a ocho miembros. Los granos que se muestran aquí, llamados nixtamal, fueron hervidos en agua y cal, y se molerán para producir la masa que se usa para hacer tortillas.

Thomas Luoba



**Resistencia al achaparramiento del maíz, América Central.** Los investigadores de los programas nacionales seleccionan cuatro poblaciones para obtener resistencia al achaparramiento del maíz, coordinados por un especialista en maíz del programa regional de América Central y el Caribe. Durante 1988 se lanzaron tres variedades resistentes al achaparramiento, una en la República Dominicana, otra en Honduras y la tercera en Nicaragua; además, en este último país se sembraron 60,000 hectáreas con variedades resistentes al achaparramiento. También se obtuvieron cuatro híbridos resistentes a la enfermedad, dos en Guatemala, uno en Honduras y otro en El Salvador.

**Programa de mejoramiento del CIMMYT/IITA en África occidental.** Este proyecto conjunto se inició en la sede del IITA en Nigeria en 1980, con el propósito de incorporar genes para lograr la resistencia al virus del rayado del maíz en poblaciones y variedades experimentales del CIMMYT para las zonas bajas tropicales de África al sur del Sahara. Para 1988, se había alcanzado un alto grado de resistencia en la población La Posta y, a partir de ella, se habían desarrollado 14 variedades resistentes. En 16 variedades derivadas de otras fuentes se había realizado la conversión a la resistencia al rayado mediante el retrocruzamiento; otras 23 estaban aún en este proceso (incluidas 11 variedades lanzadas en los programas nacionales) y se habían lanzado en seis países 14 variedades basadas en conversiones a la resistencia al rayado.

**Tolerancia a suelos ácidos, Zona Andina.** En el programa andino de maíz, creamos germoplasma con tolerancia a suelos ácidos. Este año, de acuerdo con los resultados de los ensayos internacionales realizados en 1986-1987, seleccionamos y recombinamos las entradas promisorias de las 600 líneas S1 ensayadas y formamos cuatro poblaciones. También continuamos mejorando las poblaciones tolerantes formadas anteriormente y comenzamos a desarrollar variedades experimentales a partir de ellas.

**Estación de investigación sobre el maíz para altitudes intermedias en Zimbabwe.** En este programa de mejoramiento manejamos una gran cantidad de complejos de germoplasma; varios de ellos tienen un buen desempeño en comparación con los híbridos ya disponibles en Zimbabwe, y pronto brindarán a los fitomejoradores de maíz de esta región muchas opciones para mejorar el germoplasma de altitud intermedia. Ensayamos 23 poblaciones nuevas para determinar su desempeño general y su resistencia a tres enfermedades frecuentes en ese tipo de medios, y las avanzamos a las etapas siguientes de mejoramiento. Sometimos 21 complejos nuevos a selección recurrente basándonos en su desempeño en las pruebas en múltiples localidades. Además, nos reunimos con investigadores de Malawi, Zambia y Zimbabwe para analizar sus programas de mejoramiento y enviamos ensayos a esos países y a Mozambique.

Región	Pruebas de progenie	Ensayos de variedades
África	10	255
Asia	11	393
Europa	0	3
América Latina y el Caribe	19	279
Oriente Medio	1	29
<b>Total de ensayos</b>	<b>41</b>	<b>969</b>
<b>Total de países</b>	<b>24</b>	<b>75</b>

*La mayor parte del germoplasma del CIMMYT posee una base genética más estrecha que la del material que lo originó; sin embargo, contiene suficiente diversidad para mejorar aun más el rendimiento y la resistencia a factores bióticos y abióticos desfavorables.*

**Ensayos internacionales.** En comparación con 1987, este año aumentó casi un 10% la distribución de ensayos, con un total de 1,000 enviados a 75 países (véase el cuadro). Entre ellos había 55 juegos del Ensayo 17 de Variedades Experimentales de maíz para tierras altas, que se había distribuido por última vez en 1978 y este año fue enviado a 21 países. Sobre la base de los resultados de los ensayos de variedades, los investigadores de 64 países solicitaron 2,418 kg de semilla. En nuestro presente estudio sobre los mega-ambientes del maíz, almacenamos en nuestra base de datos computarizada información proveniente de 64 países, publicamos una recopilación preliminar de esta información y transferimos la base de datos a un archivo Lotus para computadoras personales, de tal modo que pueda ser usada por el personal de los programas regionales de maíz.

### Mejoramiento de germoplasma en las regiones

Con el fin de resolver problemas particulares de la investigación o manejar ciertas clases de germoplasma, el Programa de Maíz ha establecido varios programas cuya labor complementa la efectuada en la sede del CIMMYT y que puede ser realizada más convenientemente en otras localidades, bajo la coordinación del personal regional.

### Resistencia al mildiú veloso, sudeste de Asia.

Para 1988 habíamos terminado de mejorar dos poblaciones para obtener resistencia al mildiú veloso, éstas regresaron a México para ser sometidas a nuevas pruebas y distribuidas en ensayos internacionales de progenie.

El curso en servicio de mejoramiento de maíz ahora incluye una instrucción mucho más extensa sobre la conservación de los recursos genéticos, así como una introducción a la biotecnología.

### Apoyo directo a los programas nacionales de investigación

Además de sus responsabilidades en la investigación, todo el personal del Programa de Maíz brinda apoyo directo a los programas nacionales, principalmente mediante la capacitación y el asesoramiento. Parte del personal se concentra de manera casi exclusiva en esta labor, en particular quienes participan en la capacitación ofrecida en la sede y en los programas bilaterales o regionales fuera de México.

**Capacitación en la sede.** En 1988, el Programa de Maíz recibió a 31 científicos visitantes provenientes de 23 países, dos becados por empresas químicas y cinco científicos visitantes patrocinados por el gobierno de Japón, además de un total de 68 participantes en los cursos de capacitación en servicio sobre el mejoramiento de maíz y la investigación del manejo de cultivos (véase el cuadro). En concordancia con los cambios recientes en el programa de Maíz, efectuamos varios ajustes en el currículum del curso sobre mejoramiento. Por ejemplo, ahora incluye una instrucción mucho más amplia sobre la conservación de los recursos genéticos y una introducción a la biotecnología. Además, los participantes en el curso se centran más en la elección entre diversos métodos fitotécnicos y expresan mayor interés en la creación de híbridos. Otras innovaciones son la capacitación intensiva

en el uso de microcomputadoras y en proyectos de investigación (relacionados con el uso de las accessiones del banco, por ejemplo) que aportan información valiosa para el CIMMYT y los participantes en el curso.

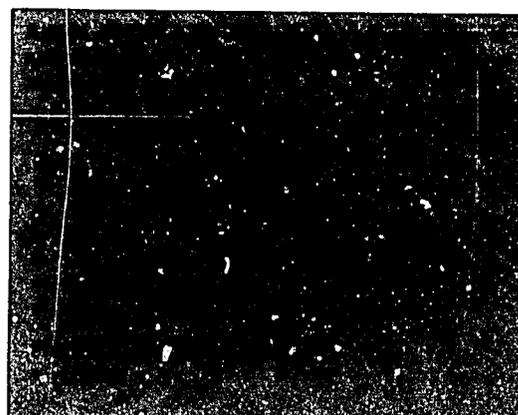
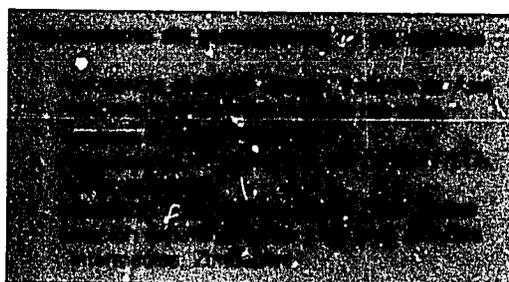
Si bien el curso sobre la investigación del manejo de cultivos fue muy similar a los de años anteriores, hicimos cambios que resultarán en una capacitación más apropiada para los investigadores de los países en desarrollo. Pensamos reducir el tiempo dedicado a los cursos sobre manejo de cultivos en la sede (lo que dejará más tiempo para elaborar material didáctico), reorientar la capacitación ofrecida aquí hacia investigadores más experimentados y, gradualmente, incrementar la instrucción impartida en los programas nacionales y regionales. Este último cambio quizá atraiga a más científicos de los programas nacionales y, por consiguiente, aumentará nuestras posibilidades de lograr un efecto "multiplicador". Si bien estos cambios no se pondrán en práctica hasta 1989, ya fueron prefigurados durante los cursos de 1988 por el mayor énfasis en el diagnóstico de problemas en las parcelas experimentales y la planificación de la investigación, y por la experiencia más amplia que adquirieron los participantes sobre la producción de maíz en diferentes ecologías.

#### Apoyo al desarrollo de germoplasma

- Recursos genéticos:
- Banco de germoplasma
  - Cruzas amplias
- Protección de los cultivos:
- Entomología
  - Patología
  - Fisiología
  - Maíz híbrido

#### Mejoramiento del germoplasma en la sede

- Complejos de germoplasma para zonas bajas tropicales
  - Complejos de germoplasma para zonas subtropicales
  - Maíz para tierras altas
  - Maíz con calidad de proteína (QPM)
- Distribución de germoplasma:
- Mejoramiento de poblaciones
  - Pruebas internacionales



En la sede  
En las regiones

*En 1988, se proyectaron varios cambios en la estructura del Programa de Maíz que se realizarán en 1989. Los más notables son la creación de algunos subprogramas (por ejemplo, protección de cultivos) y la designación de un coordinador para cada subprograma y de un jefe de grupo para cada región.*

**Zona Andina.** Además de crear germoplasma tolerante a suelos ácidos, trabajamos con nuestros colaboradores en áreas de la investigación que tienen especial importancia para la región. Así, en apoyo a los esfuerzos en la sede del CIMMYT para reorientar la investigación sobre el QPM, efectuamos 22 ensayos con híbridos. Asimismo, colaboramos con científicos en Ecuador en el mejoramiento y diseminación de germoplasma de maíz harinoso para la Zona Andina, con especial atención en la producción de semilla y la resistencia al virus del rayado fino (esta última labor en cooperación con el programa nacional de Perú) y al gusano elotero. Un proyecto sobre la producción de semilla y las tecnologías después de la cosecha completó su primer año en Ecuador y tuvo tanto éxito que, en 1989, se duplicará el número de agricultores participantes. También ayudamos a organizar actividades de formación de personal y conferencias, entre ellas un curso sobre microcomputadoras en Perú, un seminario itinerante en Ecuador y nuestra 13a reunión regional, celebrada en Perú, a la cual asistieron 80 científicos de 15 países.

**Asia.** Aparte de continuar con el proyecto de mejoramiento de la resistencia al mildiú veloso (p. 31), colaboramos en la investigación sobre el germoplasma para suelos ácidos iniciando la selección en Indonesia para obtener tolerancia a la toxicidad del aluminio en materiales proporcionados por el Programa Regional Andino. También ofrecimos varios cursos, incluidos dos sobre la producción de semilla (uno en Tailandia y otro en Nepal), participamos en numerosas sesiones de planificación en toda la región y contribuimos a organizar diversas reuniones científicas, entre ellas nuestro tercer taller regional, que se llevó a cabo en China y contó con la presencia de 60 científicos que representaban a 10 países.

**Este de África.** En este programa apoyamos las investigaciones sobre el mejoramiento de maíz y el manejo de cultivos, estas últimas con fondos para proyectos especiales aportados por la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID). Un desafío importante para muchos países de la región es la rápida propagación del virus del rayado del maíz desde las tierras bajas a las de altitud intermedia y elevada. Los fitomejoradores de Burundi han respondido comenzando a incorporar la resistencia al rayado en el Compiejo 9a, un material para tierras altas proporcionado por el CIMMYT, y, en Uganda, se multiplica en gran escala la semilla de varias variedades resistentes al rayado para su verificación y distribución a los agricultores.

Tanto los fitomejoradores como los especialistas en el manejo de cultivos investigan la combinación de toxicidad del aluminio y suelo ácido, cuya extensión es aún limitada pero que tiene consecuencias desastrosas en los lugares donde existe. En Burundi y Rwanda, se evaluó en esas condiciones el desempeño de 120 materiales para tierras altas provenientes del CIMMYT (incluidas algunas accesiones del banco) y, en Kenya, el de cinco variedades del programa de maíz para tierras altas del Centro. No obstante, más importante que el genotipo en sí son las prácticas agronómicas para suelos ácidos. Otro problema que requiere el estudio de los especialistas en fitomejoramiento y manejo de cultivos es la hierba parásita *Striga*, sobre la cual se ha iniciado una investigación conjunta en Kenya.

**América Central y el Caribe.** La resistencia al achaparramiento del maíz es una de las cuatro áreas principales en las que se concentran los fitomejoradores en América Central; las otras son la adaptación del germoplasma a una humedad reducida, el mejoramiento de la resistencia a la pudrición de la mazorca y el desarrollo de híbridos. Además de los materiales resistentes al achaparramiento mencionados en la página 31, se lanzaron dos variedades adaptadas a la escasez de humedad, una en Honduras y la otra en El Salvador. Un híbrido lanzado en Guatemala superó el rendimiento de 35 híbridos provenientes de otros programas nacionales y de empresas transnacionales productoras de semilla, en los ensayos realizados en 20 localidades de nueve países por el Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimentarios (PCCMCA). Este organismo, que celebró su 24a reunión anual en 1988, es en gran medida responsable de la cooperación eficaz en la región y ha coadyuvado mucho a los logros individuales de programas como el de Guatemala. La producción de semilla es otra actividad que progresa con rapidez en la región. Durante 1988, el CIMMYT contribuyó a ese avance ofreciendo un curso sobre la producción de semilla en Panamá y organizando talleres sobre la industria de la semilla en El Salvador, Guatemala y Honduras.

**Países de origen de los participantes en los cursos en servicio de maíz, 1988.**

	Mejora- miento de maíz	Maneje de los cultivos
<b>África</b>		
Congo	1	-
Etiopía	1	1
Ghana	-	2
Kenya	-	3
Malawi	2	4
Mali	-	1
Somalia	1	1
Tanzania	1	4
Uganda	1	-
Zambia	3	-
Zimbabwe	1	-
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>16</b>
<b>Asia</b>		
Bangladesh	1	-
Bután	-	1
China	3	1
Filipinas	2	1
Indonesia	1	2
Malasia	1	1
Nepal	1	1
Pakistán	-	1
Tailandia	3	2
Vietnam	4	2
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
<b>El Caribe</b>		
Haití	-	1
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>Oriente Medio y norte de África</b>		
Argelia	-	2
Egipto	1	1
Marruecos	1	1
Siria	-	2
Turquía	2	2
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
<b>Total de participantes</b>	<b>31</b>	<b>37</b>
<b>Total de países</b>	<b>19</b>	<b>22</b>

**Oriente Medio y norte de Africa.** En los últimos años los programas nacionales de algunos de los países de la región han perdido gran parte de su personal más capacitado, que se ha trasladado a empresas privadas de semilla. Para ayudar al sector público a seguir cumpliendo con su responsabilidad de mejorar la producción de maíz, dedicamos ahora más esfuerzos que antes a la capacitación. Así, este año se inició un programa regional de capacitación en la producción de semilla con un curso realizado en Egipto.

**Sur de Africa.** Como en el programa regional del este de Africa, apoyamos las investigaciones tanto sobre mejoramiento de maíz como el manejo de cultivos y, en estas últimas, trabajamos en estrecha colaboración con los economistas del CIMMYT. Mediante el suministro de germoplasma y el asesoramiento, cooperamos en varias actividades de generación de variedades en la región, en particular en Malawi, Mozambique y Zambia. Para apoyar las investigaciones sobre el manejo de cultivos, realizamos intensas actividades de capacitación

en el país, haciendo hincapié en las técnicas para el diagnóstico en las fincas (por ejemplo, en un taller regional efectuado en Zimbabwe y en dos talleres específicamente para el personal de extensión) y en el análisis e interpretación de los resultados de los ensayos de la investigación en fincas. Este año expandimos esta última categoría de capacitación en respuesta a la gran demanda en toda la región. En la investigación sobre las técnicas para el diagnóstico, hicimos hincapié en vigilar estrictamente los campos de agricultores en cooperación con investigadores de Zambia y Zimbabwe. En Malawi, contribuimos a establecer vínculos más estrechos entre los equipos de investigación sobre productos de maíz y los de investigación adaptiva estimulando el estudio de temas de mutuo interés para los dos grupos.

**Ghana.** El Proyecto de Desarrollo de Cereales de Ghana está subvencionado por el gobierno de ese país y por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) y es llevado a cabo por el Instituto de Investigaciones sobre los Cultivos (CRI) de Ghana y el CIMMYT. En 1988 el proyecto concluyó su noveno año e, impulsado por los notables resultados obtenidos, inició una nueva etapa de cinco años. Ha contribuido fundamentalmente a (1) establecer tecnologías mejoradas para la producción de maíz y caupí (con la coordinación del IITA en la labor sobre el caupí) mediante investigaciones multidisciplinarias en las estaciones experimentales y en las fincas, y (2) a aumentar la eficiencia del personal de extensión (del Consejo para el Desarrollo de Cereales y Leguminosas y del Ministerio de Agricultura) brindando capacitación, fortaleciendo los vínculos entre la investigación y la extensión y aplicando una estrategia para transferir tecnologías mejoradas a los agricultores. Ahora que ha crecido la capacidad técnica del programa nacional, haremos hincapié en las habilidades administrativas durante la próxima etapa, como preparación para el traspaso total de la conducción del proyecto al personal ghanés.



Nathan Russell

*La agricultora ghanesa Ama Amponsah cultiva maíz y yuca junto con otros cultivos, para asegurar el alimento de su familia. El GGDP, un proyecto bilateral en el que participa el CIMMYT, ha formulado recomendaciones que podrían aumentar la eficacia de su sistema de cultivo intercalado.*

## Investigación de trigo

Entre los aspectos más destacados de 1988, un año de gran actividad para el personal del Programa de Trigo que trabaja en la sede y en las regiones, se cuentan una reorganización profunda del programa, la nueva y extensa cooperación con el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Andas (ICARDA) y la recepción del Premio Rey Balduino a la Investigación Agrícola Internacional.

Mediante la nueva estructura que en parte surgió de las deliberaciones durante la revisión externa de los programas y la administración, se descentralizarán las responsabilidades administrativas y se facilitarán las modificaciones de las actividades así como el avance general hacia investigaciones más estratégicas. Con la reorganización, el germoplasma aún será nuestro producto principal, pero haremos hincapié en el fortalecimiento de las investigaciones disciplinarias y en un manejo más eficiente. Uno de los cuatro subprogramas nuevos es el de recursos genéticos (véase la figura, p. 36), y su creación refleja nuestra conciencia de que la diversidad genética es fundamental para sostener la producción de trigo en el futuro, también formaliza nuestro compromiso de reunir, conservar, evaluar, documentar, distribuir y utilizar todo tipo de recursos genéticos de trigo.

Una parte importante de nuestro acuerdo con el ICARDA implica la realización de actividades vinculadas con los recursos genéticos con el asesoramiento del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR). Compartiremos con el ICARDA las responsabilidades y el respaldo en relación con diversas categorías de germoplasma (en la sección concerniente a las actividades regionales se dan detalles acerca del acuerdo, p. 45).

Durante la Semana de los Centros Internacionales celebrada en noviembre, se otorgó al CIMMYT el Premio Rey Balduino a la Investigación Agrícola Internacional por la generación de los trigos Veery. Las variedades derivadas de estos trigos, que ahora se cultivan en más de cuatro millones de hectáreas de 20 países en desarrollo en cinco continentes, tienen un potencial de rendimiento medio que es aproximadamente un 10% mayor que el del trigo Siete Cerros 66 y de otras variedades de alto rendimiento y adaptación amplia que tuvieron gran aceptación a comienzos de los 70. La creación de estos trigos constituye un excelente ejemplo de los resultados que se pueden obtener cuando los fitomejoradores disponen de una amplia gama de recursos genéticos. En este caso, se combinaron las mejores características de los dos complejos de germoplasma principales (trigo de hábito invernal y trigo de hábito primaveral) mediante el

cruzamiento de un trigo ruso de invierno, dos trigos mexicanos de primavera y un trigo de primavera proveniente de la India.

### Recursos genéticos

Este nuevo subprograma abarca las secciones de recursos genéticos de trigo (banco de germoplasma), cruza amplia y enriquecimiento de germoplasma. En general, las actividades se orientan a la conservación de germoplasma y la ampliación de la diversidad del complejo de germoplasma de trigo disponible para los fitomejoradores (véase la p. 38, donde se describen nuestras responsabilidades en la nueva colección de base, asumidas en forma conjunta por el ICARDA).



**Un agricultor mexicano entrega su abundante cosecha en una estación de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), la dependencia gubernamental que se encarga de la comercialización nacional de granos.**

Thomas Luba

En vista de que la colección mundial de germoplasma de trigo no incluye las antiguas variedades de trigo harinero de primavera, el CIMMYT hará un esfuerzo especial para reunir y conservarlas.

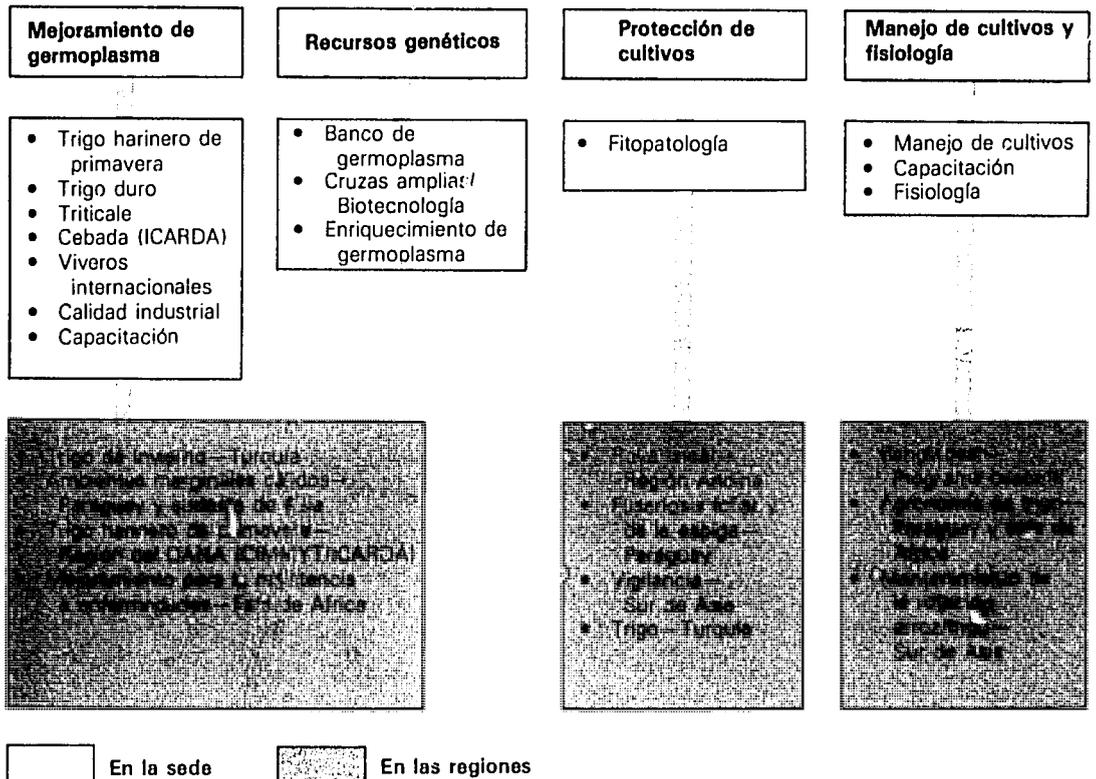
Como menciona Sir Otto Frankel en la sección Punto de vista de este informe, aceptar la responsabilidad de una colección mundial de base implica obligaciones, fundamentalmente en la recolección, evaluación y documentación del germoplasma. Pensamos que la colección mundial de germoplasma de trigo carece de variedades antiguas de trigo harinero de primavera (material seleccionado y desarrollado por fitomejoradores), ya sea las cultivadas en extensiones limitadas de regiones aisladas o que ya no se siembran. Haremos un esfuerzo especial para recolectar esas variedades. Por ejemplo, existen sin duda muchas características útiles en las casi 800 variedades generadas por fitomejoradores de la India desde comienzos de siglo, la mayoría de las cuales han sido reemplazadas por los trigos mexicanos. El CIMMYT y la India deben asegurarse de que no se extingan estas variedades y las características especiales que puedan tener. En Pakistán, Turquía, el norte de África y otros lugares hay variedades antiguas en situaciones similares.

La recolección de variedades criollas (materiales seleccionados y mantenidos por los agricultores a través de los siglos) tendrá una prioridad menor ya que, como señala Sir Otto Frankel, ya se cuenta con colecciones representativas de variedades criollas de muchos cultivos, en

particular del trigo. No obstante, no desaprovecharemos la oportunidad de recolectar variedades criollas cuando sea viable. Así, recientemente la sección de recursos genéticos de trigo recolectó algunas variedades criollas españolas del siglo XVI que aún cultivan en pequeña escala los agricultores de remotas zonas montañosas del estado de Michoacán, México. Nos enteramos de la existencia de esos trigos gracias a una geógrafa que trabaja para el Programa de Economía del CIMMYT en esa región (véase la sección Investigación de economía).

La colección actual del CIMMYT contiene accesiones de variedades criollas, 9,600 de trigo harinero y 3,900 de trigo duro, y hay muchas otras en bancos nacionales y regionales de todo el mundo. Evaluaremos las variedades criollas que aún no han sido incluidas en programas de mejoramiento de trigo para (1) establecer los datos de origen ("pasaporte"), (2) efectuar su clasificación y (3) evaluar algunas características. Estas variedades criollas quizá ofrezcan nuevas oportunidades para la selección y utilización.

En cuanto a la documentación y el intercambio de información, en el Programa de Trigo ya funciona un sistema computarizado de manejo de genealogías (PMS). Este sistema es una base de



**El Programa de Trigo ahora consta de cuatro subprogramas nuevos. Esta reestructuración ayudará a descentralizar las responsabilidades administrativas y facilitará la investigación estratégica.**

datos genealógicos que identifican las variedades lanzadas, las líneas avanzadas y las líneas en mejoramiento según sus progenitores y registran las poblaciones segregantes de los programas fitotécnicos. En lo concerniente a variedades criollas, trigos primitivos y especies silvestres, la base de datos contiene información de pasaporte limitada, como el país de origen, el nombre y el año de la recolección o el lanzamiento. Con el PMS, es posible usar diversas funciones de la base de datos para la publicación. Por ejemplo, hemos acordado publicar el Catálogo de Abreviaturas de las Variedades de Trigo, que antes producía la Universidad Estatal de Oregon, EUA. Otra función útil es la capacidad de realizar análisis de agrupamiento jerárquico, sobre la base de las genealogías de las accesiones del banco (véase la figura en la p. 40). Esos análisis nos permitirán agrupar el germoplasma de nuestro banco y determinar las variedades criollas originales y las antiguas que constituyen la base de nuestras variedades modernas. En 1989 comenzaremos a conectar al sistema PMS las bases de datos del banco, de los viveros internacionales y de los ensayos de rendimiento. Tal vez el esquema total sea algún día compatible con otros sistemas importantes, por ejemplo, en EUA, Etiopía, India, Japón y Turquía, y, con el tiempo, la Unión Soviética, de tal modo que se pueda intercambiar libremente información valiosa sobre los recursos genéticos.

La biología molecular parece ofrecer un gran potencial para el mejoramiento de trigo. Desde fines de los 70, el CIMMYT ha aplicado técnicas de cruza amplia para introducir genes útiles dentro de una misma especie y entre especies lejanamente emparentadas. Las tecnologías genéticas más recientes prometen acelerar éste y otros trabajos. Cuando se llevó a cabo en el CIMMYT el Segundo Simposio Internacional sobre la Manipulación Genética de los Cultivos, celebrado en agosto y al que asistieron más de 50 especialistas de países desarrollados y en desarrollo, se hizo evidente que ese tipo de investigación redefine el potencial del mejoramiento. La reunión constituyó una oportunidad para sintetizar los logros actuales de la investigación mediante la manipulación genética y planear estrategias para el futuro. Se publicarán las memorias del simposio en 1989. Al ser el anfitrión de la reunión, el CIMMYT demostró su interés en este tipo de investigaciones. El Programa de Trigo participará en la labor de facilitar la rápida explotación de las técnicas recientes y vincular a los fitomejoradores con la nueva unidad de biotecnología del Centro, para la cual se construye actualmente un laboratorio. Los procedimientos que usan el cultivo de tejidos, los F<sup>2</sup>LP, las lisozimas y la incorporación de genes de especies silvestres, prometen aumentar aún más la eficiencia de las actividades de premejoramiento al proporcionar nuevos recursos genéticos a nuestros fitomejoradores. En vista de nuestras responsabilidades en cuanto a la colección de



Thomas Lubka

*Las ruinas tarascas en Ihuatzio, estado de Michoacán, nos recuerdan la cultura indígena que existía cuando los españoles introdujeron el trigo en 1530. Bent Skovmand, jefe del banco de germoplasma de trigo, recolecta variedades de origen español que aún son cultivadas por los pequeños agricultores de la región.*

base y el avance hacia actividades de investigación molecular, se ha proyectado la expansión del subprograma de recursos genéticos durante los próximos cinco años.

**El banco de germoplasma.** Durante 1988, distribuimos más de 2,100 líneas, cerca de 1,700 a fitomejoradores del CIMMYT y más de 350 a 19 programas nacionales. Obtuvimos 3,500 líneas para incluirlas en el banco, la mitad provenientes de ocho programas nacionales y las demás de nuestros mejoradores en la sede. Se hizo mucho hincapié en definir los nombres y genealogías de las accesiones para incluirlas en el sistema de manejo de genealogías antes mencionado.

**Cruzas amplias.** En 1988, se suministró a los fitomejoradores material nuevo obtenido en nuestra labor intergenérica. Se pasaron a la sección de trigo harinero para evaluaciones adicionales líneas avanzadas estables derivadas de las especies *Agropyron distichum* y *Elymus giganteus*, seleccionadas para obtener resistencia a la roya foliar, variación del color del grano, madurez y homocigosis 1B/1R o 1B. Ahora se están ensayando líneas de este material en el vivero internacional de selección de trigo harinero,

(continúa en la p. 40)

## Conservación y utilización de los recursos genéticos de trigo

El CIMMYT reconoce la importancia de conservar los recursos genéticos en mayor escala y ha acordado compartir las responsabilidades de preservar el germoplasma de trigo con el ICARDA.

### Conservación

En el CIMMYT, la conservación de los recursos genéticos de trigo ha evolucionado de una pequeña instalación de almacenamiento refrigerado (1966 a 1981), que salvaguardaba una cantidad limitada de materiales importantes para el fitomejoramiento, al actual almacenamiento de semilla con cuatro cámaras frigoríficas. Este moderno banco de germoplasma mantiene ahora en almacenamiento a mediano plazo (10-20 años a 0 °C) casi 62,000 accesiones de trigo harinero y duro, triticale, cebada, trigos primitivos y especies silvestres afines, y, desde su establecimiento en 1981, ha distribuido unas 67,000 muestras del germoplasma almacenado a programas nacionales de todo el mundo.

**Estructura actual del banco.** El germoplasma del banco se divide en dos colecciones, una constituida por 30,758 accesiones (viveros internacionales de selección y ensayos de rendimiento, bloques de cruzamiento de primavera e invierno, triticales primarios, progenitores y cruza interespecíficas e intergenéricas) y la otra, por 31,025 accesiones (entradas con potencial conocido para el mejoramiento, variedades criollas y especies silvestres).

**Nueva misión.** Nuestra principal preocupación hasta el momento ha sido conservar el germoplasma generado por nuestros propios fitomejoradores. Sin embargo, en 1988, como

parte de nuestra estrategia para el futuro, reconocimos la importancia de conservar recursos genéticos en una escala más amplia. Después de deliberar con el IBPGR, hemos acordado compartir con el ICARDA la responsabilidad de conservar el germoplasma de trigo, según el nuevo acuerdo con ese organismo. Nos hemos hecho cargo de la colección mundial de base de trigos harineros y triticales, mientras que el ICARDA ha asumido la responsabilidad de la colección de base de trigos duros y especies silvestres afines al trigo. Se duplicarán las respectivas colecciones de base de cada centro como respaldo para el otro centro. Con el fin de alojar la nueva colección de base, en un futuro próximo se añadirá una instalación para el almacenamiento a largo plazo (20 años o más, a -18 °C).

**Evaluación del germoplasma.** Los fitomejoradores del CIMMYT prevén la necesidad de una mayor variabilidad genética en los próximos 10 a 15 años. Por ejemplo, nuestro énfasis en el mejoramiento para zonas marginales exige una variabilidad para la tolerancia a la sequía y a otros factores abióticos desfavorables. Una misión fundamental de la sección de recursos genéticos de trigo será identificar esa variabilidad y ponerla a disposición de los fitomejoradores. En consecuencia, para satisfacer esas necesidades formulamos un programa de evaluación sistemática que quizá incluya establecer una colección "central", elemento examinado por Sir Otto Frankel en la sección Punto de vista de este informe. Esta colección central será representativa de toda la colección disponible para la evaluación y distribución a los programas nacionales que requieren mayor variabilidad. Esto ofrece también la ventaja de que la colección representativa será evaluada a fondo y podrá ser distribuida con la base de datos completa.

**Manejo de la información.** En la actualidad creamos bases de datos para manejar los datos de pasaporte e información sobre la caracterización y la evaluación. Se proyecta que estas bases de datos interactúen con el sistema de manejo de genealogías recientemente establecido (véase la figura, p. 40), lo que hará que el programa sea accesible no sólo para los fitomejoradores del CIMMYT sino también, mediante programas adicionales de computación, para los programas nacionales y regionales de recursos genéticos de trigo. Finalmente, se dispondrá del catálogo de accesiones del banco en CD-ROM, como ya sucede con el banco de germoplasma de maíz.



Una importante actividad del banco de germoplasma de trigo es identificar la variabilidad genética para características claves que poseen las más de 60,000 accesiones almacenadas en el banco.

Sergio Pastén

## Utilización

El almacenamiento de los recursos genéticos en un banco de germoplasma asegura su preservación, pero sólo es parte de lo que se necesita para generar variedades mejoradas; la otra parte es la utilización de esos recursos. Una vez evaluado el material conservado en nuestro banco de germoplasma y en otros lugares para determinar sus características valiosas, corresponde a dos secciones (cruzas amplias y enriquecimiento de germoplasma) del subprograma de recursos genéticos poner esas características a disposición de los fitomejoradores del CIMMYT y de los colaboradores para el mejoramiento de variedades.

**Cruzas amplias.** A medida que aparecen nuevas razas de patógenos y el cultivo del trigo se extiende a otras zonas, líneas de material genético extraño introducidas a partir de híbridos provenientes de cruzas amplias pueden resultar de gran valor como fuente de variabilidad adicional para el complejo de germoplasma convencional. Desde el inicio de la investigación sobre cruzas amplias en el CIMMYT en 1979, se ha avanzado mucho hacia esa meta. Parte de esa investigación se efectúa en colaboración con laboratorios de la India, Estados Unidos, Pakistán y el Reino Unido.

Los géneros extraños incluyen alrededor de 325 especies anuales y perennes de la tribu Triticeae, como *Agropyron*, *Elymus*, *Haynaldia*, *Secale* y *Hordeum*. En el último decenio, hemos tenido un éxito considerable en la producción de híbridos complejos, superando restricciones impuestas por las barreras de la cruzabilidad y mejorando el desarrollo de embriones. Se han establecido procedimientos para avanzar híbridos F<sub>1</sub> mediante la citogenética aplicada, con el fin de facilitar la generación de derivados avanzados que sean resistentes a la roya foliar, *Helminthosporium* y *Fusarium*, y tolerantes al cobre y la sal. Hemos pasado a los fitomejoradores varios derivados de trigo x *A. distichum* y x *E. giganteus* que han mejorado el color del grano y la resistencia a la roya foliar. En algunos casos esos derivados están en la etapa de prueba de rendimiento en ciertos programas nacionales.

En 1988 comenzamos trabajos intensivos para incorporar la variabilidad de la resistencia a factores bióticos y abióticos desfavorables a partir de fuentes muy afines (principalmente especies *Triticum*). Aquí manipulamos los genomas A, B y D del trigo hibridándolos con fuentes similares o casi similares, como *T. monococcum* en el caso del genoma A, *T. speltoides* en el del genoma B y *T. tauschii* en el del genoma D. Actualmente se evalúa una serie de trigos sintéticos cuyos progenitores tienen altos grados de tolerancia al carbón parcial, con el fin de determinar su tolerancia a esta enfermedad y a otras enfermedades y factores ambientales desfavorables.

**Enriquecimiento de germoplasma.** Existen muchos genes útiles dispersos en variedades criollas, trigos primitivos y variedades antiguas. Mediante fitotécnicas tradicionales en el campo, la sección de enriquecimiento de germoplasma (antes desarrollo de germoplasma básico) intenta transferir esos genes a líneas con buenas características agronómicas que los fitomejoradores puedan usar en sus programas de cruzamiento. Por ejemplo, sabemos que hay ciertas variedades criollas y antiguas de México y Pakistán que pueden tolerar la salinidad del suelo. En la actualidad tratamos de combinar sus bases genéticas en líneas para los fitomejoradores y, si tenemos éxito, aumentará el potencial de tolerancia a la sal de las líneas avanzadas que distribuimos a los programas nacionales.

Se han obtenido buenos resultados en transferir genes que otorgan un alto contenido proteínico, componentes de alto rendimiento y tallos sólidos, desde líneas primitivas a bases genéticas mejores. Las actividades actuales incluyen transferencia de la resistencia al carbón parcial del trigo duro y el triticale al trigo harinero, la resistencia a *Fusarium* del trigo harinero al duro y la introducción de las características de enanismo, madurez precoz y buen tipo de grano en el triticale.



Thomas Luba

La sección de enriquecimiento de germoplasma de trigo transfiere genes que influyen en los componentes del rendimiento, como espiga grande (derecha), a líneas que poseen buenas características agronómicas (izquierda) para los programas de cruzamiento.



Sergio Pastén

El objetivo de la sección de cruzas amplias de trigo, dirigida por A. Mujeeb-Kazi, es la transferencia de material genético útil de los híbridos al complejo genético convencional de trigo.

el bloque de cruzamientos de trigos harineros, los ensayos de rendimiento realizados en Ciudad Obregón y los ensayos nacionales de rendimiento de trigo en Pakistán. Las líneas avanzadas derivadas de cruzamientos de *Triticum aestivum* (trigo harinero) con *A. distichum*, *E. giganteus* y *A. curvifolium*, seleccionadas para obtener tolerancia a *Fusarium graminearum* en Toluca, continuaron expresando mayor tolerancia a *Helminthosporium sativum* en Poza Rica, donde esta infección se produce naturalmente. Estas líneas se someten a prueba en Brasil, China, Nepal y la República Federal de Alemania.

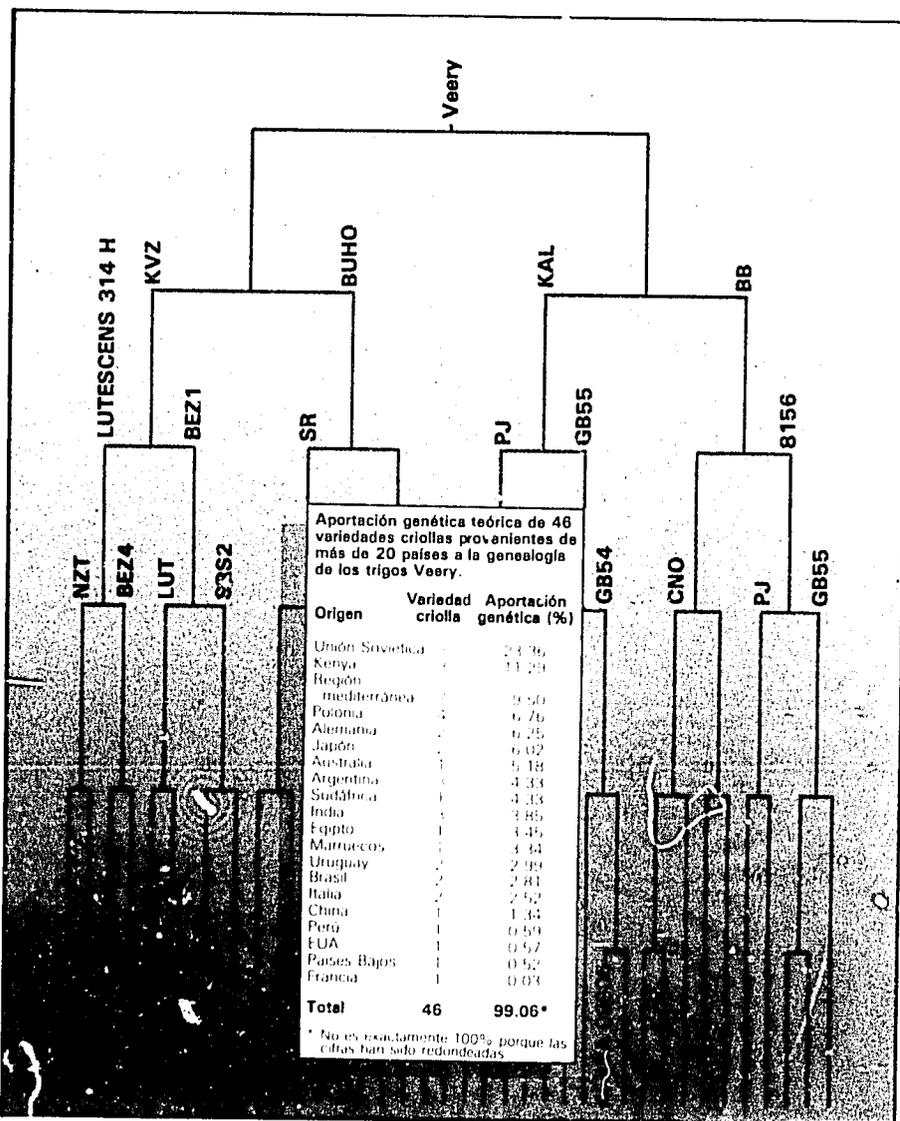
**Enriquecimiento de germoplasma.** Esta sección sigue persiguiendo el objetivo de incorporar en el germoplasma características útiles que puedan ser usadas en nuestras actividades fitotécnicas ordinarias con trigo y triticale. Por ejemplo, en el trabajo actual para ayudar a generar trigos harineros resistentes a una gran cantidad de enfermedades, continuamos formando líneas con buen tipo agronómico utilizando trigos brasileños. Varias de esas cruces han mostrado buena resistencia al carbón parcial en el transcurso de tres ciclos de pruebas. Además, se realizan esfuerzos especiales para transferir la resistencia a la roya foliar, una gran calidad de panificación y tipos de plantas con espigas grandes y fertilidad elevada.

### Mejoramiento de germoplasma

Este subprograma incluye siete secciones en la sede y actividades en cinco localidades regionales. Durante los cinco próximos años, proyectamos una ligera modificación de las actividades en el subprograma, pero planeamos mantener relativamente constante la dotación total de personal internacional. En noviembre, el jefe del subprograma, Sanjaya Rajaram, fue designado miembro de la Sociedad Estadounidense de Agronomía y de la Sociedad Estadounidense de Ciencias de los Cultivos. Ambos organismos hicieron referencia a las más de 120 variedades de trigo lanzadas en 30 países en desarrollo, que se obtuvieron a partir del germoplasma generado en actividades dirigidas por ese investigador en el CIMMYT en los últimos 20 años.

**Trigo harinero de primavera.** Continúa aumentando el potencial de rendimiento de nuestro germoplasma de trigo de primavera. En 1988, Kauz (= Ures/Opatá), una línea avanzada reciente, superó el nivel de rendimiento de su progenitor Veery (Ures) con un aumento medio del 3% en ambientes óptimos de temperatura elevada y con riego reducido en el estado de Sonora, México; en ambientes óptimos de Sonora y España, produjo 10 t/ha. Caracterizada por una mayor supervivencia de los macollos, Kauz tiene un grano blanco que es popular en muchos países en desarrollo.

**Trigo duro.** Se encontró que las variedades y líneas avanzadas del 16º Ensayo de Trigo Duro Elite poseen un gran potencial y estabilidad de rendimiento. Esas líneas incluían Mexicali 75, Yavaros 79, Altar 84, Chen'S', Aix'S', Yavaros 79'S'/H Reo/4'Sx, Wulp'S' y Chichaculote'S'/Sandpiper'S'/Yavaros 79'S'. Se usarán con frecuencia estas líneas en el plan de cruzamientos con el fin de combinar su gran potencial y estabilidad de rendimiento con distintas fuentes de resistencia a las enfermedades y de calidad de sémola. Las variedades con el tipo agronómico excepcional de hojas erectas, como Altar 84 y Yavaros 79,



Esta genealogía parcial de los trigos Veery, generada mediante el nuevo sistema de manejo de genealogías del Programa de Trigo, se remonta sólo cinco generaciones, pero muestra ya seis variedades criollas. Al usar el sistema para retroceder lo más posible, aparecen 46 variedades criollas, como lo indica el cuadro. La comparación de grupos varietales en los árboles jerárquicos de las variedades modernas ayudará a los mejoradores a encontrar el origen de características útiles en variedades específicas e identificar las que aún no se han usado en programas genotécnicos.

continúan superando récords (hasta 8 t/ha) en campos de agricultores, cultivadas con un alto nivel de insumos. Estas variedades y sus reselecciones o derivados se convierten en la base de la producción de trigo duro en el norte de África y el Medio Oriente, y constituyen el comienzo de una nueva industria de trigo duro en el sudoeste de Estados Unidos. Con Altar 84, nuestros agrónomos lograron rendimientos récord de más de 11 t/ha en las estaciones usando algunas prácticas mejoradas de cultivo (véase la sección sobre el manejo de cultivos y fisiología).

**Triticale.** Se obtuvieron rendimientos notablemente mejores en 1988; el 19 y 30% de las líneas avanzadas tuvieron rendimientos superiores a los de los mejores testigos en condiciones óptimas y de riego reducido, respectivamente. Las líneas más sobresalientes son derivadas de cruza interespecíficas de triticales invierno x primavera y completos x sustituidos. Estas líneas mostraron un potencial de rendimiento elevado y peso hectolítico alto y estable en varios medios. La información reciente proveniente de nuestros ensayos para tolerancia a la sequía indica que los triticales completos son superiores a los sustituidos en medios con escasa humedad. Un proyecto iniciado en 1988 y financiado por la Junta para la Cooperación en el Desarrollo y la Ayuda Humanitaria, de Suiza, tiene el objetivo de esclarecer el control genético y la bioquímica de la calidad industrial del germoplasma de triticale del CIMMYT.

**Cooperación ICARDA/CIMMYT en relación con la cebada.** Según el nuevo acuerdo entre el ICARDA y el CIMMYT, el primero continuará asignando un fitomejorador especializado en cebada a El Batán, quien seguirá concentrándose en el potencial de rendimiento y la resistencia a las enfermedades para las regiones más húmedas donde se cultiva el cereal, como la Zona Andina, China, Etiopía y Nepal. Las líneas de cebada con alto rendimiento y resistencia a múltiples enfermedades que se generaron en este programa conjunto fueron lanzadas en América Latina en 1988 o lo serán en un futuro cercano. En Bolivia, en ensayos de rendimiento se han identificado cebadas del ICARDA/CIMMYT resistentes a enfermedades que superaron en 2 t/ha el rendimiento del testigo nacional. Con la aparición en México de la raza 24 de la roya lineal en 1988, se ha producido una demanda de material del ICARDA/CIMMYT por parte del programa nacional mexicano. Se identificaron y se multiplican varias líneas que combinan la resistencia a la roya lineal con una buena calidad maltera.

**Viveros internacionales.** En 1988 se efectuó una encuesta entre los usuarios acerca del formato y la función de los boletines de los viveros internacionales. Con base en las respuestas,

introduciremos modificaciones que harán que estos documentos sean más útiles para el personal del CIMMYT y sus colaboradores. Por ejemplo, se recomendó el análisis de agrupamiento de los datos de todos los sitios. En el próximo ciclo, el Ensayo Internacional de Rendimiento de Triticale tendrá un diseño reticulado generalizado y se realizará la aleatorización independiente de las entradas en cada sitio. Evaluaremos la mayor precisión del ensayo que se prevé obtener con este procedimiento y se espera que haga que el agrupamiento a través de sitios sea más preciso.

En colaboración con la Unidad de Biometría, comenzamos a utilizar un tipo de análisis estadístico relativamente nuevo, el procedimiento de los Efectos Principales e Interacción Multiplicativa (AMMI), que aplicamos a grandes grupos de datos sobre los genotipos según los sitios, provenientes de los ensayos internacionales de rendimiento. El análisis puede ayudar a reducir la "interferencia" inherente a estos datos. En un ensayo con tres repeticiones, se seleccionan al azar dos repeticiones de cada combinación de genotipo y sitio, que se usan para construir el modelo que pronostica los valores de la repetición restante. Los valores pronosticados se aproximan más a los valores observados que las medias de las dos repeticiones usadas.

*Eronga 83, sembrada por el agricultor mexicano Mateo Campos (en el inserto con Judith Carney, geógrafa del Programa de Economía) es un ejemplo del vigor del triticale en medios difíciles. Campos, quien adoptó el triticale en 1965, lo siembra en la temporada seca sin aplicar fertilizante, y aun así obtiene un rendimiento de hasta 1.5 t/ha.*



Thomas Luba (inserto)  
Gene Hettel



Tony Fischer, director del Programa de Trigo (izquierda), y George Varughese, subdirector del Programa, asumieron sus cargos en 1988.

Gene Hettel

En 1988, enviamos a los científicos colaboradores de 84 países más de 2,000 conjuntos de viveros de trigo harinero, trigo duro y triticale, y 630 de viveros especiales y de generación de germoplasma (véase el cuadro). En cooperación con el ICARDA preparamos y distribuimos casi 300 conjuntos de viveros de cebada para su verificación en 56 países.

**Calidad industrial.** En el laboratorio de calidad de trigo, evaluamos características físicas y químicas vinculadas con la calidad del producto final. En 1988, observamos que la masa de varios trigos con la translocación 1B/1R no se volvía pegajosa si la mezcla se efectuaba a velocidad moderada. Esto es importante porque se ha afirmado que estos trigos tienen en general esa característica poco conveniente cuando la masa se mezcla a velocidades mayores. En otro estudio confirmamos que las harinas de triticales sustituidos tienen mejor calidad de panificación que las de los triticales completos, porque los sustituidos suelen tener un mayor contenido de gluten que los completos.

**Mega-ambientes del trigo.** Continúa la identificación y definición precisa a nivel mundial de los mega-ambientes de trigo a medida que establecemos las prioridades en la nueva estructura de nuestro Programa. Reconocemos que el verdadero valor de la delineación de mega-ambientes para los diversos cultivos incluidos en el subprograma de mejoramiento de germoplasma, se hace más evidente cuando los relacionamos estrechamente con las interacciones genotipo x ambiente. Un objetivo importante en

los próximos cinco años será confirmar los siete mega-ambientes señalados en la figura. Aún resta mucho por hacer para convalidar los mega-ambientes, fortalecer nuestra base de datos sobre ellos, y cuantificar mejor el estrés biótico y abiótico, así como los factores socioeconómicos que influyen en cada mega-ambiente.

### Protección de los cultivos

Este subprograma incluye actualmente una sección en la sede y actividades en cuatro localidades regionales. Las actividades de los ocho científicos internacionales que están asignados a la protección de los cultivos abarcan la mayoría de las principales enfermedades del trigo. En los próximos cinco años, esperamos fortalecer la investigación estratégica sobre los agentes patógenos más importantes que atacan al trigo. Esto nos permitirá aprovechar las aplicaciones iniciales de la biología molecular, que probablemente se produzcan en el área del manejo de las enfermedades.

**El carbón parcial.** Si bien el carbón parcial, causado por el hongo *Tilletia indica*, es una enfermedad de gravedad entre escasa y moderada en India, México, Nepal y Pakistán, como enfermedad que requiere cuarentena afecta mucho el desplazamiento del germoplasma en el mundo y dentro del programa fitotécnico del CIMMYT en México. Debido a la experiencia en la India, nuestros patólogos hacen hincapié en la resistencia genética como una solución a largo plazo poco costosa. En consecuencia, seleccionamos germoplasma de trigo en busca de variabilidad genética de la resistencia, cuya existencia fue confirmada por los resultados obtenidos en 1988. En comparación con un grado máximo de infección del 86% de los granos después de la inoculación artificial, 58 líneas de trigo harinero del Cuarto Vivero de Selección de la Resistencia al Carbón Parcial presentaron una infección de menos del 4%. Estas líneas han mostrado uniformemente poca susceptibilidad al hongo durante por lo menos cuatro años. Además, confirmamos la eficacia del propiconazol para reducir la infección cuando éste se rocía al iniciarse la floración. Como parte de nuestras actividades para obtener germoplasma resistente al carbón parcial, establecimos un acuerdo con la Universidad Agrícola del Punjab (PAU) en 1988. Habrá un intercambio constante de germoplasma y científicos entre la PAU y el CIMMYT en esta actividad de mejoramiento alternado. Se distribuirá el germoplasma generado como un producto conjunto del CIMMYT y la PAU en nuestro sistema de viveros internacionales.

**Vigilancia mundial de las enfermedades y genética de la resistencia a las royas.** Desde el decenio de 1970, hemos llevado a cabo un programa de vigilancia de enfermedades en el que una red de colaboradores ha ayudado a vigilar y detectar las enfermedades y razas

	Trigo harinero	Trigo duro	Triticale	Cebada	Desarrollo de germoplasma especiales <sup>a</sup>	Ensayos
África	253	106	59	69	57	71
Asia	289	47	44	69	75	46
Europa	178	115	90	58	48	59
Latinoamérica	307	106	83	42	63	80
Oriente Medio	128	75	24	37	36	40
Northamérica	56	19	20	21	18	24
Oceania	15	10	10	3	3	10

<sup>a</sup> Estos incluyen los Viveros Internacionales de Observación de Enfermedades, el Vivero para Selección de Carbón Parcial y los Viveros del Virus del Enanismo Amarillo de la Cebada.

patógenas más frecuentes. Durante 1986 se expandió esta actividad para incluir las razas más frecuentes de los tres tipos de roya. Diversos aspectos de la vigilancia e investigaciones afines sobre la genética de la resistencia a las royas reciben el apoyo de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ).

En 1988 realizamos en México un estudio detallado de la variación de la patogenicidad de *Puccinia recondita tritici* (roya foliar) e identificamos 18 razas. Asimismo, identificamos seis razas de *P. graminis tritici* (roya del tallo). También se investigó la presencia de genes de la resistencia a la roya foliar y otros genes de resistencia parcial (en planta adulta) en 47 variedades mexicanas lanzadas entre 1960 y 1988. Efectuamos análisis patológicos y genéticos detallados de la resistencia parcial a *P. recondita tritici* en el germoplasma de trigo harinero del CIMMYT. Se encontró que el germoplasma tiene mucha variabilidad y que los componentes de la resistencia parcial están controlados por los mismos genes. Pudimos comprobar que los genes de la resistencia parcial, si bien tienen un efecto individual pequeño, interactúan en forma conjunta y compleja, de tal manera que una combinación de tres o cuatro genes podría producir una resistencia parcial muy eficaz.

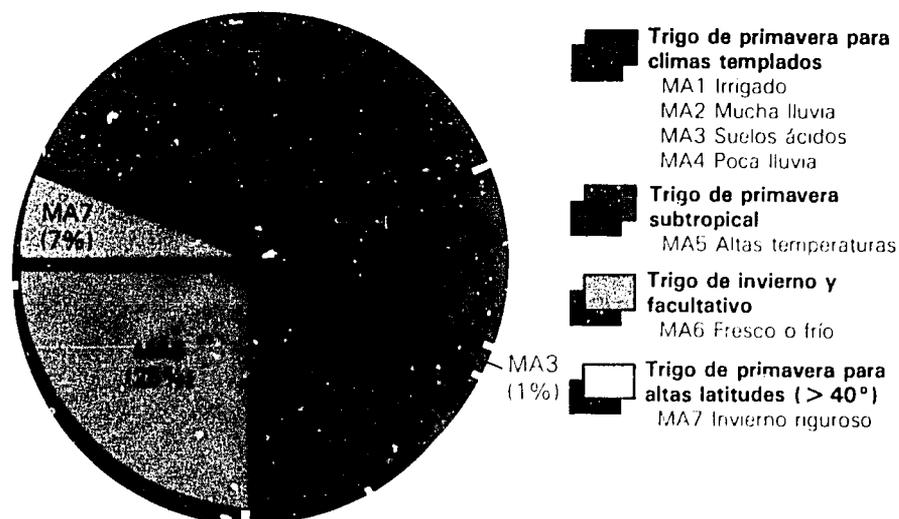
**El virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV).** Las investigaciones sobre esta importante enfermedad viral de los cereales continúan siendo subvencionadas en parte por el Gobierno de Italia. Mediante la captura de áfidos vivos en El Batán y Toluca, confirmamos que *Metopolophium dirhodum* es el principal vector del BYDV en los valles altos de México. Al parecer, el aislamiento más frecuente del BYDV es similar al MAV, pero también existen algunos similares al PAV y al RPV. En muestras de hojas tomadas de plantas rotuladas que se cultivaron durante los ciclos de invierno y de verano en Toluca en 1988, encontramos que la proporción de aislamientos difiere según la época del año, hecho que tiene consecuencias trascendentales en nuestro trabajo para obtener resistencia.

**Agentes patógenos transmitidos por el suelo.** En 1988 iniciamos esta investigación, cuya meta a largo plazo es mantener los rendimientos en todos los sistemas agrícolas, incluidos los sistemas intensivos en los cuales se piensa que es más crítica la acumulación en el suelo de patógenos que causan enfermedades tales como la pudrición común de la raíz y el mal del pie. Se progresó en la identificación de nematodos parásitos, la estimación de las pérdidas directas y la evaluación de la función indirecta que cumplen los nematodos al estimular o contribuir a la aparición de otras enfermedades transmitidas por el suelo.

**Enfermedades bacterianas.** La investigación de enfermedades bacterianas, subvencionada por la Administración Belga de Cooperación para el Desarrollo (BADC), pretende reducir las pérdidas causadas por estas enfermedades, en particular el rayado bacteriano de la hoja (*Xanthomonas campestris* pv. *undulosa*). A medida que el trigo harinero, el trigo duro y el triticale ingresan en el mega-ambiente húmedo con gran precipitación pluvial, *X. c.* pv. *undulosa* afecta cada vez más a esos cultivos en todo el mundo. El CIMMYT lleva a cabo investigaciones sobre el terreno en México acerca de los aspectos epidemiológicos de la enfermedad, la creación de técnicas de inoculación para seleccionar variedades, la evaluación de las pérdidas económicas, la transmisión por la semilla y métodos de lucha. En 1988, establecimos una técnica usando un medio semiselectivo de agar para detectar la presencia de *X. c.* pv. *undulosa* en la semilla. También realizamos estudios epidemiológicos con el fin de identificar los factores climatológicos que favorecen la enfermedad.

### Manejo de los cultivos y fisiología

Este subprograma abarca en la actualidad tres secciones en la sede y actividades en cuatro localidades regionales. Algunas de las actividades de los siete científicos internacionales asignados al manejo de los cultivos y la fisiología se vinculan con el mejoramiento del germoplasma (la selección fisiológica y el manejo de los viveros y experimentos de los fitomejoradores). Sin



Los mega-ambientes de trigo en países en desarrollo que usa el Programa de Trigo, enero de 1989. Los porcentajes dan la proporción correspondiente a cada mega-ambiente de la producción media combinada de trigo harinero y duro (208 millones de toneladas al año) en los ciclos de cultivo de 1984 a 1986.

embargo, gran parte de la labor se relaciona con la agronomía de adaptación en América del Sur, el este de África y el sur del Asia (véase la sección sobre actividades regionales).

Esperamos que, en los próximos cinco años, haya cierta reasignación y crecimiento de las actividades en este subprograma. En 1988, comenzó en Nepal la investigación estratégica sobre el mantenimiento agroecológico de la rotación arroz/trigo. Tal vez transformemos la investigación agronómica adaptiva en América del Sur en investigaciones estratégicas sobre el mantenimiento de los sistemas de cultivo muy erosionables de la región que incluyen el trigo, en particular la rotación predominante de trigo y soya. En la sede, pensamos ampliar nuestras investigaciones estratégicas sobre los componentes del manejo del cultivo del trigo, con el propósito final de producir un sistema perfeccionado para los agrónomos especializados en trigo que trabajan en el mega-ambiente templado, con riego y alto nivel de insumos.

**Manejo de los cultivos.** Se produjo un acontecimiento importante en relación con nuestras prácticas de manejo en la estación del CIANO en el Valle del Yaqui, al noroeste de México. Durante los últimos cinco o seis años, los fitomejoradores se han preocupado porque las líneas avanzadas y otros materiales no han alcanzado los aumentos de rendimiento obtenidos antes en el medio favorable de la estación del CIANO. Los agrónomos han considerado la posibilidad de que algunas de las prácticas

tradicionales de cultivo usadas en la estación estén de hecho limitando la expresión del potencial de rendimiento.

Desde el principio pensamos que las principales restricciones se relacionaban con el suelo; era escaso el contenido de materia orgánica en el suelo (0.5%), se habían deteriorado sus propiedades físicas y había aumentado su compactación. Comparamos tres prácticas nuevas con el sistema tradicional de manejo: (1) la aplicación de gallinaza como fuente de materia orgánica para mejorar las características físicas y suministrar nutrimentos; (2) el socavado (introduciendo profundamente las cuchillas) para romper las capas compactadas; (3) la incorporación de abono verde (*Sesbania*), otra fuente de materia orgánica. En los ensayos se compararon el socavado y la ausencia de éste, la incorporación de abono verde de verano y de un cultivo comercial de soya de verano (frecuente en la estación experimental y en los campos de los agricultores locales), y combinaciones de gallinaza y fertilizante nitrogenado. Las demás prácticas de cultivo (concentraciones basales de fósforo, riego, etc.) fueron las mismas en todos los tratamientos. En el trigo duro Altar 84, se obtuvo una respuesta adicional e independiente del rendimiento con las nuevas prácticas de socavado e incorporación de *Sesbania* y con la aplicación de gallinaza. Es evidente que si se aplican estas prácticas nuevas en toda la estación proporcionarán un medio que permitirá a los materiales experimentales expresar su verdadero potencial de rendimiento. En esos ensayos también descubrimos que, al reducir las restricciones al potencial de rendimiento causadas por el suelo, también mantenemos, y en algunos casos aumentamos, el contenido proteínico del grano. La relación entre el contenido proteínico y el rendimiento es normalmente inversa; los efectos de las nuevas prácticas de manejo merecen una investigación a fondo.

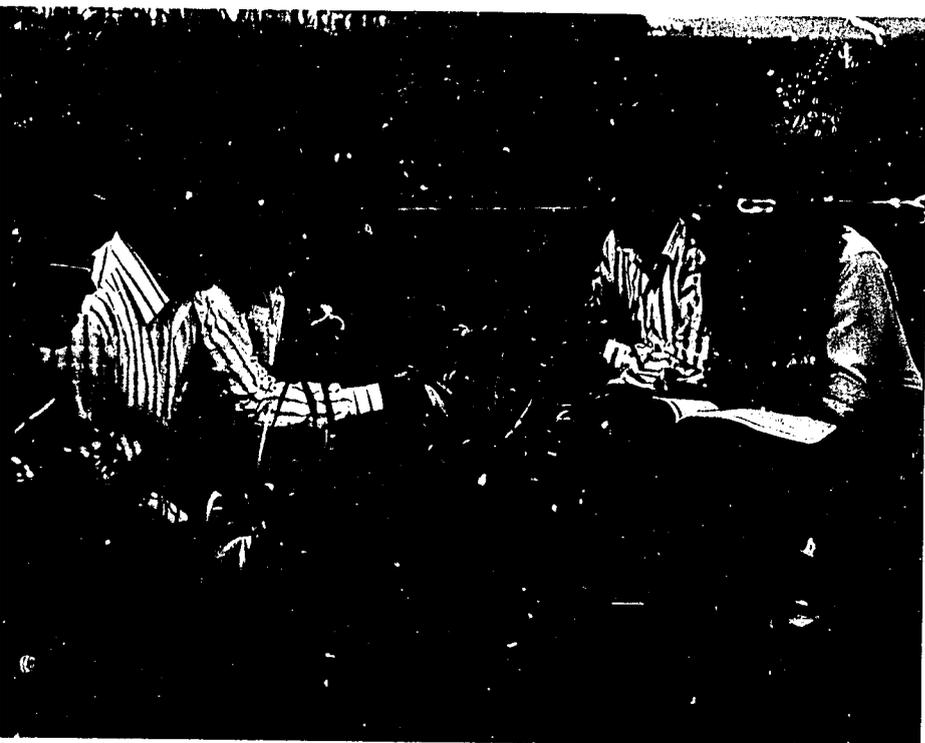
### Capacitación

La capacitación en servicio en México es parte integral de los subprogramas de mejoramiento de genoma, producción de cultivos y manejo y fisiología de los cultivos. En 1988, los cursos sobre mejoramiento y producción brindaron capacitación práctica a 41 investigadores especializados en trigo de 25 países (véase el cuadro).

**Mejoramiento.** Las características fundamentales de este curso de 32 semanas incluyeron:

- Un día de trabajo de campo en Toluca que organizaron y efectuaron los becarios por sí solos;
- Ejercicios intensivos de diagnóstico de enfermedades;
- Mayor integración del mejoramiento, la patología y el manejo de cultivos;
- Participación de destacados científicos visitantes como conferenciantes invitados; interactuaron con los becarios;

*El virus del enanismo amarillo de la cebada en la estación experimental Toluca atrae la atención de Rey Villareal, funcionario de capacitación en mejoramiento de trigo, y las becarias (de izquierda a derecha) Dong Jinying y Xia Zhengang (China), Jinantana Kongchit (Tailandia), Rose John Mongi (Tanzania) y Alicia Del Blanco (Argentina).*



Gene Hettel

- Estimulación de los becarios para que efectuaran cruces para sus propios programas;
- Experiencia en la preparación y presentación de la propuesta de un proyecto.

**Producción.** Los participantes en este curso de 30 semanas estudiaron los principios teóricos y prácticos de la investigación agronómica para su trabajo. Los becarios realizaron los ensayos en campos de los agricultores en Chalco, estado de México, y en las estaciones de El Batán y Toluca. Se asignó a cada becario la responsabilidad de un ensayo de investigación en campos, mientras que en los ensayos en estaciones participaron grupos. Los becarios también llevaron a cabo una encuesta sobre la cosecha entre 38 agricultores de la zona de Chalco. Este ejercicio exigió que aplicaran sus conocimientos agronómicos para identificar los factores limitantes en la zona. Sobre la base de los resultados de la encuesta, los becarios pudieron evaluar con más precisión sus ensayos en campos.

**Becas para científicos visitantes.** En 1988, casi 50 científicos visitantes de 22 países en desarrollo pasaron períodos (en total unos 1,200 días-científico) en el Programa de Trigo en México. Dos científicos visitantes de Etiopía, uno de la India y otro de Tanzania, completaron programas más intensivos como becarios en el Programa de Trigo. Las becas, subvencionadas en parte por empresas químicas y de semilla internacionales, hacen hincapié en proyectos de investigación más largos y de mayor solidez. Emplearemos el dinero del Premio Rey Balduino, antes mencionado, para establecer dos o tres becas adicionales, que serán asignadas especialmente a investigadores experimentados de los programas nacionales con el fin de ampliar su capacidad de investigación.

### Actividades regionales

**El programa de trigo CIMMYT/ICARDA.** A fines de 1988 sostuvimos una serie de deliberaciones con el ICARDA en relación con el mejoramiento del trigo y la cebada. El propósito es aprovechar los recursos del CGIAR, en beneficio de los investigadores de los programas nacionales de cereales y los agricultores en la región constituida por el oeste de Asia y el norte de África (OANA). El objetivo general es establecer una colaboración más estrecha en el mejoramiento regional de trigos de primavera, facultativos y de invierno en el OANA. Se expandirá la colaboración para cubrir actividades afines como las vinculadas con los recursos genéticos, la patología, la entomología, la fisiología, la biotecnología, la definición de zonas agroclimáticas, el manejo de cultivos y la capacitación. La investigación y la capacitación conjuntas en el ICARDA se centrarán en las zonas con menos precipitación pluvial, mientras que el CIMMYT hará hincapié en las zonas irrigadas y con mayor precipitación.

En vista de que el CIMMYT y el ICARDA se complementan en muchos aspectos, la colaboración estrecha es esencial, en particular en el mejoramiento genético, y se reconoce la necesidad de una actividad totalmente operativa de mejoramiento de trigo en la región del OANA. Se ensayarán las mejores líneas avanzadas de trigos harineros y duros provenientes de Alepo y México en localidades claves del OANA y se efectuarán nuevas selecciones para incluirlas en viveros de selección de cada cultivo en zonas de escasa precipitación, irrigadas y con precipitación elevada. Se sembrará un vivero de triticale junto con el vivero principal en localidades claves del norte de África.

Además de los fitomejoradores del CIMMYT especializados en trigo harinero y trigo duro que ya trabajan en Alepo, asignaremos un tercer científico al ICARDA, quien actuará como enlace de todo el proyecto y tendrá responsabilidades científicas, principalmente en el mejoramiento de trigos harineros facultativos para las zonas de gran altitud de la región del OANA (véase la siguiente sección sobre trigos facultativos y de invierno). En las secciones dedicadas a los subprogramas de recursos genéticos y mejoramiento de germoplasma se analiza la forma en que el acuerdo afecta las investigaciones sobre los recursos genéticos de trigo y cebada.

Mientras se definía el nuevo acuerdo, continuó la importante labor con los trigos duros y harineros en la región del OANA. En 1988, las actividades de mejoramiento del trigo harinero siguieron centrándose en la generación de germoplasma adecuado para las zonas de escasa precipitación (menos de 400 mm) del OANA, donde se cultivan aproximadamente 7.3 millones de hectáreas con trigo harinero. En estrecha colaboración con colegas del ICARDA, el fitomejorador del CIMMYT identificó estirpes genéticas tolerantes a factores desfavorables predominantes en la región, como la sequía, el frío, el calor, la roya lineal, *Septoria*, el cecidómido del trigo y la mosca de Hesse. En colaboración con el ICARDA y los científicos de los programas nacionales, nuestro fitomejorador especializado en trigo duro logró aumentar notablemente los rendimientos del trigo duro para zonas de secano, hecho que se refleja en el lanzamiento de varios genotipos en las zonas de secano del OANA y en el desempeño de líneas avanzadas y promisorias en ese tipo de zonas. Conscientes de que es estrecha la base genética de estas variedades, en particular en su resistencia a factores bióticos y abióticos desfavorables, la calidad y la madurez precoz, continuamos la labor para ampliar esa base. Se efectuaron varios cruzamientos con variedades criollas del norte de África y el oeste de Asia con el fin de aumentar la tolerancia a la sequía, el frío y la desecación prematura, y la resistencia al carbón común y a *Septoria tritici*.

### Países de origen de los becarios de trigo en servicio, 1988.

	Mejoramiento	Producción
<b>Africa</b>		
Argelia	1	1
Etiopía	1	2
Libya	1	-
Madagascar	-	1
Marruecos	1	1
Rwanda	-	1
Somalia	-	1
Sudán	1	1
Tanzania	1	-
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>8</b>
<b>Asia</b>		
China	2	2
Indonesia	-	1
Nepal	1	1
Siria	1	-
Tailandia	2	1
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
<b>América Latina</b>		
Argentina	1	-
Bolivia	-	2
Brasil	1	-
Chile	1	-
Colombia	1	1
Guatemala	1	1
México	1	-
Paraguay	-	1
Perú	1	2
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>Europa</b>		
España	1	-
Rumania	1	-
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
<b>Total de becarios</b>	<b>21</b>	<b>20</b>
<b>Total de países</b>	<b>19</b>	<b>16</b>

Birmania, Brasil, Nigeria, Paraguay, Tailandia y Zambia han lanzado variedades que rinden hasta 3 t/ha en ambientes de secano cálidos y marginales.

#### **Trigos facultativos y de invierno (Turquía).**

Existen en la actualidad dos proyectos independientes relacionados con estos cultivos: el proyecto CIMMYT/Turquía de mejoramiento de trigos de invierno y facultativos y el proyecto del ICARDA de mejoramiento para grandes altitudes. Reconocemos que los trigos de invierno y facultativos forman parte de un esfuerzo continuo al que hay que integrar los proyectos con sede en Turquía y el ICARDA. Mientras dure el acuerdo entre Turquía y el CIMMYT, continuaremos desarrollando auténticos trigos de invierno y distribuyendo el germoplasma proveniente de los viveros en ese país. Después, de acuerdo con el programa nacional de Turquía, se establecerá un proyecto conjunto integrado con el ICARDA, para todas las zonas de gran altitud del oeste de Asia y el norte de África. En 1988, el proyecto CIMMYT/Turquía se centró en la introducción y la evaluación del germoplasma de trigo de invierno que se obtuvo de 11 programas realizados fuera de Turquía y que incluía unas 4,000 líneas. Los programas de cruzamientos de trigos harineros y trigos duros efectuados en México, ampliaron sus actividades con el fin de incluir cruces especiales invierno x primavera para el proyecto CIMMYT/Turquía. Se sembraron las F<sub>1</sub> de esas cruces en Izmir y se efectuó el mestizaje de líneas seleccionadas. En la actualidad se avanza y evalúan estos materiales.

**Medios marginales cálidos.** La diferencia cada vez mayor entre el consumo y la producción de trigo en las regiones cálidas llevó a iniciar en 1982 esta investigación patrocinada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cual se encuentra ya en la mitad de su segunda fase y ha logrado un considerable progreso en la generación de germoplasma y de prácticas de manejo de cultivos para las zonas marginales cálidas. Birmania, Brasil, Nigeria, Paraguay, Tailandia y Zambia son algunos de los países donde se han lanzado variedades mediante nuestro sistema de pruebas internacionales. Cuando se emplean prácticas apropiadas de cultivo, estas variedades tienen un rendimiento de hasta 3 t/ha en ciertas zonas de temporal.

Se identificó y se seleccionó en Bolivia y Paraguay nuevo germoplasma tolerante a la sequía, que se combinará con selecciones anteriores para efectuar otras pruebas. La evaluación de la resistencia a la fusariosis en el campo y en condiciones semicontroladas en Brasil y Paraguay nuevamente demostró la superioridad en cuanto a esta característica del germoplasma obtenido en forma conjunta por China y el CIMMYT. Se distribuyeron líneas avanzadas seleccionadas para obtener resistencia al mildú polvoriento, el tizón foliar y el tizón de la espiga, con el fin de realizar pruebas en localidades claves. En 1988, enviamos un agrónomo a América del Sur para que ayudara a los

programas nacionales a comprender mejor y superar las limitaciones agronómicas de la producción de trigo y los problemas de mantenimiento agroecológico en las zonas cálidas.

En el sudeste de Asia, 1988 fue el primer año en que se realizaron ensayos en localidades múltiples en Vietnam, compuestos fundamentalmente por líneas del CIMMYT. Los fitomejoradores vietnamitas afrontan la tarea de combinar lo que se necesita en zonas tropicales y el sur de China, que incluye la madurez precoz, la tolerancia al calor temprano y la resistencia a la roya foliar, *Helminthosporium sativum*, la fusariosis, el mildú polvoriento y la germinación prematura. En Filipinas, donde el actual paquete de ayuda incluye la distribución de trigo en forma gratuita o a bajo precio, cayeron considerablemente los precios de la harina blanca. En estas condiciones desalentadoras para la producción local, se decidió continuar la investigación de trigo en el nivel actual. Por el contrario, las actividades de investigación de trigo en Tailandia cuentan con un gran apoyo y, en 1988, recibieron un nuevo voto de confianza de los sectores público y privado cuando se fijaron precios favorables y los comerciantes, por primera vez, anunciaron su intención de comprar el grano a los agricultores. La investigación agronómica en Tailandia hizo hincapié en descubrir las razones del establecimiento deficiente de las plantas y su esterilidad. El análisis de tejidos vegetales usando distintas variedades, sitios y etapas del crecimiento, reveló un patrón variable de carencias de macro y micronutrientes.

**Este de África.** El agrónomo subvencionado por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), trabajó con científicos de Burundi, Rwanda, Tanzania y Uganda, pero se concentró en la investigación con el personal de agronomía del Instituto de Investigaciones Agrícolas de Etiopía (IAR). Se ha hecho particular hincapié en los estudios agronómicos orientados a la investigación en campos en las estaciones del IAR en Kulumsa, Sinana, Holetta y Adet. Nuestro patólogo y fitomejorador de presupuesto básico con sede en Addis Abeba, continuó ayudando al programa nacional en distintas actividades, entre ellas, la definición de las enfermedades prioritarias según su prevalencia y las pérdidas que ocasionan, las encuestas sobre agentes patógenos y huéspedes y el establecimiento de una red en localidades múltiples para el germoplasma.

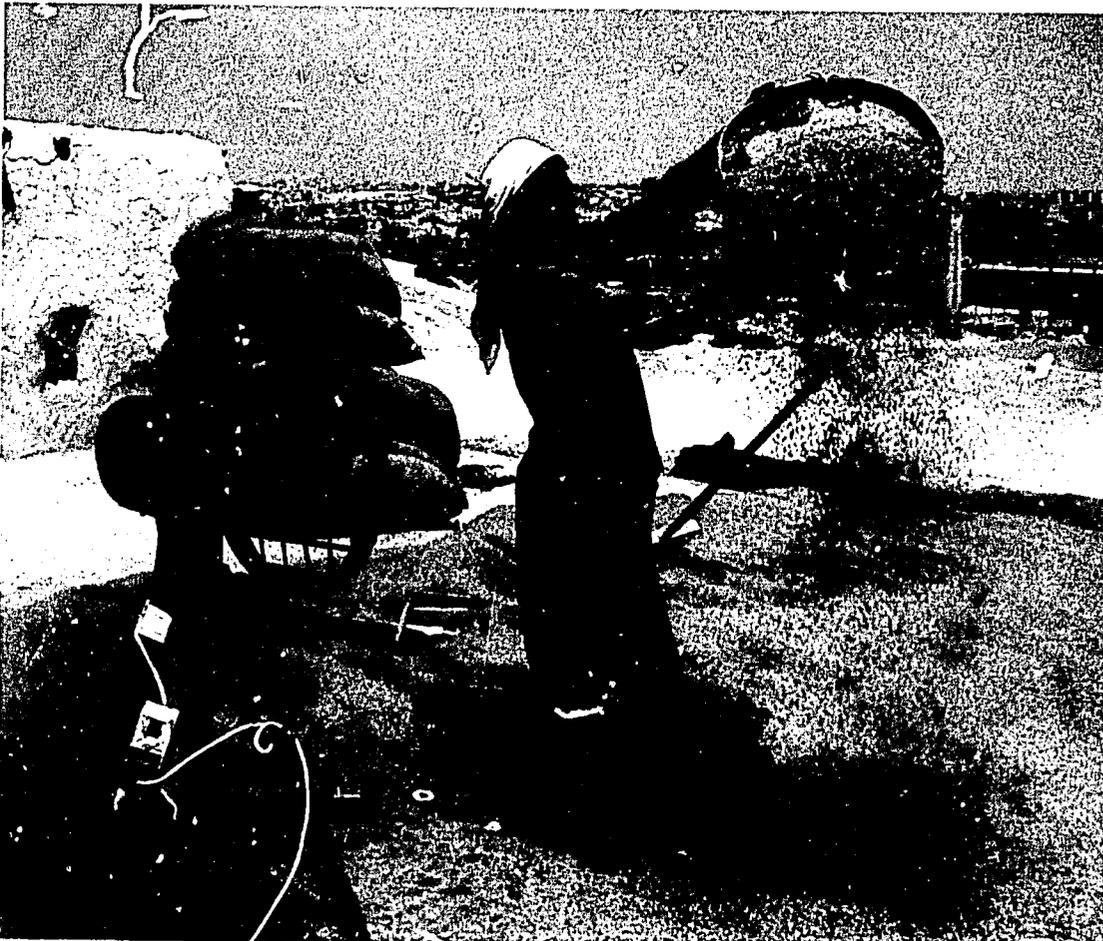
**Región Andina.** Con el fin de obtener mayor adaptabilidad y resistencia a la roya lineal y otras enfermedades en un esfuerzo general por mantener la productividad de los pequeños agricultores de la región, en este proyecto patrocinado por la Comunidad Económica Europea (CEE) actualmente se lleva a cabo un programa de mejoramiento alternado entre el CIMMYT y los programas nacionales. En 1988,

se cosecharon materiales de generación temprana en Ecuador y Colombia para el mejoramiento alternado en México. Los análisis de muestras infectadas por la roya lineal, efectuados en 1988 en el Instituto de Investigación para la Protección de las Plantas (IPO) en Wageningen, Países Bajos, revelaron la presencia de una gran diversidad de razas en la Región Andina durante la temporada de cultivo de 1986-1987.

**Sur de Asia.** La determinación de los patotipos de roya lineal indicó que la raza 7E15Q sigue predominando en el sur de Asia. No se han detectado razas nuevas de roya lineal en la región y el gen Yr9 de la resistencia sigue siendo eficaz. Se iniciaron estudios en Nepal para determinar si los patógenos transmitidos por el suelo contribuyen a restringir los rendimientos en el sistema de rotación trigo-arroz. En un proyecto patrocinado por la Agencia para el Desarrollo Internacional del Reino Unido, se llevaron a cabo experimentos para estudiar la estabilidad de las mezclas de variedades de trigo en comparación con la de las líneas puras en la India, Nepal y Pakistán. En agosto destinamos un agrónomo especializado en trigo a Katmandú. Su labor se centrará en las restricciones de la investigación

sobre el manejo de cultivos en la región y en problemas del mantenimiento agroecológico en la rotación trigo/arroz. En colaboración con el Consejo de Investigación Agrícola de la India y el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI), el trabajo inicial en la India pretende recopilar la gran cantidad de datos disponibles sobre la rotación trigo/arroz. Continúa la labor sobre la labranza cero y la lucha contra las malas hierbas en las zonas de cultivo de trigo y arroz de Pakistán. Una encuesta de diagnóstico efectuada por el IRRI, el CIMMYT y científicos nepaleses, definirá futuros temas de investigación en Nepal.

**Bangladesh.** Sigieron disminuyendo la producción y la productividad de trigo en la temporada de cultivo 1987/1988. Es casi seguro que los rendimientos en campos de agricultores realmente disminuyen y que la tendencia no es una aberración estadística o el resultado del traslado de la producción de trigo a tierras más marginales. Por esta razón, en la extensión por dos años (a partir de julio de 1988) de este proyecto patrocinado por la CIDA se ha hecho hincapié en identificar los factores que causan esta reducción del rendimiento.



*Separar la cascarilla del grano en un día sin viento se hace más fácil con un ventilador. Este ingenioso sirio productor de trigo es uno de los muchos agricultores de la región del OANA que se benefician del trabajo conjunto del CIMMYT y el ICARDA.*

## Investigación de economía

Parece irrefutable que el empleo y la conservación de los recursos genéticos deben ser una preocupación fundamental de los Programas de Maíz y de Trigo, pero cabría preguntarnos en qué medida los recursos genéticos inciden en la labor del Programa de Economía. Pues bien, en ocasiones, la conexión entre ambos llega a ser sorprendentemente estrecha. En el curso de su labor sobre el terreno en Erongarícuaro, Michoacán, México, una geógrafa del Programa de Economía observó que los agricultores cultivaban triticale sin riego en el ciclo de invierno (temporada seca) junto con otros cultivos, entre ellos un trigo que los campesinos llamaban Aventurero. Como estaba interesada en conocer hasta qué punto el triticale había desplazado al trigo en Erongarícuaro, preguntó a los agricultores

desde cuando cultivaban Aventurero; respondieron que, por lo que recordaban, siempre lo habían hecho. Buscando una respuesta más precisa a su pregunta mediante la investigación en bibliotecas, la geógrafa descubrió que esta "variedad"—en realidad se trata de tres variedades criollas de origen español—probablemente llegó a Michoacán cerca de 1530, desde las principales zonas productoras de trigo del Bajío, donde el trigo producido constituía un tributo para España. La sección de recursos genéticos del Programa de Trigo, que conserva semilla de antiguos trigos de primavera de todo el Hemisferio Occidental, se interesó en Aventurero y recolectó semilla para el banco de germoplasma.

Debemos admitir que el caso de Aventurero es excepcional y tal vez no haya otros vínculos tan directos entre los recursos genéticos y las actividades del Programa de Economía. Sin embargo, el valor de los recursos genéticos depende finalmente de la eficiencia con la que son generados por los investigadores y utilizados por los agricultores, y los especialistas en ciencias sociales del CIMMYT estudian problemas relacionados con esas dos actividades (véase la figura).

Así, los economistas del CIMMYT que trabajan con personal de los programas de Maíz y de Trigo han elaborado métodos para la investigación en fincas que ayudan a definir las variedades y otras cosas que el agricultor necesita, de tal modo que los investigadores puedan elaborar tecnologías apropiadas para sus condiciones. Al proporcionar información que contribuye a orientar los objetivos del fitomejoramiento o de la investigación sobre el manejo de cultivos, la investigación en fincas asegura que los recursos genéticos beneficiarán a sus usuarios finales, los agricultores. La definición clara de las metas de la investigación y la asignación eficiente de los recursos para alcanzarlas, son también importantes para explotar los recursos genéticos y suministrar al agricultor los productos de la investigación de manera que los pueda utilizar. Por esa razón, el Programa estudia asuntos relacionados con la asignación de los recursos de la investigación y con las repercusiones de los cambios tecnológicos. También analiza el ámbito en el que se toman las decisiones concernientes a la investigación, incluidas las tendencias a largo plazo de la producción, la utilización y el comercio del maíz y el trigo, así como las políticas que afectan los sectores de esos cereales. El resultado de esos análisis proporciona a quienes toman las decisiones en el CIMMYT y en los programas nacionales la información que les ayudará a determinar cómo esas tendencias podrían afectar los objetivos de la investigación.

*La disponibilidad de maquinaria es una de las variables que afectan las operaciones agrícolas. Con información recopilada entre los agricultores se elabora un perfil de sus circunstancias que ayuda a identificar posibles temas de investigación.*



Durante 1988, el personal del Programa de Economía continuó la investigación y la capacitación en todas las áreas antes descritas e inició varios estudios nuevos (se proporcionan los detalles en las secciones que siguen). El personal nuevo y los científicos visitantes hicieron posible la exploración de estos temas interrelacionados de la investigación.

### Diseño, evaluación y utilización de tecnologías

Este tipo de investigación se centra en el diseño de tecnologías nuevas y en su evaluación, para determinar si son apropiadas para las condiciones del agricultor y contribuir a mantener la base de recursos. Se incluyen estudios de las políticas que afectan la utilización eficiente de la tecnología a nivel de fincas. Un importante producto de esta investigación son los métodos que pueden usar los programas nacionales para diseñar y evaluar las tecnologías. Por esa razón, más de la mitad de los economistas del CIMMYT están asignados a programas bilaterales o regionales, donde trabajan con sus colegas de los programas nacionales para realizar investigaciones sobre temas útiles para los programas nacionales. El CIMMYT, y también, ofrecen capacitación.

**La investigación en fincas y la perspectiva de los agricultores en la investigación.** En 1988, los economistas del CIMMYT participaron en una serie de proyectos de investigación en fincas, efectuados en forma conjunta con personal de los programas nacionales y de los programas de Maíz y de Tigo del Centro. En zonas de secano del sur de México, un economista regional del CIMMYT patrocinado por el Centro para la Cooperación Internacional en Investigaciones Agronómicas para el Desarrollo (CIRAD) de Francia, ha trabajado desde 1983 con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México en varios proyectos de investigación en fincas para mejorar la producción de maíz en pequeña escala. Desde 1987 lo ha asistido en esta actividad un agrónomo del Programa de Maíz, también patrocinado por el CIRAD. En 1988, se sintetizaron los resultados de cinco proyectos que se presentaron en un taller al que asistieron más de 70 profesionales, entre ellos directores de investigación y funcionarios que formulan las políticas regionales. Un punto destacado del taller se originó en la investigación en fincas realizada en La Fraylesca, Chiapas, que indica que son grandes los beneficios que resultan de la práctica de encañado de los suelos. Para que se cubran los costos incurridos hasta el momento en la investigación, la recomendación sobre el encañado debe ser adoptada en sólo 700 ha de maíz por alrededor de 110 agricultores, la superficie potencial donde se podría aplicar la recomendación abarca 31,500 ha y 5,000 agricultores.

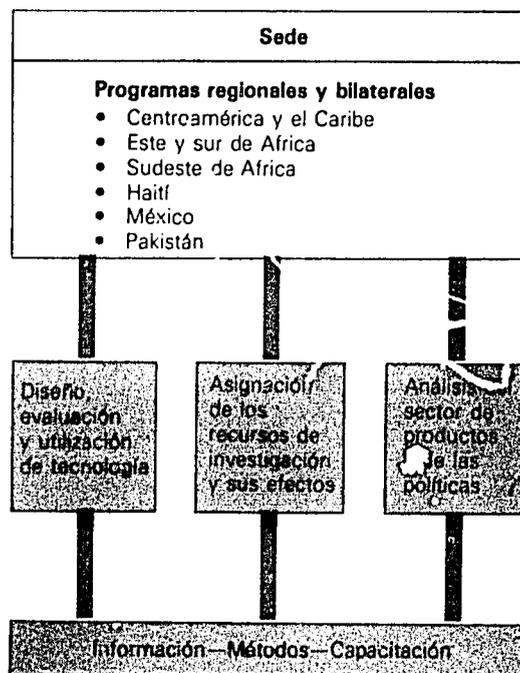
La investigación en fincas en Haití está subvencionada por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), que patrocina un proyecto para asesorar a los investigadores haitianos en cuanto a la elaboración y difusión de tecnologías mejoradas. Durante 1988, continuaron los ensayos en fincas en Petit Goave, donde se producen maíz y otros cultivos en laderas escarpadas y erosionadas. Los ensayos hicieron hincapié en la colocación de una cubierta orgánica para retener la humedad y reducir la erosión, como una alternativa para la quema. En Les Cayes se iniciaron ensayos para comparar los beneficios de la labranza cero con los de la labranza convencional. Los investigadores estiman que la labranza cero, más el uso del herbicida Glyphosate, reducirá los costos del arado convencional con animales de tiro, eliminará la necesidad de un primer deshierbe manual y, posiblemente, hará que sea más oportuna la siembra.

Continuó la labor en los programas de investigación en fincas en todo el sudeste de Asia en 1988. El economista del CIMMYT en esa región organizó numerosos cursos, talleres y conferencias, destinados a fortalecer la capacidad de investigación en fincas de los programas nacionales de la región y a compartir los resultados de la investigación. Un acontecimiento destacado en 1988 fue la realización del Taller



Thomas Luba

*El conocimiento de las circunstancias de los agricultores es parte integral del proceso de investigación.*



Entre los principales productos de la investigación efectuada por el personal del Programa de Economía en la sede y en los programas regionales y bilaterales, figuran la información, la capacitación y métodos mejorados para realizar la investigación y asignar los recursos de la misma.

Debido a los trastornos recientes en los mercados mundiales de grano, los estudios de las economías de trigo y de maíz son cada vez más importantes para la toma de decisiones.

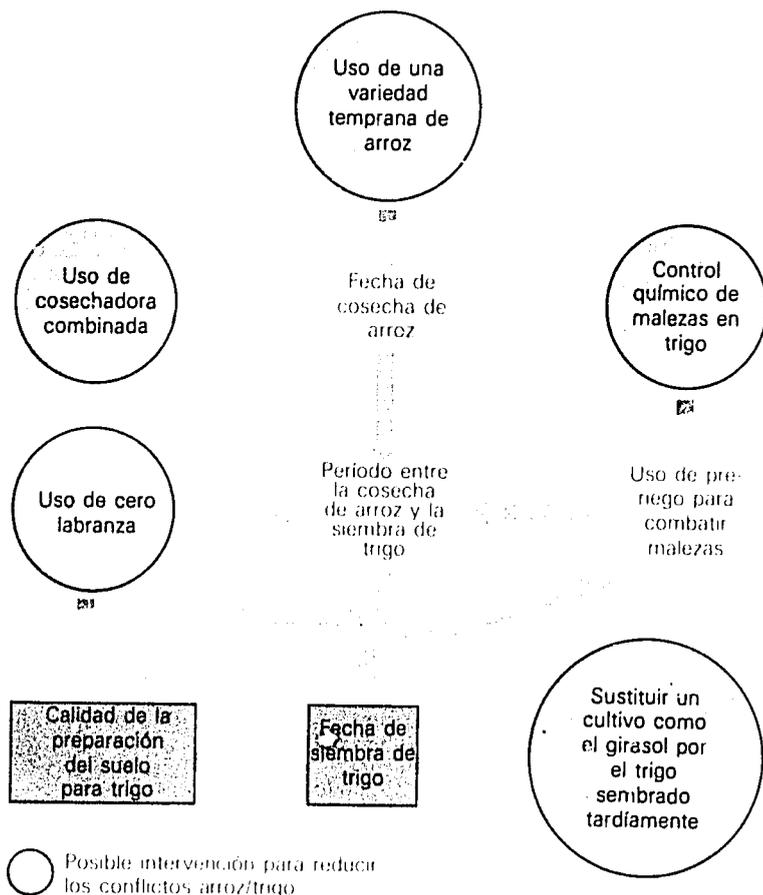
Regional Asiático sobre la Investigación en Fincas Adaptiva, organizado por el Centro de Granos Gruesos, Leguminosas, Raíces y Tubérculos (CGPRT) y patrocinado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Alrededor de 20 participantes de Bangladesh, Corea, Indonesia, Filipinas, Pakistán, Tailandia, Sri Lanka y Vietnam, analizaron los objetivos de la investigación en fincas adaptiva, las fuentes de información para diagnosticar los problemas de los agricultores y las formas de establecer las prioridades de la investigación. Los participantes también elaboraron y efectuaron una encuesta entre los agricultores de Malang, Indonesia, que confirmó resultados anteriores y generó nueva información sobre la variabilidad de los patrones de cultivo y las interacciones entre el arroz y el maíz. Se usaron los resultados para concentrar el análisis en la planificación y la ejecución de programas de investigación adaptiva.

**Información y análisis para la creación de variedades.** La gran cantidad de información generada actualmente en muchos programas nacionales mediante la investigación en fincas puede ser canalizada hacia la creación de

variedades. Esa información a menudo proporciona una perspectiva útil de cómo las variedades (y las prácticas de manejo) requeridas para un determinado cultivo son afectadas por la demanda de otros elementos del sistema agrícola.

Pakistán constituye un ejemplo de la utilidad de los datos obtenidos a nivel de fincas; en ese país, el CIMMYT y personal del programa nacional, con un subsidio de la USAID, efectúa investigación de los aspectos económicos del cultivo del trigo y el maíz. Un problema persistente en el sistema de cultivo arroz/trigo en el Punjab de Pakistán, es que la cosecha tardía del arroz Basmati reduce el tiempo necesario para preparar la tierra para el trigo y retrasa la siembra de este cereal (véase la figura). Los ensayos en fincas de la zona revelaron que la siembra del trigo después del 15 de noviembre producía una pérdida de grano de 30 kg/ha por cada día de retraso. Después de que, en sólo tres años, se reemplazó la antigua variedad alta de arroz, Basmati-370, por otra más baja y de mayor rendimiento, Basmati-385, en más del 70% de la superficie cultivada con trigo y arroz, los investigadores quisieron saber si Basmati-385, que maduraba unos 14 días antes que Basmati-370, reduciría los problemas de la siembra del trigo, y, por consiguiente, elevaría los rendimientos de este cereal. Una encuesta en la zona cultivada con arroz reveló que, después de Basmati-385, se sembraba el trigo unos cinco días antes que después de Basmati-370. En lugar de aprovechar totalmente la ventaja ofrecida por la madurez más temprana de Basmati-385 para sembrar antes el trigo, los agricultores usaban parte del tiempo extra para mejorar la preparación de la tierra para el trigo. Los campesinos estimaban que el rendimiento medio del cereal sembrado después de Basmati-385 era 350 kg/ha superior al del sembrado después de Basmati-370 como consecuencia, por una parte, de la fecha más temprana de siembra y, por otra, de la mejor preparación de la tierra.

Otro caso en el que la investigación en fincas ha señalado a los investigadores los problemas vinculados con las prácticas de los agricultores y las variedades que éstos necesitan, es el estudio de los aspectos económicos del maíz sembrado tardíamente, que llevó a cabo personal de los programas de Maíz y de Economía en el sur de África. La mayoría de los agricultores pretenden sembrar tan pronto como sea posible después de las primeras lluvias, pero muchos no pueden, en particular aquellos que no tienen animales de tiro. Los problemas de la postergación de la siembra se complican porque las variedades de maíz de los agricultores suelen ser de madurez tardía. Las variedades de madurez precoz darían a los agricultores más flexibilidad para determinar fechas de siembra que se adapten a sus restricciones en cuanto a recursos, especialmente si esos materiales se dan bien con las prácticas usadas para el maíz sembrado tardíamente, por ejemplo, las que se emplean para sembrar con rapidez y hacer frente a las camas de siembra con maleza, el anegamiento y la escasa fertilidad del suelo.



**Factores que afectan la preparación del suelo y la fecha de siembra del trigo en las zonas del Punjab, Pakistán, donde se cultiva arroz/trigo en rotación.**

## Asignación de recursos y efectos de la investigación

Tanto en los programas nacionales como en el CIMMYT ha disminuido el crecimiento de los recursos asignados a la investigación agrícola y es mayor la presión que afrontan los administradores para justificar las prioridades y documentar la productividad de los gastos de la investigación. Además, el CIMMYT y muchos programas nacionales buscan formas de asegurar que los pobres se beneficiarán con las investigaciones realizadas. Una información más precisa acerca de cómo se distribuyen esos beneficios nos ayudará a saber qué tipos de investigación pueden satisfacer mejor las necesidades de los pobres. En consecuencia, mediante el análisis de los efectos de las investigaciones anteriores, podemos reunir información crucial para la asignación de recursos entre las iniciativas futuras.

Dentro del CIMMYT, el Programa de Economía proporciona los datos y análisis solicitados por los programas de Maíz y de Trigo para ayudar a que se tomen las decisiones concernientes a la asignación de sus recursos. Para la planificación estratégica en 1988, trabajamos con los esos programas con el fin de incluir variables socioeconómicas, como los índices de pobreza, en las definiciones de los mega-ambientes del maíz y del trigo, como un medio para orientar mejor la asignación de recursos hacia ciertos tipos de maíz y de trigo y hacia ciertas regiones del mundo.

El estudio de los efectos de la investigación aborda dos temas: la productividad de tipos específicos de investigación y los efectos de los cambios tecnológicos en los pobres. En 1988 se iniciaron tres estudios en relación con esos temas: (1) un análisis de las dimensiones en las que se vuelve económicamente viable un programa fitotécnico completo; (2) un estudio de los beneficios aportados por la investigación sobre el manejo de los cultivos en el valle del Yaqui al noroeste de México, y (3) un estudio para identificar cómo se transmiten los beneficios de las innovaciones tecnológicas entre los medios favorecidos y marginales y determinar cómo han afectado ciertas innovaciones tecnológicas a diversos grupos de personas, en particular los de escasos recursos.

## Análisis del sector de productos y de las políticas

Este tipo de investigación aborda todos los aspectos, incluidas las cuestiones políticas, de las tendencias a largo plazo de la demanda y la oferta de trigo y de maíz que influyen en la toma de decisiones vinculadas con la investigación agrícola. Las recientes alteraciones de los mercados mundiales de granos y los ajustes a las políticas realizados por muchos países en el

decenio de 1980, indican que los estudios de los aspectos económicos del maíz y del trigo, a nivel mundial o nacional, serán cada vez más importantes para la toma de decisiones en el CIMMYT y en los programas nacionales.

En 1988, expandimos nuestra base de datos computarizados sobre el maíz y el trigo para poder analizar mejor las tendencias de la producción, la utilización y el comercio de esos cereales. En *1987-1988 Hechos y tendencias mundiales relacionados con el trigo*, que examina sucesos recientes en la producción de trigo del Tercer Mundo, se sintetizan algunas de esas tendencias. El informe se centra en las regiones irrigadas o que tienen buena precipitación pluvial, ya que constituyen la mayor superficie productora de trigo en los países en desarrollo (también hace referencia a zonas marginales; véase la p. 53).

Nuestro análisis nos induce a adoptar un punto de vista más bien conservador acerca de la medida en que las principales fuentes de aumento del rendimiento del trigo en los últimos años -la difusión de variedades modernas, el incremento

*Dagoberto Flores (derecha) del Programa de Economía observa a un funcionario de la Compañía Nacional de Subsistancias Populares (CONASUPO) que verifica la calidad de almacenamiento de una muestra de grano de trigo antes de aprobar su compra.*



Thomas Luba

del uso de fertilizantes y la mayor irrigación-ayudarán a los agricultores del Tercer Mundo a satisfacer la demanda de trigo en los próximos años. El estudio indica que el logro de futuros aumentos de la productividad tal vez dependa de una estrategia algo diferente de la anterior, que se basaba fundamentalmente en los beneficios que se obtenían mediante la interacción de las variedades mejoradas, el fertilizante y el riego. La nueva estrategia, que se aplicaría en medios bien irrigados y favorables, así como en zonas marginales, explotará más la tecnología disponible mediante la mayor eficiencia con que se emplean los insumos. Este enfoque señala que el mejor manejo de los cultivos desempeñará una función más importante que la de las variedades mejoradas para aumentar la productividad en el futuro.



A nivel nacional, en 1988 se continuaron o completaron varios estudios sobre la ventaja comparativa con el fin de estimar, desde el punto de vista del país en cuestión, la eficiencia del uso de recursos para la producción de maíz o trigo en regiones especiales o con determinadas tecnologías. Un aspecto destacado de nuestra labor relacionada con la ventaja comparativa es que los economistas del CIMMYT desempeñan una función de apoyo, ya que los científicos de los programas nacionales son los participantes principales. Otra característica es que esos estudios, en particular el de Panamá, pretenden elaborar métodos que los programas nacionales puedan usar para efectuar análisis de la ventaja comparativa.

En un estudio completado en 1988, se examinó la eficiencia relativa de tecnologías alternativas para la producción de trigo en una serie de fincas de diversos tamaños en Kenya. La mayor parte del trigo de Kenya se cultiva en fincas grandes, usando métodos que requieren una gran cantidad de capital y que difieren poco de los empleados en los países industrializados. Quienes formulan las políticas en Kenya afrontan difíciles decisiones acerca de la utilización de la tierra y el desarrollo agrícola, y deben determinar si sería económicamente ventajoso producir trigo en propiedades pequeñas, usando tecnologías que requieren una gran cantidad de mano de obra, caracterizadas por el mayor empleo de tracción animal y/o fuerza de trabajo. Los resultados indican que las tecnologías que requieren más mano de obra serían eficaces para los agricultores con campos pequeños, pero que la producción de trigo sigue siendo más eficiente en las propiedades grandes con altos grados de mecanización. Una consideración que es preciso tener en cuenta al decidir sobre una estrategia para la tecnología del trigo en las propiedades pequeñas es la disponibilidad de mano de obra para realizar las operaciones agrícolas. Otra consideración importante es si será posible persuadir a los pequeños propietarios a cultivar trigo en lugar de maíz y comprar este último cereal para el consumo doméstico; el análisis sugiere que, en la actualidad, los agricultores en pequeña escala tienen muy pocos incentivos para hacerlo.

En Panamá y El Salvador continuaron otros estudios de la ventaja comparativa. El estudio en Panamá se centra en la producción de maíz y de sorgo, mientras que el efectuado en El Salvador examina el cultivo de relevo de maíz y frijol en lomeríos. El CIMMYT ha recibido solicitudes de asesoramiento en relación con estudios de la ventaja comparativa en América Latina. Esas

(continúa en la p. 54)

*Los economistas del CIMMYT estudian la eficacia de varias tecnologías alternativas desde el punto de vista del productor, y colaboran en estudios sobre la eficiencia de producir maíz y trigo en ciertas regiones o con tecnologías especiales. Tales estudios pueden revelar cómo las políticas del gobierno influyen en la producción agrícola.*

## Las nuevas variedades de trigo y los agricultores en las zonas marginales

En el decenio de 1970, surgió una gran controversia acerca de la distribución de los beneficios obtenidos con las variedades nuevas de arroz y de trigo. Los críticos aseveraban que el nuevo germoplasma beneficiaba principalmente a los agricultores más grandes y ricos, que podían adquirir los insumos necesarios para explotar el potencial de rendimiento de las variedades nuevas. Estas afirmaciones no fueron confirmadas por los estudios realizados a fines del decenio de 1970 y durante los 80, que demostraron que muchos pequeños agricultores habían adoptado la nueva tecnología, si bien en ciertos casos no al mismo ritmo que los grandes agricultores.

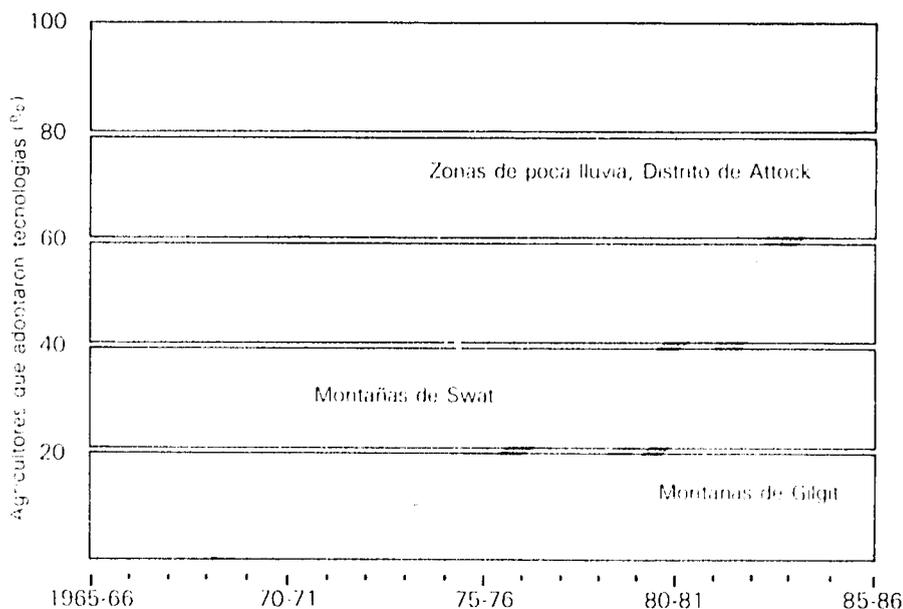
Esta controversia fue en parte resultado de la creencia errónea de que las variedades nuevas no proporcionarían ningún beneficio sin grandes cantidades de insumos adquiridos, como los fertilizantes, el agua de riego y los plaguicidas. De hecho, aun sin emplear fertilizantes, las variedades semienanas de trigo tienen un rendimiento superior al de las antiguas variedades altas. La mayoría de las variedades nuevas tienen también una mayor resistencia a las enfermedades, una ventaja para los pequeños agricultores que no siempre pueden comprar productos químicos para combatir las enfermedades. Además, en las principales zonas donde se han difundido ampliamente las variedades semienanas, la mejor comercialización de los insumos y el riego han permitido a la mayoría de los pequeños agricultores emplear cantidades de insumos similares a las usadas por los grandes agricultores.

Hoy día, millones de pequeños agricultores, entre ellos casi todos los de las zonas irrigadas de cultivo del trigo del sur de Asia, siembran trigos semienanos con dosis moderadas de fertilizantes y un empleo cada vez menor de otros insumos. ¿Qué sucede en las zonas marginales donde viven muchos de los agricultores más pobres? La difusión de las variedades semienanas de trigo en tres medios con condiciones ambientales poco favorables de Pakistán nos da una idea de la situación de los agricultores en las zonas marginales. La primera de esas zonas es el distrito de Attock, en el norte del Punjab, donde la precipitación media en la temporada de cultivo del trigo es inferior a 200 mm y varía mucho de un año a otro. La segunda, en las montañas Swat, recibe una precipitación relativamente elevada; los agricultores cultivan el cereal en propiedades muy pequeñas, situadas en laderas escarpadas a más de 1,500 m de altura. La tercera zona, Gilgit, está en las remotas montañas altas cercanas a la frontera con China, donde los cultivos se riegan con agua proveniente del deshielo de los glaciares.

En los últimos años, en las tres zonas se han adoptado con rapidez las variedades semienanas, cuyo cultivo aumentó de porcentajes muy bajos en 1975 a más del 50% en cada zona para mediados del decenio de 1980 (véase la figura). Varios factores contribuyeron al retraso inicial de la adopción, entre ellos el hecho de que no todos los trigos semienanos estaban adaptados a esos

medios desfavorables. Otro factor que puede haber obstaculizado la adopción en esas zonas es que todas ellas han sido descuidadas por la investigación y la extensión. Aun cuando se disponía de la tecnología, la infraestructura deficiente impidió su transferencia a zonas remotas. Por último, en las tres zonas la paja del trigo tiene un alto valor como forraje para el ganado, porque la estación seca y/o el invierno son prolongados y resulta costoso transportar el forraje desde otras zonas. El alto valor de la paja, sumado al rendimiento de paja algo superior que producen las variedades altas *cuando no se emplean fertilizantes*, puede anular el valor del grano extra obtenido con las nuevas variedades.

En los últimos cinco años, se han superado algunos de estos impedimentos. El acceso a muchas zonas ha mejorado, en algunos casos en forma muy notable. Este mejor acceso, a veces combinado con grandes esfuerzos de los organismos para el desarrollo, ha llevado a una amplia adopción de fertilizantes por los agricultores. El uso de fertilizantes y la difusión de variedades más apropiadas han hecho que resulte económicamente beneficioso para los agricultores cambiar a las variedades semienanas. En particular, el aumento del rendimiento de paja de las variedades semienanas cuando se aplican fertilizantes, parece compensar su desventaja en ese aspecto cuando no se usa fertilizante. Las variedades semienanas más recientes producen una mayor cantidad de biomasa, lo cual aumenta el rendimiento de paja aun cuando se aplique muy poco o ningún fertilizante.



Curvas de difusión del uso de fertilizantes y variedades semienanas en ambientes marginales en Pakistán.

La variabilidad de la producción es un factor crítico que afecta la seguridad alimentaria de los productores de escasos recursos y de países enteros.

solicitudes son en parte consecuencia de que, a causa de la crisis económica, en varios países se dedica más atención a consideraciones vinculadas con la eficiencia en el diseño de la política agrícola, y a los estudios de la ventaja comparativa como forma de evaluar los costos y beneficios de cultivos o actividades alternativas. A corto plazo, con frecuencia se puede aumentar el ingreso nacional mediante políticas que estimulen a los agricultores a producir los cultivos más convenientes según los patrones actuales de la ventaja comparativa; a largo plazo, se puede asegurar un mayor bienestar si se usan los recursos de la investigación para fortalecer la ventaja comparativa futura. Por consiguiente, la información proveniente de los estudios de la ventaja comparativa desempeña una función crucial para fundamentar las decisiones en cuanto a las políticas y asignar los recursos de la investigación.

### Capacitación

En 1988, el personal del Programa de Economía, especialmente el que trabaja en proyectos regionales y bilaterales, continuó sus intensas actividades de capacitación de todo tipo, que abarcaron desde los cursos ofrecidos en la sede a diversas clases de capacitación en los países. Si bien seguiremos participando en la capacitación sobre la investigación en fincas, se ha previsto que se reducirán gradualmente los cursos

introductorios generales y se ofrecerá un mayor número de cursos especializados para profesionales de las ciencias sociales.

Con un subsidio de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional (USAID), los economistas regionales en el este y el sur de África, junto con muchas instituciones de investigación y extensión agrícolas, participaron en actividades de capacitación que incluyeron cursos y talleres sobre la reunión y el análisis de datos para economistas y agrónomos, el análisis de los ensayos en fincas, la etapa de diagnóstico de la investigación en fincas y aspectos útiles para los administradores de la investigación y la extensión. Se llevaron a cabo cursos y talleres similares en Asia y América Latina.

Como parte de su compromiso de fortalecer la capacidad de investigación de los programas nacionales, el Programa de Economía auspicia los viajes a México de más científicos (principalmente economistas) para que trabajen durante tres a seis meses en proyectos específicos de interés para el CIMMYT y el programa nacional en cuestión. En 1988, un economista de la Universidad Agrícola del Punjab, India, pasó seis meses en México efectuando un análisis de la variabilidad de los rendimientos de trigo.

El estudio, excepcional porque analizó la variabilidad durante un período muy largo (1951-1986), reveló que la variabilidad relativa del rendimiento en todos los países es determinada por el tamaño de éstos, las condiciones de humedad y la temperatura. Las variables tecnológicas, como el grado de adopción de variedades de alto rendimiento y la cantidad de fertilizante aplicado, no influyen en las diferencias de la variabilidad del rendimiento a través de países. Además, el análisis de la variabilidad del rendimiento del trigo en los mismos países en tres períodos entre 1951 y 1986 muestra que esa variabilidad ha disminuido continuamente desde 1975, en particular en los países en desarrollo productores de trigo más grandes donde fueron rápidos los cambios tecnológicos. Estos resultados indican que tal vez sea necesario reconsiderar la opinión actual de que la inestabilidad del rendimiento de los cereales ha aumentado en los últimos decenios como consecuencia de los rápidos cambios tecnológicos. Este asunto merece ser investigado más a fondo porque la variabilidad de la producción es un factor crítico para la seguridad alimentaria de los productores pobres y de países enteros.



Nathan Russell

*El agricultor ghanés E. Ankoma Cudjoe (centro) y dos extensionistas (Kofi Boa, izquierda, y Kojo Tano) del Consejo de Desarrollo de Granos y Legumbres de Ghana, examinan los ensayos sembrados en la parcela del primero. Los estrechos vínculos entre extensionistas e investigadores, fomentada mediante reuniones de planificación y capacitación, benefician al agricultor porque promuevan la comunicación y permiten la realimentación de información al proceso de investigación.*

## Servicios de apoyo

En esta sección describimos brevemente las unidades de apoyo creadas en el transcurso de los años para colaborar con los tres programas principales del CIMMYT en el diseño de experimentos, el procesamiento y el análisis de datos, el manejo de las estaciones experimentales, la difusión de la información y el trabajo de laboratorio. Un informe especial (véase el recuadro, p. 57) se centra en la función de un edificio nuevo que albergará los laboratorios dedicados a la nueva área de la ciencia comúnmente conocida como "biotecnología", los cuales acrecentarán de manera considerable nuestra eficiencia en la utilización de los recursos fitogenéticos.

### Unidad de Biometría

Se creó esta unidad en enero de 1988 para sistematizar y aumentar el apoyo matemático y estadístico que antes era proporcionado a los investigadores de los programas por un solo biometrista. Los ensayos internacionales constituyen la base de las actividades de distribución de germoplasma del CIMMYT y, de acuerdo con las observaciones hechas por el equipo de revisión externa de los programas, se establecieron mejores diseños experimentales y métodos para analizar la estabilidad del rendimiento y evaluar las interacciones entre los genotipos y el medio en los viveros internacionales. La unidad también colabora con los investigadores en el diseño, el análisis y la interpretación de ensayos individuales y en serie. Un ejemplo de estas actividades es el fomento del empleo del diseño en látice alfa en lugar del diseño tradicional en bloques aleatorizados en los ensayos de variedades. Además de efectuar análisis estadísticos de los resultados de los ensayos, la unidad asesora y capacita a los investigadores en el empleo de programas computarizados de estadística para ese propósito.

En el breve lapso transcurrido desde su creación, la Unidad de Biometría ha hecho aportes fundamentales al manejo de los recursos genéticos. Para el mantenimiento de todas las colecciones de base, es esencial reemplazar periódicamente la semilla que ha perdido su viabilidad. Como sólo se usa una muestra limitada de las poblaciones para generar la semilla de reemplazo, la variabilidad genética inicial de las poblaciones no está bien representada en la semilla nueva. Aplicando modelos de probabilidad, la Unidad de Biometría formuló recomendaciones acerca del tamaño de la muestra de regeneración para asegurar la conservación óptima de la variabilidad genética original. La unidad también propuso un procedimiento de regeneración que reduce al mínimo la endogamia y aumenta al máximo el tamaño de la población efectiva.

### Procesamiento de Datos

La importancia de los programas de la base de datos para la operación del banco de germoplasma ha otorgado a esta unidad una función especialmente importante en el manejo de los recursos genéticos en el CIMMYT. En 1988, elaboramos un catálogo del banco de germoplasma de trigo, terminamos un sistema para el manejo del banco de germoplasma de maíz y establecimos una base de datos en CD-ROM (véase la p. 25) que prácticamente pone la información del sistema en las manos de los usuarios de los países en desarrollo.

El trabajo en programas de computación útiles para el fitomejoramiento incluyó el establecimiento de un sistema de manejo de genealogías del trigo y avances en la preparación de un sistema relacionado de libros de campo, que permite a los investigadores examinar los antecesores de las variedades y el coeficiente de parentesco de líneas de trigo harinero, remontándose hasta dos decenios atrás (véanse las pp. 36 y 37). El Programa de Maíz recibió apoyo en forma de un sistema de documentación para la vigilancia de sus proyectos y de un sistema de inventario de semillas para los fitomejoradores.

En 1988, se resolvieron varios problemas de energía y configuración de la red. Reemplazamos el antiguo equipo VAX con dos unidades nuevas microVAX III, que aumentaron en forma considerable la confiabilidad del sistema, y se extendió el servicio de suministro ininterrumpido de energía a toda la Unidad de Procesamiento de Datos, los Servicios de Información y la red local. En 1989, esperamos aumentar la integración de las computadoras personales en la red, elaborar nuevos programas para las PC y vigilar el uso de las VAX con vistas a una probable expansión a mediano plazo de las unidades centrales.

### Estaciones Experimentales

En México, la responsabilidad básica del manejo de las estaciones experimentales consiste en supervisar las operaciones sobre el terreno en unas 500 ha correspondientes a diferentes estaciones de investigación y otros sitios de experimentación. La unidad trabaja en colaboración con los científicos del CIMMYT y contribuye a reducir la carga que representa para ellos la supervisión diaria en el campo, ocupándose de aspectos ordinarios, pero críticos, tales como la preparación de la tierra, el riego y el drenaje, la aplicación de sustancias químicas, la cosecha, el almacenamiento de la semilla, el mantenimiento del equipo, el manejo del personal y la administración. La mayor parte de esta labor se lleva a cabo en cinco estaciones en México, cuatro de ellas (El Batán, Poza Rica, Tlaltizapán y Toluca) administradas directamente por personal del Centro, y la quinta (en Ciudad Obregón), por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México y el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícolas del Estado de Sonora (PIEAES).

---

En el breve período desde su creación, la Unidad de Biometría ha hecho aportaciones claves al manejo de los recursos genéticos.

---

**Prises de origen de los participantes en el curso en servicio sobre el manejo de estaciones experimentales, 1987**

	Maíz	Trigo
<b>Africa</b>		
Egipto	1	1
Etiopía	-	1
Ghana	1	-
Kenya	1	-
Marruecos	-	1
Somalia	1	-
Zambia	1	-
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>Asia</b>		
Siria	1	-
Turquía	1	-
Vietnam	1	-
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>América Latina</b>		
Brasil	1	-
Ecuador	2	-
Paraguay	-	1
Perú	-	1
República Dominicana	1	-
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Total de becarios</b>	<b>13</b>	<b>4</b>
<b>Total de países</b>	<b>11</b>	<b>4</b>

El personal de esta unidad complementó el manejo de las estaciones con investigaciones sobre temas afines, como el estudio de la carencia de hierro en el suelo y la clorosis en Tlaltizapán y, en Poza Rica, de dos especies de leguminosas, *Stizolobium niveum* K. y *Sesbania* sp., con potencial como cultivos de cobertura verde para la rotación con el maíz. Como antes, la unidad también respondió en forma activa a la demanda de los investigadores de los países en desarrollo en cuanto a la capacitación en el manejo de estaciones experimentales y cursos sobre el maíz y el trigo. Diecisiete investigadores provenientes de distintas partes del mundo completaron el programa de capacitación en servicio (véase el cuadro), que se realizó en la sede y cubrió una serie de actividades relacionadas con la operación de estaciones experimentales. El personal colaboró además en cursos dictados en Costa Rica y Perú, adaptados a las necesidades específicas de los programas nacionales de esos países, y en un curso sobre la labranza de conservación ofrecido en El Batán, México, para investigadores de la Región Andina. Por último, el personal de apoyo de las estaciones mexicanas del CIMMYT recibió una capacitación especial en relación con su propia labor.

**Servicios de Información**

En 1988, este grupo produjo casi 50 publicaciones y materiales didácticos, la mayoría en inglés, aunque también se imprimieron traducciones al español, francés, turco y vietnamita. Una publicación—*Enfermedades del trigo causadas por Septoria: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades*—fue seleccionada por sus méritos y recibió el Premio a los Materiales Sobresalientes de Comunicación de los Comunicadores Agrícolas en Educación (ACE) en la categoría de publicaciones técnicas. Como respuesta a las necesidades de información expresadas por los clientes del CIMMYT, la unidad de publicaciones continuará haciendo hincapié en ayudar al personal a preparar manuales prácticos y guías similares a la mencionada arriba, y publicaciones de carácter más técnico, como artículos científicos e informes de la investigación.

En 1988, la sección inició una pequeña actividad orientada a concientizar al público sobre la función de los centros del CGIAR. La Asociación para la Concientización Pública sobre la Investigación Agrícola Internacional, recién formada por el CGIAR, celebró su primera sesión general en el CIMMYT; el Centro se ha comprometido a participar en varias actividades de la Asociación, en particular una campaña de concientización sobre la importancia de los recursos genéticos en América Latina.

**Trabajadores en la estación experimental Tlaltizapán preparan el grano de los ensayos de maíz con calidad de proteína para pesarlo.**

La sección de audiovisuales ha asumido una función más integral con el fin de mejorar las imágenes fotográficas en nuestras publicaciones y aumentar su efecto, como lo demuestra este informe anual. El grupo comenzó a trabajar en un "banco de imágenes" computarizado con el fin de facilitar el almacenamiento y la recuperación de los materiales visuales usados en las publicaciones, las presentaciones y la capacitación en la sede y en otros lugares. El año próximo se dedicará considerable atención a la elaboración de materiales didácticos.

La unidad de información científica (SIU), que incluye nuestra biblioteca especializada, puso en marcha un sistema bibliotecológico integrado usando el paquete de programas BASIS. Como resultado, a través de cualquier terminal conectada a la computadora central se tiene acceso a los registros de todas las existencias bibliográficas del CIMMYT que ingresaron a partir de 1986. También se agregaron varios instrumentos bibliográficos en CD-ROM al conjunto de servicios ofrecidos a nuestros usuarios. Fuera de la sede, la SIU continuó el apoyo a los científicos del Tercer Mundo proporcionando el servicio de difusión selectiva de información (SDI) a más de 400 investigadores de los países en desarrollo, enviándoles información

Nathan Russell



## El laboratorio de biotecnología

actualizada sobre publicaciones vinculadas con sus áreas específicas de interés. Además, se distribuyeron 600 suscripciones de *Wheat, Barley and Triticale Abstracts* y 750 de *Maize Abstracts* (publicados en forma conjunta por el CIMMYT y CAB International) a bibliotecas de los países en desarrollo y algunos colaboradores claves. Finalmente, la SIU trabaja en estrecha colaboración con los colegas de nuestro país anfitrión en el establecimiento de redes y promueve, entre otras cosas, la creación de un catálogo de las publicaciones periódicas existentes en las 15 bibliotecas principales sobre ciencias agrícolas en México.

### Laboratorios

Los laboratorios de servicios generales del CIMMYT - **el de química de los cereales y el de análisis de suelos y nutrición vegetal** - realizaron múltiples análisis en alrededor de 25,400 muestras presentadas por los programas de fitomejoramiento y de economía y las estaciones experimentales.

En el laboratorio de **química de los cereales**, continuamos el apoyo a la generación de maíz con calidad de proteína (QPM) mediante la evaluación de la calidad de proteína de las familias genéticas de poblaciones de polinización libre (35% de las muestras de QPM) y líneas seleccionadas a partir de complejos y poblaciones usados en los cruzamientos simples y en la obtención de híbridos y líneas sintéticas (65% de las muestras de QPM). Efectuamos otros estudios con materiales genéticos seleccionados para determinar los efectos de las interacciones entre el medio y el ciclo de selección sobre la calidad de proteína y, al concluir una evaluación comparativa de tres poblaciones normales de maíz y sus equivalentes de QPM, encontramos valores similares en ambos tipos de maíz en cuanto a características agronómicas como el rendimiento y la densidad de grano, pero valores superiores de calidad nutritiva en el QPM en todas las etapas de desarrollo del endosperma. En dos poblaciones de QPM en las que se estaba mejorando el contenido de aceite, identificamos modificaciones de la calidad de proteína (composición de los aminoácidos) y la calidad de aceite (composición de los ácidos grasos), y posibles interacciones durante los ciclos de selección en diferentes lugares. Con el fin de establecer una base para identificar germoplasma similar, se caracterizaron varias razas mexicanas de maíz usando la electroforesis de las proteínas. Continuó la labor en colaboración con los programas brasileños de mejoramiento de trigo para obtener la tolerancia al aluminio y se evaluaron mediante hidroponia miles de materiales segregantes.

Con la cooperación de agrónomos, fisiólogos especializados en cultivos y, en ocasiones, de agricultores, el laboratorio de **análisis de suelos y nutrición vegetal** determinó el contenido de macro y micronutrientes en muestras de suelos y tejidos vegetales provenientes de las estaciones

Los recientes avances de la biotecnología prometen aumentar la utilidad de los recursos fitogenéticos en nuestros programas de mejoramiento y en los de los países en desarrollo. En lugar de elaborar técnicas de biotecnología, una área donde pensamos que tienen la ventaja las instituciones públicas y privadas dedicadas a investigaciones de tipo más básico, la función del CIMMYT será poner a prueba y adaptar los instrumentos nuevos para su posible empleo en nuestros programas de mejoramiento y, cuando sea apropiado, transferir esos instrumentos a los programas de los países en desarrollo. Se hará hincapié en las tecnologías eficaces en cuanto a su costo, en particular las vinculadas con el diagnóstico, como la técnica ELISA y en las sondas de ADN, como los polimorfismos por fragmentos de longitud restringida (RFLP), que se espera que incrementarán la eficiencia de nuestros programas de fitomejoramiento. Nuestras actividades relacionadas con la biotecnología serán en colaboración, es decir, estarán vinculadas con los centros de biotecnología de los países desarrollados y en desarrollo con el fin de asegurar un uso eficiente de los escasos recursos, involucrar a los programas nacionales en la identificación de la tecnología apropiada y facilitar su acceso a esa tecnología.

Para poner en práctica esas iniciativas, el CIMMYT construye laboratorios en su sede con instalaciones para la genética molecular, las cruzas amplias, la investigación sobre los anticuerpos monoclonales y el cultivo de tejidos. Para esta construcción se dispone de recursos de presupuesto básico del CGIAR, además de donaciones de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA), Italia, Japón y la República Federal de Alemania. Para 1989 estarán funcionando dos niveles (el subsuelo y la planta baja) y se ha previsto la construcción de otro piso en una etapa posterior. Se ha designado a un integrante del personal internacional de presupuesto básico para que dirija las iniciativas del CIMMYT vinculadas con la biotecnología y, en los próximos cinco años, se contratará personal adicional para consolidar un grupo de especialistas en esta área.

(continúa en la p. 58)

experimentales y varias fincas; como resultado, se elaboraron recomendaciones para mejorar las condiciones del suelo en esos lugares.

Además de las unidades de servicios generales, otros laboratorios dan apoyo a proyectos específicos de los programas. A continuación se describen las funciones de estos laboratorios y, cuando es pertinente, se incluye información adicional acerca de sus actividades durante 1988 en los informes de los programas de maíz y de trigo.

En el laboratorio de **calidad industrial**, se evalúan los materiales en mejoramiento provenientes del Programa de Trigo para establecer su calidad industrial (véase la página 42).

La instalación para la **cría masiva de insectos** produce anualmente varios millones de larvas de los insectos que atacan el maíz en México. La mayoría de los insectos producidos se usan para la infestación artificial con el fin de evaluar la resistencia y cualidades agronómicas de la planta huésped, si bien algunos sirven para pruebas en el campo y el laboratorio de sustancias menos tóxicas y no tóxicas empleadas para combatir los insectos en los campos y el almacén. Además de su trabajo con los insectos, los entomólogos colaboran con los fitomejoradores en investigaciones sobre las bases y la herencia de la resistencia de la planta huésped.

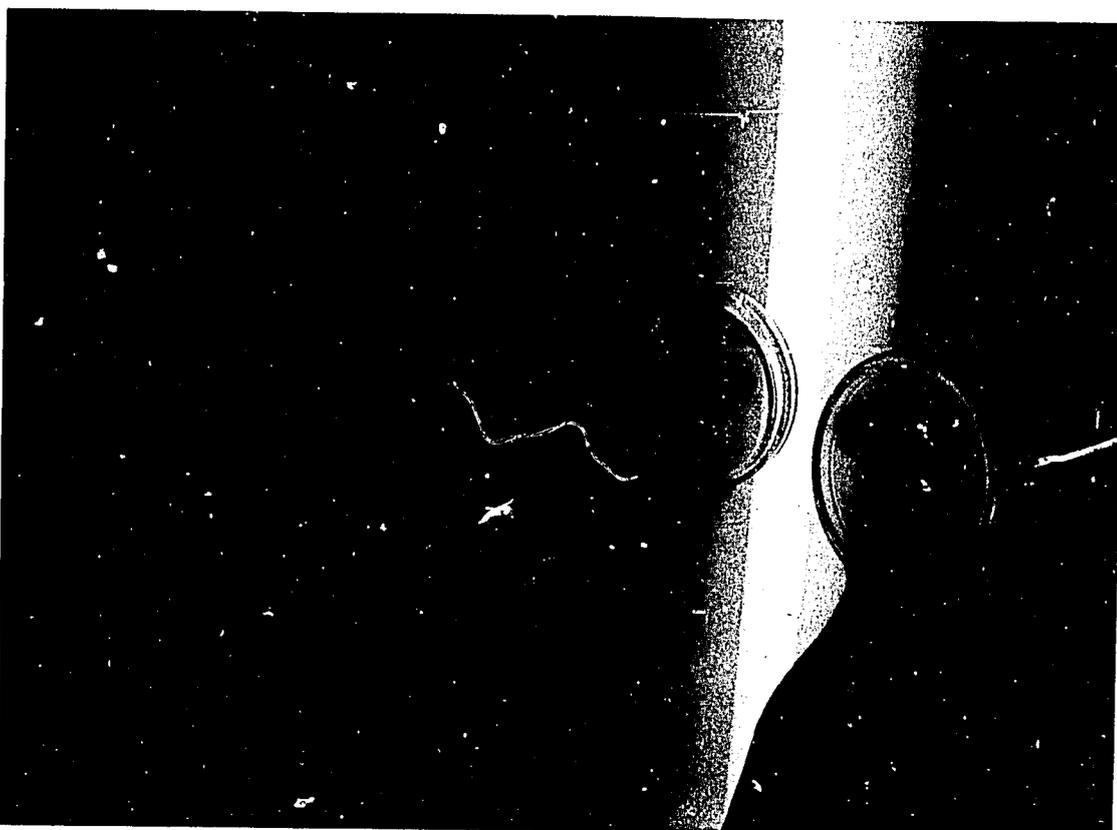
Los laboratorios de **patología** de los Programas de Maíz y de Trigo desarrollan técnicas para la detección, aislamiento y análisis de los hongos, bacterias, virus y nematodos que atacan el maíz, el trigo, el triticale y la cebada. Estas unidades también suministran inóculo para la evaluación de la resistencia a las enfermedades de los materiales sometidos al mejoramiento y constituyen un elemento importante en los cursos de capacitación del CIMMYT.

La responsabilidad de la unidad de **sanidad de semillas** es asegurar que toda la semilla importada o exportada por el CIMMYT esté en las mejores condiciones posibles. Esto implica detectar los agentes patógenos transmitidos por la semilla en los materiales que maneja el CIMMYT, llevar a cabo investigaciones sobre el tratamiento de semillas, efectuar pruebas de germinación para garantizar una viabilidad aceptable, vigilar los procedimientos fitotécnicos del CIMMYT para asegurar un control fitosanitario adecuado y tener siempre en cuenta los problemas de los colaboradores en relación con la cuarentena.

Las unidades de **cruzas amplias** de los Programas de Maíz y de Trigo intentan incorporar genes de resistencia o tolerancia en el maíz y el trigo, mediante cruzamientos con especies silvestres emparentadas con estos cereales (véanse las pp. 26 para el maíz y 37 y 39 para el trigo).

*El CIMMYT se ha comprometido a enviar semilla sana a sus colaboradores, lo cual exige una constante vigilancia de sus materiales. Larry Butler, científico experto en sanidad de semilla, utiliza una serie de técnicas de vigilancia, incluyendo la prueba de agar de Oxgall, en la que se usa luz negra para revelar los metabolitos fluorescentes producidos por *Septoria nodorum*.*

Thomas Luba





## Estado financiero

Rio de la Plata 48  
Colonia Cuauhtémoc  
06500 México, DF

Teléfono 533-1000  
Telex 1772579 PWCOME  
Telecopier 2866248

*Price Waterhouse*



México, D.F., February 14, 1989

To the Board of Trustees of  
Centro Internacional de Mejoramiento  
de Maíz y Trigo, A.C.

In our opinion, the accompanying statements of condition and the related statements of activity and of changes in financial position on a cash basis, expressed in United States dollars, present fairly the financial position of Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C. (CIMMYT) at December 31, 1988 and 1987 and the results of its operations and the changes in its financial position for the years then ended, in conformity with accounting principles generally accepted in the United States of America for not-for-profit organizations consistently applied. Our examinations of these statements were made in accordance with generally accepted auditing standards and accordingly included such tests of the accounting records and such other auditing procedures as we considered necessary in the circumstances.

Our examinations were made primarily for the purpose of forming our opinion on the financial statements taken as a whole. We also examined the additional information presented on Exhibits 1 to 4, expressed in United States dollars, by similar auditing procedures. In our opinion, this additional information is stated fairly in all material respects in relation to the financial statements taken as a whole. Although not necessary for a fair presentation of financial position, results of operations and changes in financial position, this information is presented as additional data.

PRICE WATERHOUSE

Ignacio Vélez

Ciudad Juárez Río Nilo 4049-6, Planta Baja, Fraccionamiento Córdoba Américas, 32310 Ciudad Juárez, Chihuahua, Teléfono 13-8184 Telex 33398  
Chihuahua Av. Juárez 1108-503, 31000 Chihuahua, Chih. Teléfono 16-8937 **Quadalajara** Vallarta 1390-701, 44960 Guadalajara, Jalisco Teléfono 25-1056  
Telex 0684182 **Monterrey** Condominio Losoles D-21, Avenida Lázaro Cárdenas Poniente 2400, 66270 Garza García, Nuevo León Teléfono 35-3500,  
Telex 0382788 **Puebla** Blvd. Gustavo Díaz Ordaz 3314-801 Col. Anzures, 72530 Puebla, Pue. Teléfono 37-3887 **Querétaro** Hidalgo 20, 76000 Querétaro, Qro.  
Teléfono 2-1605 **Satélite** Federico T. de la Chica 17, esquina con Manuel E. Izaquirre Circuito Centro Comercial Ciudad Satélite, 53100 Naucalpan, Estado  
de México, Teléfono 393-8188 **Tijuana** Blvd. Agua Caliente 4558-302 22420 Tijuana, B. C. Teléfono 81-7728

**Comparative Statement of Financial Condition**  
 Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, A.C.

	Note <sup>a</sup>	US dollars (000s)	
		Year ended December 31 1988	1987
<b>Assets</b>			
Cash and short term deposits	3	5,863	3,942
Accounts receivable			
Donors	7	867	1,232
Others	7	1,117	1,134
Inventories	3	132	63
Property, plant, and equipment	3	20,938	20,193
<b>Total assets</b>		<b>28,917</b>	<b>26,564</b>
<b>Liabilities</b>			
Accounts payable and other liabilities		718	829
Accrued benefits	3	598	467
Payments in advance from donors	7	4,801	4,028
<b>Total liabilities</b>		<b>6,117</b>	<b>5,324</b>
<b>Fund balances</b>			
Property, plant, and equipment	3,5	20,938	20,193
Capital development	5	1,100	400
Operating	5	2,765	2,765
Auxiliary services	5	485	364
Cumulative translation effect	4,5	(2,488)	(2,482)
Subtotal		1,862	1,047
<b>Total fund balances</b>		<b>22,800</b>	<b>21,240</b>
<b>Total liabilities and fund balances</b>		<b>28,917</b>	<b>26,564</b>

<sup>a</sup> The notes numbered 1 to 7 (pages 63-65) form an integral part of these financial statements.

## Comparative Statement of Activity

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C.

### Revenue and Expenses

US dollars (000s)

	Note <sup>a</sup>	Year ended December 31	
		1988	1987
<b>Revenue</b>	6		
Grants		31,655	28,594
Sale of crops		35	36
Interest on short term investments		236	108
Auxiliary services		926	762
<b>Total revenue</b>		<b>32,852</b>	<b>29,500</b>
<b>Operating expenses</b>	6		
Research programs		18,850	17,081
Conferences and training		5,537	5,460
Information services		1,431	888
General administration		2,452	1,895
Plant operations		1,593	1,395
Capital acquisitions		1,221	1,465
Auxiliary services		788	522
Accrual benefits		159	218
<b>Total operating expenses</b>		<b>32,031</b>	<b>28,924</b>
Excess of revenue over operating expenses		821	576
Allocated as follows:			
Operating funds	5		350
Capital development fund	5	700	
Auxiliary services	5	121	226
Translation effect for the year	4	(6)	(528)
Net excess of revenue over expenses		815	48
Fund, opening balances		1,047	999
Closing fund balances as per statement of condition		1,862	1,047

<sup>a</sup> The notes numbered 1 to 7 (pages 63-65) form an integral part of these financial statements

**Comparative Statement of  
Changes in Financial Condition on a Cash Basis**  
Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, A.C.

**Operating activities**

		US dollars (000s)	
	Note <sup>a</sup>	Year ended December 31 1988	1987
Cash receipts:			
Grants from donors	6	31,655	28,594
Other	6	1,197	906
Subtotal		32,852	29,500
Translation effect for the year			
Capital development fund	4	(6)	(528)
Operating fund	5	700	350
Subtotal		33,546	29,322
Cash disbursements:			
Salaries and allowances		16,574	13,484
Travel		2,619	2,170
Training, conferences, and publications		5,356	5,472
Field and laboratory		2,744	2,803
Office and vehicle		2,932	3,312
Others		1,761	1,140
Subtotal		31,986	28,381
Cash provided by operating activities		1,560	941
Other activities:			
Additions to property, plant, and equipment	3	(745)	(893)
Accounts receivable from others	7	17	(413)
Accrued benefits	3	131	90
Inventories	3	(69)	32
Payments in advance from donors	3,7	773	1,834
Accounts receivable from donors	3,7	365	338
Accounts payable and other liabilities		(111)	(375)
Cash provided by other activities		361	613
Increase in cash and short term deposits		1,921	1,554
Cash and short term deposits at beginning of year		3,942	2,388
Cash and short term deposits at end of year		5,863	3,942

<sup>a</sup> The notes numbered 1 to 7 (pages 63-65) form an integral part of these financial statements

## Notes to the Financial Statements

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C.

### December 31, 1988 and 1987 US Dollars

#### Note 1: Statement of Purpose

The Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C. (CIMMYT) is a private, autonomous, not-for-profit, scientific and educational institution chartered under Mexican law to engage in the improvement of maize and wheat production everywhere in the world, with emphasis on developing countries.

#### Note 2: Creation of CIMMYT International (CIMMYT INT.)

CIMMYT INT. was formally created through an agreement signed by the United Nations Development Programme and the International Bank of Reconstruction and Development, both cosponsors of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). A Headquarters Agreement, signed by the Government of Mexico on May 9, 1988, and ratified by the Mexican Senate on December 22, 1988, recognized CIMMYT INT. as having the status of an international organization.

While CIMMYT A.C. will continue to exist and to hold the land currently in its possession and new acquisitions, all such land will be put at the disposal of CIMMYT INT. Over time other assets and personnel will be transferred from CIMMYT A.C. to CIMMYT INT. When the transfer of assets and personnel is complete, all subsequent funding will be channeled to CIMMYT INT.

#### Note 3: Summary of Significant Accounting Policies

CIMMYT follows accounting policies recommended by the Secretariat of the CGIAR, an international association sponsored by the World Bank, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and the United Nations Development Programme. In 1986 these policies were revised, and a standard presentation for all research centers supported by the CGIAR was adopted. These policies are in accordance with accounting practices generally accepted in the United States of America for not-for-profit organizations and are summarized below.

a. CIMMYT uses the accrual method of accounting for transactions, and its books of account are kept in US dollars. Transactions in other currencies (mainly Mexican pesos) are recorded at the rates of exchange prevailing on the dates they are entered into and settled. Assets and liabilities denominated in such currencies are translated into US dollars applying Statement No. 52 of the Financial Accounting Standards Board of The United States of America (FAS 52). In accordance with that statement, CIMMYT has adopted the US dollar as its "functional currency" in consideration that the Mexican economy has been hyperinflationary, i.e., with a cumulative inflation rate for the last three years greater than 100% as measured by the National Consumer Price Index published by Banco de Mexico.

b. Purchase orders issued prior to December 31 are treated as operating expenses of the year in question and are shown on the statement of condition under vouchers payable. This is in accordance with guidelines issued by the CGIAR.

c. During periods of cash surplus, CIMMYT makes short term investments in marketable securities. Those denominated in dollars are transacted in the US money market. Interest is credited to income when the security matures or is sold. The security is recorded at cost, which approximates market, and any gain or loss from its sale is recorded at that time. Investments in pesos are held in a short term interest bearing account in a Mexican bank or in government securities. Interest is credited to income as accrued.

d. Inventories are stated at cost (first in, first out method), which is not in excess of market.

e. Fixed assets are stated at acquisition cost. Up to 1971 all purchases of property and equipment were recorded as expenses. In 1972 the CGIAR requested that the International Agricultural Research Centers change to the "write off, then capitalize" method of recording purchases of property and equipment. Accordingly, all property and

equipment purchased under capital grants as from January 1, 1972, was recorded as an asset and credited to capital grants. Prior to 1980 replacements of capital items were recorded as expenditures of the related programs and did not enter in any way to form part of CIMMYT's capital grants, shown on the statement of condition. In 1980 that policy was revised to conform with the accounting policies of the CGIAR. Under this set of guidelines, the incremental value of a capital replacement item, i.e., the amount by which the historical cost of the replacement item is greater (less) than the historical cost of the item being replaced, is credited (debited) to capital grants fully expended on fixed assets. In this way the statement of condition reflects the historical cost of the fixed assets actually in use.

CIMMYT's buildings at certain locations in Mexico are constructed on land owned by the Mexican government and will be donated to the government when CIMMYT ceases operations in Mexico.

f. Depreciation: In accordance with the "write off, then capitalize" method, no depreciation is provided since the assets have already been written off at the time of purchase.

g. Seniority premiums, to which employees are entitled upon termination of employment after 15 years of service, are recognized as expenses as such premiums accrue. The estimate of the accrued benefit determined on the basis of an actuarial study as of the year end amounted to \$297,000 in 1988 (\$141,000 in 1987), and CIMMYT has recorded a liability of \$216,000 in 1988 (\$153,000 in 1987). The charge to income for the year amounted to \$78,000 in 1988 (\$50,000 in 1987), including amortization of past service cost over 10 years.

Other compensation based on length of service, to which employees may be entitled in the event of dismissal or death, in accordance with the Mexican Federal Labor Law, is charged to income in the year in which it becomes payable.

Since 1985, CIMMYT has recorded an accrual for certain unutilized benefits, such as leave time, by staff. That amounted to \$383,000 in 1988 (\$314,000 in 1987).

**h. Revenue Recognition** - Core unrestricted grants are given annually and are charged to accounts receivable when the amount of the donation becomes known. The receivable is cancelled when the funds are received. Any uncollected portion of the pledge applicable to the current year remains charged to accounts receivable and forms part of the institution's income in that year. If the pledge is later judged to be uncollectible, it is written off against income of the year in which it is cancelled.

Pledges in currencies other than US dollars are recorded at their equivalent at the date of deposit.

Core restricted and extra-core pledges, which are often for more than one year, are treated somewhat differently. In these cases the amount recognized as a receivable is equal to the expenses incurred under the grant. The uncollected portion of the pledge is not recognized as a receivable and consequently does not contribute to income. Only when expenses are incurred under the grant is an account receivable created and income recorded. This treatment matches revenues and expenses in accordance with the level of activities carried out under the grant.

This accounting policy permits CIMMYT to distinguish between income and amounts pledged in core restricted and extra-core grants. This is necessary since these grants often cover more than one year's activities or contain carry-forward provisions in cases of underexpenditure. Recognizing the total pledge in a given year as income could result in an overstatement of income. Core unrestricted grants do not require this treatment since they are given annually and the amount pledged represents income that year.

#### **Note 4: Mexican Peso Transactions**

The foreign exchange system existing in Mexico as of July 1985 permits the parallel existence of controlled and free exchange rates handled through exchange brokerage houses with rates in the latter case set on the basis of supply and demand.

At December 31, 1988, CIMMYT had Mexican peso assets and liabilities amounting to Ps 848,247,000 (Ps 577,776,000 in 1987) and Ps 1,113,972,000 (Ps 1,014,845,000 in 1987), which were included in the statement of condition at their US dollar equivalents, applying the year-end rate of Ps 2,270 per dollar.

In 1988 the value of the Mexican peso compared to the dollar fell from Ps 2,200 to Ps 2,270 to the dollar (Ps 911 to Ps 2,200 in 1987). This devaluation gave rise to a translation loss aggregating \$6,000 (\$528,000 in 1987). In accordance with FAS 52, where the firm is judged to be operating in a hyper-inflationary environment and the dollar is judged to be the functional currency, the translation effect in each year is charged to current income.

At February 14, 1989, date of issuance of the Financial Statements, the brokerage houses' exchange rates with the US dollar were Ps 2,315 (buy) and Ps 2,375 (sell).

#### **Note 5: Fund Balances**

The CGIAR permits CIMMYT (and all other international agricultural research centers funded through it) to maintain certain fund balances. The largest of these is the total investment in property, plant, and equipment. By the end of 1988, that had reached \$20,938,000. A capital development fund may also be maintained to help finance future purchases or maintenance of capital items. In 1988, CIMMYT placed \$700,000 in this fund. An operating fund may also be kept for the purpose of smoothing out cash flows and year-to-year revenue streams. In 1987, CIMMYT placed \$350,000 in that fund. At the end of 1988, the Center had \$2,765,000 in operating funds. The \$485,000 surplus from CIMMYT's auxiliary services, such as food and

housing, is also shown under fund balances. And lastly, the accumulated effect from the translation of Mexican pesos and other currencies is listed under fund balances and in 1988 amounted to \$2,488,000.

#### **Note 6: Revenue and Expenses**

**A. Revenue** - CIMMYT's revenues are grouped into six categories:

i) **Grants**. These are funds received from donors and are used to support two types of programs at CIMMYT: core and extra core. Core programs must fall within the mandate of the center and be approved by the Board of Trustees. These must also be approved by the members of the CGIAR, who then provide funding. The CGIAR membership includes governments, government aid agencies, international and regional development banks, and private philanthropic foundations (see Exhibit 2). Core programs are divided into two groups: unrestricted and restricted. Unrestricted grants come with only one requirement: that the funds be used to support core activities.

Restricted grants also support core activities, but they must be used for an activity mutually agreed upon by CIMMYT and the donor.

Extra-core programs must also fall within CIMMYT's mandate and also must be approved by the Board of Trustees. They fall outside of any direct funding through the CGIAR and may be considered related, but distinct, sets of activities from the core program. In general they are of four types: 1) direct assistance (i.e., posting of staff) to national programs, 2) training at CIMMYT for persons from a specific country, 3) collaborative research arrangements with other institutions, and 4) special exploratory research activities. Coordination of this type of funding is done between CIMMYT and the donor.

ii) **Administrative fees**. These fees are charged on restricted and extra-core grants. They permit CIMMYT to offset the cost of administering these grants, which by design only fund specific research activities. In 1988 and 1987, this fee was generally 15%, though for some on-campus activities it was 25%.

iii) Sale of crops. CIMMYT operates four experiment stations in Mexico. Grain and other produce not required for continuance of the research programs is sold from time to time, depending on their availability and quality, and revenues received are registered as income of the period.

iv) Interest on short term investments. Surplus cash is invested in short term interest-bearing securities, and any interest earned is recorded as income. Similarly, interest expense arising from short term borrowings to cover cash deficit positions is charged to this account.

v) Auxiliary services. These comprise revenues from the following areas within CIMMYT: Cafeteria, Laundry, Guest House, Dormitories and Staff Residences. As a whole, they are intended to be self-supporting.

vi) Other income. This is a grouping of miscellaneous revenues received from the sale of surplus items such as used tires and other small pieces of equipment no longer needed by CIMMYT.

B. Expenses—The breakdown of CIMMYT's expenses as shown in its statement of activity is largely self-explanatory. Included under Research Programs, the largest single expenditure, are the expenses of the Maize, Wheat, Economics, Experiment Stations, Laboratories, and Data Processing units. In 1988 and 1987, their expenses were as follows:

	1988	1987
	(000s)	
Maize	7,006	6,201
Wheat	6,627	6,342
Economics	1,877	1,845
Experiment stations	1,887	1,455
Laboratories	346	314
Data processing	868	700
Others	239	224
<b>Total</b>	<b>18,850</b>	<b>17,081</b>

#### Note 7: Accounts Receivable and Payments in Advance

	1988	1987
	(000s)	
<b>Accounts receivable from donors</b>		
Austria, Government of		250
Canadian International Development Agency	256	108
Germany, The Federal Republic of		39
International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics	25	28
International Institute of Tropical Agriculture		18
International Development Research Centre	22	101
The Netherlands, Government of	60	112
United Nations Development Programme	252	482
United States Agency for International Development	164	75
Other donors	88	19
<b>Total</b>	<b>867</b>	<b>1,232</b>
<b>Payments in advance from donors</b>		
Australia, Government of	(37)	(20)
Belgium, Government of	(64)	(30)
Canadian International Development Agency	(380)	(507)
Danish International Development Agency	(81)	(78)
France, Government of	(44)	(28)
Germany, The Federal Republic of	(261)	(183)
Italy, Government of	(649)	(420)
Japan, Government of	(1,535)	(1,200)
Norwegian Agency for International Development	(158)	
OPEC Fund for International Development		(15)
Switzerland, Government of	(1,014)	(938)
The Ford Foundation	(100)	(212)
The Rockefeller Foundation	(75)	(51)
United Nations Development Programme	(30)	
United States Agency for International Development	(109)	(185)
Other donors	(264)	(161)
<b>Total</b>	<b>(4,801)</b>	<b>(4,028)</b>
<b>Other receivables (payments)</b>		
Loans to senior staff*	172	172
Personal charges to employees	16	2
Official expenses advances	741	657
Employee credit union	(49)	(18)
Miscellaneous debtors	237	321
<b>Total</b>	<b>1,117</b>	<b>1,134</b>

\*A program of loans to senior staff, mainly to provide partial financing for house purchases, was initiated in 1982. These carry an interest rate of prime plus 1.75%.

**Detailed Statement of Activity** For the Period January 1 to December 31, 1988  
 Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C.

**Exhibit 1**

		US dollars (000s)				
	Note	Core unrestricted	Core restricted	Extra core and cooperative	Auxiliary services	Total
<b>Revenue</b>	6					
Grants		19,488	6,401	5,766		31,655
Sale of crops		35				35
Interest on short term investments		236				236
Auxiliary services					926	926
<b>Total revenue</b>		<b>19,759</b>	<b>6,401</b>	<b>5,766</b>	<b>926</b>	<b>32,852</b>
<b>Expenses</b>	6					
Research programs		11,960	3,912	2,978		18,850
Conferences and training		2,287	1,335	1,915		5,537
Information services		1,431				1,431
General administration		2,452				2,452
Plant operations		1,593				1,593
Capital acquisitions		702	274	228	17	1,221
Auxiliary services					788	788
Indirect costs		(1,525)	880	645		0
Seniority premiums-accrual leave		159				159
<b>Total operating expenses</b>		<b>19,059</b>	<b>6,401</b>	<b>5,766</b>	<b>805</b>	<b>32,031</b>
Excess of revenue over operating expenses		700			121	821
Allocated as follows:						
Capital development fund	5	700				700
Auxiliary services	5				121	121
Translation effect for the year	4	(6)				(6)
Net excess of revenue over expenses		694			121	815

**Sources of Income From Grants** For the Period January 1 to December 31, 1988  
 Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C.

**Exhibit 2**

US dollars (000s)

	<b>Unrestricted</b>	<b>Restricted</b>	<b>Extra core and cooperative</b>	<b>Total</b>
Australia, Government of	594		20	614
Austria, Government of	250			250
Belgium, Government of			111	111
Canadian International Development Agency	1,498		1,986	3,484
China, People's Republic of	50			50
Danish International Development Agency	554		49	603
European Economic Community		1,199		1,199
Finland, Government of	748			748
France, Government of		443		443
Germany, The Federal Republic of	460		222	682
India, Government of	45			45
Inter-American Development Bank	4,411			4,411
International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics			363	363
Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria Peru/World Bank			34	34
International Institute of Tropical Agriculture			41	41
Italy, Government of		358	100	458
Japan, Government of		1,726	113	1,839
Norwegian Agency for International Development	168		26	194
OPEC Fund for International Development		65		65
Spain, Government of	115			115
Switzerland, Government of		533	500	1,033
The Ford Foundation	100			100
The Netherlands, Government of		313		313
The Philippines, Government of	60			60
The Rockefeller Foundation			40	40
The United Kingdom, Government of	1,310			1,310
The World Bank	3,875			3,875
United Nations Development Programme		1,764	26	1,790
United States Agency for International Development	5,250		1,720	6,970
Miscellaneous training and research grants			415	415
<b>Total income from grants</b>	<b>19,488</b>	<b>6,401</b>	<b>5,766</b>	<b>31,655</b>

**Core Restricted Pledges and Expenses** For the Period January 1 to December 31, 1988  
 Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C.

**Exhibit 3**

US dollars (000s)

	Grant period <sup>a</sup> (month/day/year)	Grant pledged <sup>a</sup>	Expenses		
			Prior years	This year	Total
<b>Government of France</b>					
Collaborative Research—Maize	01/01/88-12/31/88			198	198
Bread Wheat	01/01/88-12/31/88			59	59
Triticale	01/01/88-12/31/88			59	59
Economics	01/01/88-12/31/89			48	48
Agronomy	01/01/88-12/31/89			54	54
Plant Protection	01/01/88-12/31/88			24	24
<b>Total</b>		<b>460<sup>b</sup></b>	<b>N/A</b>	<b>442</b>	<b>442</b>
<b>Government of Japan</b>					
Wheat Disease Surveillance	01/01/88-12/31/88			501	501
Wheat and Maize Plant Protection	01/01/88-12/31/88			897	897
Wheat Southern Cone	01/01/88-12/31/88			328	328
<b>Total</b>		<b>1,726<sup>c</sup></b>	<b>N/A</b>	<b>1,726</b>	<b>1,726</b>
<b>OPEC Fund for International Development</b>					
Maize West Africa, Phase V	07/01/87-06/30/88	100	35	65	100
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>35</b>	<b>65</b>	<b>100</b>
<b>Government of Switzerland</b>					
Central America and Caribbean— Maize	01/01/87-12/31/89	1,121	317	311	628
Central America and Caribbean— Economics	01/01/87-12/31/89	510	180	222	402
<b>Total</b>		<b>1,631<sup>d</sup></b>	<b>497</b>	<b>533</b>	<b>1,030</b>
<b>Government of The Netherlands</b>					
Economics	01/01/88-12/31/88	153		153	153
Research and Technology Program	01/01/88-12/31/88	160		160	160
<b>Total</b>		<b>313</b>	<b>N/A</b>	<b>313</b>	<b>313</b>

**Exhibit 3 (Continued)**

US dollars (000s)

	Grant period <sup>a</sup> (month/day/year)	Grant pledged <sup>b</sup>	Expenses		
			Prior years	This year	Total
<b>United Nations Development Programme</b>					
International Maize Testing Program and Selected Training Activities	01/01/85-12/31/89	5,022	2,884	1,018	3,902
Development of Wheat Varieties for Marginal Areas	07/01/87-06/30/90	2,437	356	747	1,103
<b>Total</b>		<b>7,459</b>	<b>3,240</b>	<b>1,765</b>	<b>5,005</b>
<b>European Economic Community</b>					
Andean Regional Wheat and Maize	01/01/87-12/31/89	3,000 <sup>e</sup>	1,003	1,199	2,202
<b>Government of Italy</b>					
Barley Yellow Dwarf Virus, Phase I	01/01/88-10/31/88	320		320	320
Barley Yellow Dwarf Virus, Phase II	11/01/88-10/31/91	1,350		38	38
<b>Total</b>		<b>1,670</b>	<b>N/A</b>	<b>358</b>	<b>358</b>
<b>Total core restricted</b>		<b>16,359</b>	<b>4,775</b>	<b>6,401</b>	<b>11,176</b>

<sup>a</sup> For information purposes only.

<sup>b</sup> Equivalent to FF 2'900,000.

<sup>c</sup> Equivalent to YEN 218,425,000.

<sup>d</sup> Includes US\$38,949 of interest earned in 1988.

<sup>e</sup> Equivalent to ECU 3,000,000.

N/A – Not applicable.

**Extra-Core Pledges and Expenses** For the Period January 1 to December 31, 1988  
 Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, A.C.

**Exhibit 4**

US dollars (000s)

	Grant period <sup>a</sup> (month/day/year)	Grant pledged <sup>a</sup>	Expenses		
			Prior years	This year	Total
<b>United States Agency for International Development</b>					
Barley Yellow Dwarf Virus Pakistan Agricultural Research Council Wheat, Maize, and Economics	01/01/88-12/31/88	14		14	14
Africa Farming Systems Research, Phase II	10/01/84-09/30/90	3,440 <sup>b</sup>	2,379	440	2,819
Maize Insect Pests	01/01/86-05/20/90 09/30/87-05/31/89	5,000 55	1,728	1,241 26	2,969 26
<b>Total</b>		<b>8,509</b>	<b>4,107</b>	<b>1,721</b>	<b>5,828</b>
<b>United Nations Development Programme</b>					
Consultancy	07/09/87-12/31/88	N/A	14	26	40
<b>Canadian International Development Agency</b>					
Triticale Research and Training	04/01/78-12/31/87	286 <sup>c</sup>	284	2	286
Haiti—Economics	01/01/85-03/31/89	599 <sup>d</sup>	392	117	509
East Africa Cereals Program, Phase I	10/01/84-05/19/88	2,040 <sup>e</sup>	1,664	376	2,040
East Africa Cereals Program, Phase II	05/20/88-05/19/92	3,833 <sup>f</sup>		485	485
Ghana Maize, Phase II	10/01/83-03/31/89	3,838 <sup>g</sup>	2,858	694	3,552
Bangladesh-Wheat	04/01/82-06/30/90	3,815 <sup>h</sup>	2,502	312	2,814
<b>Total</b>		<b>14,411</b>	<b>7,700</b>	<b>1,986</b>	<b>9,686</b>
<b>Government of Switzerland</b>					
Central America and Caribbean— Maize	01/01/87-12/31/89	714 <sup>i</sup>	215	258	473
Central America and Caribbean— Economics	01/01/87-12/31/89	408 <sup>i</sup>	101	177	278
Economics Training	08/19/86-02/28/89	84	51	30	81
Biotechnology Science	06/13/88-06/12/90	157		35	35
<b>Total</b>		<b>1,363</b>	<b>367</b>	<b>500</b>	<b>867</b>
<b>Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria, Peru/World Bank</b>					
Wheat	08/01/83-12/31/88	517	483	34	517

**Exhibit 4 (continued)**

US dollars (000s)

	Grant period <sup>a</sup> (month/day/year)	Grant pledged <sup>a</sup>	Expenses		
			Prior years	This year	Total
<b>Government of Federal Republic of Germany</b>					
African Students Postgraduate Fellowships	01/09/87-07/31/90	120	1	35	36
Wheat International Agricultural Research	07/01/86-06/30/89	591	251	177	428
Enhancement of Disease Resistance in Quality Protein Maize	07/01/86-06/30/89	48	18	10	28
<b>Total</b>		<b>759</b>	<b>270</b>	<b>222</b>	<b>492</b>
<b>Government of Belgium</b>					
Wheat Bacterial Disease Project	01/01/87-12/31/89	414	127	111	238
<b>Government of Italy</b>					
Barley Yellow Dwarf Virus	01/01/88-12/31/88	865	765	100	865
<b>Government of Japan</b>					
Fellowships Program	09/01/86-12/31/89	906	10	112	122
Cafeteria, Building	09/01/87-12/31/89	306	2		2
<b>Total</b>		<b>1,212<sup>j</sup></b>	<b>12</b>	<b>112</b>	<b>124</b>
<b>Norwegian Agency for International Development</b>					
Predocctoral Fellowship	01/01/88-12/31/88	64 <sup>k</sup>	N/A	26	26
<b>Biotechnology Laboratory</b>					
Government of Federal Republic of Germany	01/01/88-12/31/89	176 <sup>l</sup>			
Government of Japan	01/01/88-12/31/89	500 <sup>m</sup>			
Government of Italy	01/01/88-12/31/89	300			
Canadian International Development Agency	01/01/88-12/31/89	142 <sup>n</sup>		207	207
<b>Total</b>		<b>1,118</b>	<b>N/A</b>	<b>207</b>	<b>207</b>

<sup>a</sup> For information purposes only

<sup>b</sup> Includes RPs 28,194,206 equivalent to US\$1,566,345.

<sup>c</sup> Equivalent to CA 338,944

<sup>d</sup> Equivalent to CA 788,395

<sup>e</sup> Equivalent to CA 2,753,000

<sup>f</sup> Equivalent to CA 4,765,000

<sup>g</sup> Equivalent to CA 4,977,866

<sup>h</sup> Equivalent to CA 4,900,000

<sup>i</sup> Includes US\$38,949 of interest earned.

N/A = Not applicable

<sup>j</sup> Equivalent to YEN 174,129,000

<sup>k</sup> Equivalent to NOK 400,000

<sup>l</sup> Equivalent to DM 200,000 plus US\$59,844

<sup>m</sup> Equivalent to YEN 68,360,000

<sup>n</sup> Equivalent to CD 180,000

<sup>o</sup> Equivalent to AD 190,000

<sup>p</sup> Grant period not applicable

*Continued next page*

**Exhibit 4 (Continued)**

US dollars (000s)

	Grant period <sup>a</sup> (month/day/year)	Grant pledged <sup>a</sup>	Expenses Prior years	This year	Total
<b>Biotechnology Consortium</b>					
Government of Australia	01/09/84-01/09/88	149 <sup>o</sup>	129	20	149
<b>Danish International Development Agency</b>					
DPS Associate Scientist	09/01/86-08/30/89	137	47	49	96
<b>International Institute of Tropical Agriculture</b>					
SAFGRAD	01/01/88-06/30/88	N/A	N/A	41	41
<b>The Rockefeller Foundation</b>					
Social Science Research Maize—Ghana	01/01/88-11/14/89	31		29	29
Social Science Research— Macro-Level	10/15/88-10/14/90	33		11	11
<b>Total</b>		<b>64</b>	<b>N/A</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>Miscellaneous Training and Research Grants</b>					
	p	N/A	N/A	206	206
<b>Cooperative Projects</b>					
IBPGR—Latin America	01/07/88-12/31/88	24		17	17
ICRISAT—Sorghum Project	01/01/88-12/31/88	348		348	348
<b>Total</b>		<b>372</b>	<b>N/A</b>	<b>365</b>	<b>365</b>
<b>Total extra core</b>			<b>14,021</b>	<b>5,766</b>	<b>19,787</b>

a For information purposes only.

b Includes RPs 28,194,206 equivalent to US\$1,566,345.

c Equivalent to CA 338,944.

d Equivalent to CA 788,395.

e Equivalent to CA 2,753,000.

f Equivalent to CA 4,765,000.

g Equivalent to CA 4,977,866.

h Equivalent to CA 4,900,000.

i Includes US\$38,949 of interest earned.

N/A = Not applicable.

j Equivalent to YEN 174,129,000.

k Equivalent to NOK 400,000.

l Equivalent to DM 200,000 plus US\$59,844.

m Equivalent to YEN 68,360,000.

n Equivalent to CD 180,000.

o Equivalent to AD 190,000.

p Grant period not applicable.

## Publicaciones

### Publicaciones del CIMMYT

Las siguientes son algunas de las publicaciones que el CIMMYT distribuyó en 1988. Se puede solicitar una lista más completa a los Servicios de Información.

- CIMMYT. 1988. *Informe Anual 1987: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*. México, D.F. (También en inglés.)
- \_\_\_\_\_. 1988. *CIMMYT Report on Wheat Improvement 1985-86*. México, D.F.
- \_\_\_\_\_. 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*. Edición totalmente revisada. México, D.F.
- \_\_\_\_\_. 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Libro de ejercicios*. México, D.F.
- \_\_\_\_\_. 1988. International maize testing reports (1986 final and 1987 preliminary). México, D.F.
- \_\_\_\_\_. 1988. Wheat, barley, and triticale bibliographies 1987 3(4-6). México, D.F.
- \_\_\_\_\_. 1988. Wheat nursery reports. México, D.F.
- Borlaug, N.E. 1988. *Norman E. Borlaug: A Bibliography of Papers and Publications*. México D.F.: CIMMYT
- De León, C. 1984. *Enfermedades del maíz: Una guía para su identificación en el campo*. En vietnamés
- Klatt, A.R., ed. 1988. *Wheat Production Constraints in Tropical Environments*. México, D.F.: CIMMYT.
- Kohli, M.M., y S. Rajaram, eds. 1988. *Wheat Breeding for Acid Soils: Review of Brazilian/CIMMYT Collaboration, 1974-1986*. México, D.F.: CIMMYT.
- Morris, M.L. 1988. Comparative advantage and policy incentives for wheat production in Zimbabwe. CIMMYT Economics Working Paper 88/02. México, D.F.: CIMMYT.
- Prescott, J.M., H.C. Young, Jr., E.E. Saari, y M. van den Berg. 1988. Summaries of the Regional Disease Trap Nurseries (RDTN) for bread wheat, durum wheat, barley, and triticale from 1975-76 to 1982-83.
- Van Ginkel, M., y D.G. Tanner, eds. 1988. *Fifth Regional Workshop for Eastern, Central, and Southern Africa and the Indian Ocean: Proceedings*. México, D.F.: CIMMYT
- Villareal, R.L., y S. Rajaram. 1988 revised. *Semidwarf Bread Wheats: Names, Parentages, Pedigrees, and Origins*. México D.F.: CIMMYT.
- Yates, M., J.C. Martínez, y G. Sain. 1988. Fertilizer provision in Les Cayes, Haiti. Addressing market imperfections with farm-based policy research. CIMMYT Economics Working Paper 88/01. México, D.F.: CIMMYT.
- Bell, L.C., y M.A. Bell. 1988. Management of copper, nickel and arsenic levels in a soil-plant system irrigated with copper refinery effluent. *Australian Mining Industry Council* 1:273-276.
- Bell, M.A., D. Davidson y M. Gallo. 1988. 1987 CIMMYT wheat production in-service training program. *Annual Wheat Newsletter* 34:75-76.
- Beltran, J.A., J.N. Woolley, J.H. Tobón y J. Arias. 1988. La investigación a nivel finca. Caso del sistema de relevo maíz-frijol en San Vicente, Colombia, 1982-1987. CIAT Documento de trabajo No. 33 publicado en colaboración con el ICA. Cali, Colombia.
- Brajcich, P. y L. Gilchrist S. 1988. Durum wheat resistance to three rusts. *Annual Wheat Newsletter* 34:73.
- Byerlee, D. 1988. Agricultural extension and the development of farmers' management skills. *In Training and Visit Extension in Practice*, ed. John Howell. Occasional Paper 8, Overseas Development Institute (ODI).
- Byerlee, D. y B. Curtis. 1988. Wheat: A crop transformed. *Span* 30(3): 110-113.
- Byerlee, D., K.A. Tetlay y Z. Ahmad. 1988. Factors affecting current and potential cropping intensity in the southern Punjab of Pakistan. Pakistan Agricultural Research Council, PARC/CIMMYT Paper No. 88-1. Islamabad.
- Byerlee, D. y R. Tripp. 1988. Strengthening linkages in agricultural research through a farming systems perspective: The role of social scientists. *Experimental Agriculture* 24:137-151.
- Calhoun, D.S., J.E. Funderburk y I.D. Teare. 1988. Soybean seed crude protein and oil levels in relation to weight, developmental time, and survival of southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology* 17(4): 727-729.
- Carney, J.A. 1988. Struggles over crop rights and labor within contract farming households in a Gambian irrigated rice project. *Journal of Peasant Studies* 15(3):334-349.
- \_\_\_\_\_. 1988. Struggles over land and crops in an irrigated rice scheme: The Gambia. *In Agriculture, Women and Land: The African Experience*, ed. Jean Davison, 59-78. Boulder: Westview Press.
- Crossa, J. 1988. A comparison of results obtained with two methods for assessing yield stability. *Theoretical and Applied Genetics* 75:460-467.
- Crossa, J., B. Westcott y C. Gonzalez. 1988. Analysing yield stability of maize genotypes using a spatial model. *Theoretical and Applied Genetics* 75:863-868.
- \_\_\_\_\_. 1988. The yield stability of maize genotypes across international environments: Full season tropical maize. *Experimental Agriculture* 24:253-263.
- Davis, F.M., W.P. Williams, J.A. Mihm, B.D. Barry, J.L. Overman, B.R. Wiseman y T.J. Riley. 1988. Resistance to multiple lepidopterous species in tropical derived corn germplasm. Technical Bulletin No. 157. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station.

### Artículos en revistas científicas, monografías y capítulos en libros

- Ahmad, Z., M. Sharif, J. Longnre, y J.A. Tetlay. 1988. Weed management strategies for wheat in the irrigated Punjab: Farmers' knowledge, adoption and economics. Pakistan Agricultural Research Council, PARC/CIMMYT Paper No. 88-3. Islamabad.

- Duveiller, E., K. Miyajima, F. Snacken, A. Autrique y H. Marañón. 1988. Characterization of *Pseudomonas fuscovaginae* and differentiation from other fluorescent Pseudomonads occurring on rice in Burundi. *Journal of Phytopathology* 122:97-107.
- Gelaw, B., ed. 1988. *Towards Self Sufficiency: A Proceedings of the Second Eastern, Central and Southern Africa Regional Maize Workshop*. Harare: CIMMYT.
- Lafitte, H.R. y R.S. Loomis. 1988. Growth and composition of grain sorghum with limited nitrogen. *Agronomy Journal* 80:492-498.
- \_\_\_\_\_. 1988. Calculation of growth yield, growth respiration and heat content of grain sorghum from elemental and proximal analyses. *Annals of Botany* 62:353-361.
- Lawn, D.A., G.R. Noel y J.B. Sinclair. 1988. Plant-parasitic nematodes associated with sunflower and maize in the Republic of Zambia. *Nematologica* 18(2):143-154.
- \_\_\_\_\_. 1988. Plant-parasitic nematodes and *Neocosmospora vasinfetca* var. *africana* associated with soybeans in the Republic of Zambia. *Nematologica* 18(1):33-43.
- Loomis, R.S. y H.R. Lafitte. 1987. The carbon economy of a maize crop exposed to elevated CO<sub>2</sub> concentration and water stress, as determined from elemental analyses. *Field Crops Research* 17:63-74.
- Low, A. 1988. Farm household-economics and the design and impact of biological research in Southern Africa. *Agricultural Administration and Extension* 29(1):23-34.
- Low, A., D.F. Mataruka y G. Makombe. 1988. The use of economic analysis in researcher managed trials. Economic Analysis in Research Results: Part 1. Department of Research and Special Studies, Zimbabwe.
- Lopez-Cesati, J., E. Villegas y S. Rajaram. 1988. CIMMYT's laboratory method for screening wheat seedling tolerance to aluminum. In *Wheat Breeding for Acid Soils*, 59-62. México, D.F.: CIMMYT.
- Mataruka, D.F., G. Makombe y A. Low. 1988. Example of a maize nitrogen x phosphorus trial in Zimbabwe. Economic Analysis in Research Results: Part 2. Department of Research and Special Studies, Zimbabwe.
- Mihm, J.A., M.E. Smith y J.A. Deutsch. 1988. Development of open-pollinated varieties, non-conventional hybrids and inbred lines of tropical maize with resistance to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), at CIMMYT. *The Florida Entomologist* 71(3):262-268.
- Morris, M.L. 1988. Parallel rice markets: Policy lessons from northern Senegal. *Food Policy* 13(3): 257-269
- Nachit, M.M. y A. Asbati. 1987. *Testing for vitriuous kernels in durum wheat at ICARDA*. *Rachis* 6(2).
- Pham, H.N. y M.S. Kang. 1988. Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. *Crop Science* 28(6):925-928.
- Rajaram, S., W.H. Pfeiffer y R.S. Singh. 1988. Developing bread wheats for acid soils through shuttle breeding. In *Wheat Breeding for Acid Soils*, 50-58. México, D.F.: CIMMYT.
- Rajaram, S., R.P. Singh y E. Torres. 1988. Current CIMMYT approaches in breeding wheat for rust resistance. In *Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat*, 101-118. México, D.F.: CIMMYT.
- Saunders, D.A. 1988. Crop management research: Summary of results, 1983-88. Wheat Research Center Monograph No. 5. Agricultural Research Institute, Bangladesh.
- Sharif, M., Z. Ahmad, M. Shafique, M.A. Maqbool y J. Longmire. 1988. Monitoring wheat varietal diffusion in the irrigated Punjab. Results from 1987-88. AERU Faisalabad Staff Paper No. 88-5. PARC/CIMMYT, Islamabad.
- Sheikh, A.D., D. Byerlee y M. Azeem. 1988. Analytics of barani farming systems of Northern Punjab: Cropping intensity, crop-livestock interactions and food self-sufficiency. Pakistan Agricultural Research Council, PARC/CIMMYT Paper No. 88-2. Islamabad.
- Sharif, M., M. Shafique, Z. Ahmad, M.A. Maqbool y J. Longmire. 1988. Monitoring rice varieties grown in the rice zone of the Punjab. Results from 1985-87. AERU Faisalabad Staff Paper No. 88-6. PARC/CIMMYT, Islamabad.
- Van Beuningen, L.T., M.M. Kohli y E. Alarcón, eds. 1988. Resultados del sexto vivero de líneas avanzadas del Cono Sur (IACOS) 1986-1987. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Paraguay)/CIMMYT.
- Van Ginkel, M. y A.L. Scharen. 1988. Diallel analysis of resistance to *Septoria tritici* isolates in durum wheat. *Euphytica* 38:31-37.
- \_\_\_\_\_. 1988. Host-pathogen relationships of wheat and *Septoria tritici*. *Phytopathology* 78(6):762-766.
- Villareal, R.L. 1987. A report on CIMMYT's 1986 wheat improvement in-service training course. *Annual Wheat Newsletter* 33:81.
- Villareal, R.L. y E.R. Olmedo. 1988. CIMMYT wheat improvement in-service training course, 1987. *Annual Wheat Newsletter* 34:74-75.
- Waddington, S.R. y P. Cartwright. 1988. Prematurity gradients in shoot size and in number and size of florets for spring barley treated with mepiquat chloride. *Journal of Agricultural Science* 110:633-639.
- Woolley, J.N., J.A. Beltran y M.A. Melo. 1988. La investigación a nivel finca: Caso del frijol en Funes, Colombia, 1982-1987. CIAT Documento de Trabajo No. 34. Cali, Colombia.
- Woolley, J.N., J.A. Beltran, R.A. Vallejo y M. Prager. 1988. Identificando tecnologías apropiadas para agricultores. Caso del sistema frijol + maíz en Ipiales, Colombia, 1982-1986. CIAT Documento de Trabajo No. 31. Cali, Colombia.
- Zamora, M.R., P.A. Burnett, H.E. Vivar, R. Rodríguez y M. Navarro. 1988. Barley stripe mosaic virus in México. *Plant Disease* 72(6):546.

## Trabajos publicados en memorias

- Bell, M.A. y H.R. Lafitte. 1988. Predicting crop responses to changing technologies through on-farm research: A case study. *Agronomy Abstracts*, 50.
- Bjarnason, M., K. Short, S.K. Vasal y E. Villegas. 1988. Genetic improvement of various quality protein maize (QPM) populations. *Agronomy Abstracts*, 74.
- Bolaños, J.A. y G.O. Edmeades. 1988. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. *Agronomy Abstracts*, 74.
- Byerlee, D. y M.L. Morris. 1988. The political economy of wheat consumption and production with special reference to sub-Saharan Africa. In *Southern Africa: Food Security Policy Options* (proceedings of the Third Annual Conference on Food Security Research in Southern Africa, November 1987), eds. M. Rukuni and R.H. Bernstein, 361-388. Harare: University of Zimbabwe/Michigan State University Food Security Research Project.
- Cantrell, R. 1988. CIMMYT's maize program overview. In *Trade and Development. Proceedings of the Winter 1986 Meeting of the International Agricultural Trade Research Consortium*, ed. M.D. Shane, 136-140. Agriculture and Trade Analysis Division, United States Department of Agriculture (USDA) Economic Research Service, Staff Report AGES870928.
- Curtis, B.C. 1988. CIMMYT'S wheat program overview. In *Trade and Development. Proceedings of the Winter 1986 Meeting of the International Agricultural Trade Research Consortium*, ed. M.D. Shane, 128-135. Agriculture and Trade Analysis Division, United States Department of Agriculture (USDA) Economic Research Service, Staff Report AGES870928.
- Drepper, W.J. y B.L. Renfro. 1988. Comparison of ear and stalk inoculation methods with *Fusarium moniliforme* on maize. *APS Abstracts of Presentations*, 797.
- Edmeades, G.O. y H.R. Lafitte. 1988. Effects of defoliation and density stress on tropical maize selected for reduced plant height. *Agronomy Abstracts*, 90-91.
- Gelaw, B. 1988. An introduction to and objectives of the Second Eastern, Central and Southern Africa Regional Maize Workshop. In *Towards Self Sufficiency - A Proceedings of the Second Eastern, Central and Southern Africa Regional Maize Workshop*, ed. B. Gelaw. Harare: CIMMYT.
- Hobbs, P.R., C.E. Mann y L. Butler. 1988. A perspective on research needs for the rice-wheat rotation. In *Wheat Production Constraints in Tropical Environments* (proceedings of the 1987 conference of the same name, Chiang Mai, Thailand), ed. A.R. Klatt, 197-211. México, D.F.: CIMMYT.
- Lafitte, H.R. 1988. Efectos de la labranza mínima en el crecimiento y rendimiento del maíz. In *Labranza de Conservación en Maíz* (proceedings of the 1988 CIMMYT/PROCIANDINO course on conservation tillage, El Batán, México), eds. H. Barreto, R. Raab, A. Tasistro y A. Violic, 59-74. El Batán: CIMMYT.
- Lafitte, H.R. y G.O. Edmeades. 1988. Results of selection for variation in biomass production per unit of intercepted radiation in tropical maize. *Agronomy Abstracts*, 87.
- Morris, M.L. 1988. Wheat policy options in Zimbabwe: A comparative advantage approach. In *Southern Africa: Food Security Policy Options* (proceedings of the Third Annual Conference on Food Security Research in Southern Africa, November 1987), eds. M. Rukuni and R.H. Bernstein, 361-388. Harare: University of Zimbabwe/Michigan State University Food Security Research Project.
- Ortega, E.I., E. Villegas, M. Bjarnason y K. Short. 1988. Dry matter and protein fraction changes in quality protein maize through kernel development. *Agronomy Abstracts*, 74.
- Rajaram, S. 1988. Breeding and testing strategies for rice-wheat rotation areas. In *Wheat Production Constraints in Tropical Environments* (proceedings of 1987 conference of same name, Chiang Mai, Thailand), ed. A.R. Klatt, 187-196. México, D.F.: CIMMYT.
- Ransom, J.K., P. Anandajayasekeram y A.F.E. Palmer. 1988. A "call" system approach for teaching on-farm research methodologies. *Agronomy Abstracts*, 66.
- Saari, E.E., H.J. Braun y B. Skovmand. 1988. Winter wheat germplasm improvement: Objectives of the Turkish-CIMMYT cooperative program. In *Winter Cereals and Food Legumes in Mountainous Areas* (proceedings of the 1987 International Symposium on Problems and Prospects of Winter Cereals and Food Legumes Production in the High-Elevation Areas of West Asia, Southeast Asia y North Africa held in Ankara, Turkey), eds. J.P. Srivastava, M.C. Saxena, S. Varma y M. Tahir, 253-267. Aleppo: ICARDA.
- Villareal, R.L. 1988. Wheat breeding/pathology in-service training at CIMMYT. *Agronomy Abstracts*, 64.
- \_\_\_\_\_. 1988. Methodologies of wheat improvement training at CIMMYT. *Agronomy Abstracts*, 43.
- Waddington, S.R. Low, A. 1988. CIMMYT's on-farm research support program for eastern and southern Africa. In *Towards Self Sufficiency. A Proceedings of the Second Eastern, Central and Southern Africa Regional Maize Workshop*, ed. B. Gelaw. Harare: CIMMYT.
- Winkelmann, D.L. 1988. The evolving role of CIMMYT. Some issues for world food and agriculture. In *Trade and Development. Proceedings of the Winter 1986 Meeting of the International Agricultural Trade Research Consortium*, ed. M.D. Shane, 105-112. Agriculture and Trade Analysis Division, United States Department of Agriculture (USDA) Economic Research Service, Staff Report AGES870928.

## Conferencias, cursos, simposios y talleres

- Alcala, M. y H.N. Pham. 1988. Distribution of improved maize and wheat germplasm through CIMMYT's international maize, wheat, triticale and barley nursery programs. Symposium on the Introduction of Germplasm and Plant Quarantine Procedures at the ASEAN Plant Quarantine Center and Training Institute. Diciembre, Kuala Lumpur, Malasia.
- Amaya, A. 1988. Panorama mundial sobre la producción e investigación de cereales de invierno, con especial referencia a la calidad. I Jornadas Técnicas Andaluzas de Cereales. Octubre, Jerez de la Frontera, España.
- Amaya, A. y R.J. Peña. 1988. Efecto del nivel de panza blanca en la calidad galletera y pastelera de trigo suave. I Conferencia Nacional sobre Producción de Trigo en México. Marzo, Ciudad Obregón, México.
- Anandajayasekeram, P. y A.F.E. Palmer. 1988. Evaluation of on-farm research trials for deriving recommendations. Tanzania National Maize Workshop. Junio, Arusha, Tanzania.
- Bajet, N.B. 1988. Enfermedades del maíz en los trópicos. Taller de Agronomía del Maíz y Tecnología de Producción de Semillas. Enero, Chitre, Panamá.
- Bolaños, J.A. y G.O. Edmeades. 1988. CIMMYT's strategies in breeding for drought tolerance in tropical maize. International Conference on Dryland Farming. Agosto, Amarillo, Texas.
- Calhoun, S., L. Gilchrist S., H. Vivar y P.A. Burnett. 1988. *Diuraphis noxia* studies at CIMMYT Russian Wheat Aphid Workshop. Octubre, Denver, Colorado.
- Diallo, A.O. y M.S. Rodríguez. 1988. Development of maize varieties for the Sudan savanna zone of West Africa. VIII Contribution of IITA/SAFGRAD Maize Program. Febrero, Kumasi, Ghana.
- Duveiller, E. 1988. Rayado bacteriano causado por *Xanthomonas translucens* en trigo y triticale. Curso sobre las Enfermedades de Cultivos Básicos. Septiembre, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Edmeades, G.O., J. Bolaños, H.R. Lafitte, S. Rajaram, W.H. Pfeiffer y R.A. Fischer. 1988. Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereals. Symposium on Drought Resistance in Cereals. Theory and Practice. Noviembre, El Cairo, Egipto.
- Edmeades, G.O. y M. Tollenaar. 1988. Genetic and cultural improvements in maize production. International Congress of Plant Physiology. Febrero, New Delhi, India.
- Fischer, R.A. 1988. Cropping systems for greater drought resistance. Symposium on Drought Resistance in Cereals. Theory and Practice. Noviembre, El Cairo, Egipto.
- Fox, P.N. 1988. Aplicación de computarización en fitomejoramiento. Seminario sobre el Uso de la Computación en Mejoramiento Genético IICA/BID/PROCISUR. Junio, La Estanzuela, Uruguay.
- Gebrekidan, B. 1988. National and regional coordination of maize research in eastern Africa. CIMMYT East African Regional Workshop of Research-Extension Administrators. Noviembre, Nairobi, Kenya.
- Gelaw, B. 1988. The role and contributions of CIMMYT to agricultural research in Zimbabwe. VIII Annual General Meeting of the Crop Science Society of Zimbabwe. Julio, Harare, Zimbabwe.
- Haag, W.L. y S. Pandey. 1988. Problemática y perspectivas en semillas básicas. El caso del maíz. Reunión de Trabajo So. Desarrollo de Programas de Producción de Semilla Básica en Latinoamérica. Octubre, Palmira, Colombia.
- Harrington, L.W. 1988. Dynamics in on-farm adaptive research. On-Farm Adaptive Research Workshop, MARIF. Abril, Malang, Indonesia.
- \_\_\_\_\_. 1988. Assessing new technology for sustainability: Opportunities for economic analysis. IV Research Symposium on Sustainable Rural Development. Julio, Khon Kaen, Tailandia.
- James, W.C. 1988. CIMMYT's initiative in biotechnology and the initiation of an international collaborative network on maize biotechnology using molecular markers. Role of the private sector. Strengthening Collaboration in Biotechnology: International Agricultural Research and the Private Sector. Abril, USAID, Washington D.C.
- Kohli, M.M. 1988. Situation of spot blotch in wheat in the Southern Cone region of South America. GTZ/Israel/CIMMYT Helminthosporium Project Meeting. Junio, Goettingen, Rep. Fed. de Alemania.
- Kupang, S., S. Vanichaukul y C.E. Mann. 1988. Results of acid soil tolerance testing of wheat and triticale at Chiang Rai Horticultural Center. 1986/87 Wheat Research and Development Workshop. Agosto, Khon Kaen, Tailandia.
- Low, A. 1988. A collaborative approach to research and extension at the district level. Research Workshop on Setting New Research Priorities. Agosto, Maseru, Lesotho.
- \_\_\_\_\_. 1988. Importance of a district on-farm perspective in the development of agricultural research objectives. Research Workshop on Setting New Research Priorities. Agosto, Maseru, Lesotho.
- McMahon, M., M.A. Bell y D. Davidson. 1988. El cultivo del trigo en el altiplano de México. I Conferencia Nacional sobre la Producción de Trigo en México. Marzo, Ciudad Obregón, México.
- Mezzalama, M. y P.A. Burnett. 1988. Virosis que afectan al trigo y otros cereales de grano pequeño en México; enanismo amarillo de la cebada, mosaico estriado de la cebada; mosaico del trigo (SBWMV). Curso sobre las Enfermedades de Cultivos Básicos. Septiembre, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

- Nachit, M.M. 1988. Association of yield potential, drought tolerance and stability in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*). VII International Wheat Genetics Symposium. Julio, Cambridge, Reino Unido.
- \_\_\_\_\_. 1988. Contribution of drought tolerance to grain yield in durum wheat under low rainfall area conditions. Symposium on Rainfed Field Crops and Farming Systems in Jordan and Neighboring Countries. Septiembre, Amán, Jordania.
- Nachit, M.M. y H. Ketata, 1987. Selection for heat tolerance in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) International Symposium on Improving Winter Cereals under Temperature and Salinity Stress. Octubre, Córdoba, España.
- Nachit, M.M., H. Ketata y S.K. Yau. 1988. Breeding durum wheat for stress environments of the Mediterranean region. III International Symposium on Durum Wheat. Mayo, Foggia, Italia.
- Ortiz Ferrara, G. y M. Deghais. 1988. Modified bulk. A selection method for enhancing disease resistance and adaptation in rainfed wheat. International Wheat Genetics Symposium. Julio, Cambridge, Reino Unido.
- Palmer, A.F.E., P. Anandajayasekeram y J.K. Ransom. 1988. Defining and establishing research priorities. The Tanzanian Maize Workshop. Junio, Arusha, Tanzania.
- Pandey, S. y H.S. Córdoba. 1988. Germplasm development and improvement y sustainability of agricultural production. XXIV Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Marzo, San José, Costa Rica.
- Peña, R.J. y A. Amaya. 1988. Factores que afectan la calidad de panificación de trigo. XV Reunión Nacional de Pesquisa de Trigo. Septiembre, Passo Fundo, Brasil.
- Peña, R.J., A. Amaya, S. Rajaram, R. Asiedu y A. Mujeeb-Kazi. 1988. Variation in quality characters associated with 1B/1R wheats. VIII International Cereal and Bread Congress. Mayo, Lausanne, Suiza.
- Peña, R.J., A. Amaya y E. Toro. 1988. Efecto del almacenamiento y del lavado de grano en las características de calidad de muestra del trigo (var. SERI 82) con niveles de carbón parcial (*Neovossia indica*). I Conferencia Nacional sobre Producción de Trigo en México. Marzo, Ciudad Obregón, México.
- Rajaram, S. 1988. CIMMYT's approach to breeding for disease resistance in bread wheat: a global perspective. Conferencia PROCISUR. Agosto, Passo Fundo, Brasil.
- Rajaram, S., W.H. Pfeiffer, R.P. Singh y G.A. Briceño. 1988. Future efforts in bread wheat breeding at CIMMYT for México's irrigated areas. I Mexican Wheat Improvement and Production and Conference. Marzo, Ciudad Obregón, México.
- Rajaram, S. y E. Villegas. 1988. Breeding wheat (*Triticum aestivum*) for aluminum toxicity tolerance at CIMMYT. III Symposium on Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Junio, Braunschweig, Rep. Fed. de Alemania.
- Ransom, J.K. y F.M. Kihanda. 1988. Effect of soil amendment and genotype on maize growth in an acid andosol in the highlands of central Kenya. I African Soil Science Society Conference. Diciembre, Kampala, Uganda.
- Ransom, J.K., S. Waddington y P. Kunjuku. 1988. Potential technology and research needed for rainfed cereal production in drought prone environments of eastern and southern Africa. Forum on On-farm Research in Arid and Semi-Arid Areas of IGADD (Inter-Governmental Authority on Drought Development) Countries, 189-208. Mayo, IGADD, Djibouti.
- Sirithunya, P. y C.E. Mann. 1987. Stability analysis of wheat yields in Thailand. 1986/87 Wheat Research and Development Workshop. Agosto, Khon Kaen, Tailandia.
- Tang, C.Y., R. Freed y S.A. Ajala. 1988. A modified version of MSTAT for routine data processing in maize research using microcomputers. International Conference of Computational Mathematics III Workshop on Micro-Computers and the Third World. Enero, Benin City, Nigeria.
- Tasistro, A. 1988. Control de malezas en maíz (*Zea mays* L.) y en trigo (*Triticum aestivum* L.) con tiameturon-metilo. IX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Maleza. Julio, Maracaibo, Venezuela.
- Tasistro, A. y C. González. 1988. Algunos aspectos sobre el análisis estadístico de experimentos en control de malezas. Tópicos Especiales de la Maleza y su Control. Octubre, Cd. Juárez, México.
- Uttarapong, W. y D.A. Saunders. 1988. The effect of nitrogen application on the mineral nutrition of wheat. Wheat Research and Planning Workshop. Agosto, Lampang, Tailandia.
- Waddington, S.R. 1988. Crop systems research: Overview of the CIMMYT approach. Technical Networkshop on Crop Livestock Interactions in On-Farm Research. Junio, Harare, Zimbabwe.

## Personal principal en 1988

### Oficina del Director General

Donald L. Winkelmann, EUA, Director General  
 Robert D. Osler, EUA, Subdirector General y Tesorero  
 Paul Roger Rowe, EUA, Subdirector General Administrativo y de Finanzas  
 W. Clive James, Canadá, Subdirector General- Investigación\*\*  
 Gregorio Martínez V., México, Relaciones Institucionales  
 Norman E. Borlaug, EUA, Consultor

### Administración General

Kathleen Hart, EUA, Funcionaria de Finanzas  
 José Ramírez S., México, Gerente Administrativo  
 Alejandro D. Violic, Chile, Coordinador de Capacitación  
 Linda Ainsworth, EUA, Jefa del Servicio de Visitantes  
 Hugo Alvarez V., México, Jefe de Compras  
 Dorsey Burger, EUA, Asistente del Director General\*  
 Alfredo Cedillo S., México, Jefe de Recursos Humanos  
 Javier Eissa O., México, Especialista en Computación Administrativa  
 Susana Eng, México, Supervisora del Depto. de Contabilidad  
 José Luis Fonseca, México, Jefe, Documentos de Gobierno  
 María Garay, México, Jefa, Cafetería y Alojamiento  
 Yolanda Guerrero L., México, Supervisora Asistente, Personal\*\*  
 Armando Kegel S., México, Superintendente de Servicios  
 Roberto Martínez L., México, Jefe de Mantenimiento  
 Barbara Sulanowski, EUA, Redactora/Editora

### Programa de Maíz

Ronald Cantrell, EUA, Director  
 Ripsudan Palwal, India, Director Asociado  
 James Barnett, EUA, Capacitación\*\*  
 David Beck, EUA, Mejorador, Complejos Genéticos para Tierras Altas Tropicales  
 Magni Bjarnason, Islandia, Mejorador, Complejos Genéticos Subtropicales y Calidad Genética del Maíz  
 James Deutsch, EUA, Mejorador, Complejos Genéticos para Tierras Bajas Tropicales  
 Dana Eaton, EUA, Mejorador, Mejoramiento de Poblaciones  
 Gregory Edmeades, Nueva Zelanda, Fisiólogo  
 David Jewell, Australia, Mejorador, Cruzas Amplias  
 Renée Lafitte, EUA, Capacitación  
 James Lothrop, EUA, Mejorador, Maíz para Tierras Altas  
 John Mihm, EUA, Entomólogo Alejandro Ortega C., México, Entomólogo\*\*  
 Bobby Renfro, EUA, Patólogo  
 Suketoshi Taba, Japón, Mejorador, Banco de Germoplasma

Ching-Yan Tang, Hong Kong, Mejorador, Ensayos Internacionales  
 Surinder Vasal, India, Mejorador, Programa de Híbridos  
 Willy Villena O., Bolivia, Capacitación  
 Jonathan Woolley, Reino Unido, Capacitación\*

### Científicos Asociados

Narceo Bajet, Filipinas, Patólogo\*\*  
 Chandra Pasupuleti, EUA, Citóloga\*\*  
 Bernard Triomphe, Francia, Agrónomo

### Pre y Postdoctorados

Héctor Barreto, Colombia, Capacitación  
 Jorge Bolaños, Nicaragua, Fisiólogo  
 Patrick Byrne, EUA, Mejorador  
 Hernán Ceballos, Argentina, Mejorador  
 Wolfgang Drepper, Rep. Fed. de Alemania, Patólogo  
 Elías Elías, EUA, Mejorador  
 Steven Guldan, EUA, Capacitación\*\*  
 Gengchen Han, China, Mejorador  
 Jens Hock, Rep. Fed. de Alemania, Patólogo  
 Karimbhai Meredia, India, Entomólogo  
 Mano Morales, Guatemala, Mejorador\*

### Científicos Visitantes

Howard Eagles, Australia, Mejorador, Departamento de Investigación Científica e Industrial, Nueva Zelanda\*\*

### Región Andina (personal residente en Colombia)

Wayne Haag, EUA, Mejorador  
 Edwin Knapp, EUA, Agrónomo  
 Shivaji Pandey, India, Mejorador

### Asia (personal residente en Tailandia)

Carlos De León G., México, Patólogo  
 Gonzalo Granados R., México, Entomólogo  
 Michael Read, EUA, Agrónomo

### Este de África (personal residente en Kenia)

Brahne Gebrekidan, Etiopía, Mejorador  
 A.F.E. Palmer, Reino Unido, Agrónomo  
 Joel Ransom, EUA, Agrónomo

### América Central y el Caribe (personal residente en Guatemala)

Thomas Barker, EUA, Mejorador\*\*  
 Hugo Córdova, El Salvador, Mejorador  
 William Raun, EUA, Agrónomo

### Norte de África y Oriente Medio (personal residente en Turquía)

Sutat Sriwatanapongse, Tailandia, Mejorador

### Sur de África (personal residente en Zimbabue)

Bantayehu Gelaw, Etiopía, Mejorador  
 Stephen Waddington, Reino Unido, Agrónomo

### Programa CIMMYT/IITA en África occidental

Alpha Diallo, Guinea, Mejorador (ahora en la sede en México)

\* Asignado en 1988

\*\* Renunció en 1988

### **Estación de Maíz para Altitud Media en Zimbabwe**

Hiep Ngoc Pham, EUA, Mejorador  
Kent Short, EUA, Mejorador  
Richard Wedderburn, Barbados, Entomólogo

### **Ghana**

Francisco Arias M., El Salvador, Agrónomo

### **Programa de Trigo**

R.A. Fischer, Australia, Director\*  
George Varughese, India, Director Asociado y Jefe Interno de Recursos Genéticos  
Osman S. Abdalla, Sudán, Jefe, Programa de Triticale  
Maximino Alcalá S., México, Jefe, Ensayos Internacionales  
Arnoldo Amaya C., México, Jefe, Laboratorios de Calidad Industrial de Trigo  
Mark Bell, Australia, Capacitación, Manejo de Cultivos y Fisiología  
Pedro Brajcich, México, Jefe, Programa de Trigo Duro  
Peter A. Burnett, Nueva Zelanda, Patólogo  
Lucy Gilchrist S., Chile, Patóloga-Capacitación  
Paul Fox, Australia, Estadística, Ensayos Internacionales  
A. Mujeeb-Kazi, EUA, Jefe, Cruzas, Anupias  
Matthew A. McMahon, Irlanda, Jefe, Manejo de Cultivos y Fisiología  
Wolfgang H. Pfeiffer, Rep. Fed. de Alemania, Mejorador de Trigo Harinero  
Sanjaya Rajaram, India, Jefe, Mejoramiento de Germoplasma y de Trigo Harinero  
Ricardo Rodríguez R., México, Jefe, Enriquecimiento de Germoplasma  
Kenneth D. Sayre, EUA, Jefe, Manejo de Cultivos  
H. Ayta Sencer, Turquía, Jefe, Banco de Germoplasma\*\*  
Ravi P. Singh, India, Genetista Patólogo  
Bent Skovmand, Dinamarca, Jefe, Banco de Germoplasma  
Enrique Torres, Colombia, Jefe, Protección de Cultivos  
Gregorio Vázquez G., México, Consultor, CIANO, Cd. Obregón\*\*  
Reynaldo L. Villareal, Filipinas, Jefe, Capacitación en Mejoramiento de Germoplasma  
Hugo Vivar, Ecuador, Jefe, Cebada ICARDA/CIMMYT

### **Científicos Asociados**

L. I. van Beuningen, Países Bajos, Patólogo (reside en Asunción)  
Daniel Danial, Países Bajos, Patólogo (reside en Nairobi, región del este de África)\*\*  
Etienne Duvalier, Bélgica, Patólogo  
Antonella Fummi, Italia, Patóloga\*  
Anatole F. Krattiger, Suiza, Biotecnología de Granos Pequeños\*  
Monica Mezzalama, Italia, Patóloga  
Javier Peña B., México, Tecnología de Cereales

### **Pre y Posdoctorados**

Robert Asiedu, Ghana, Mejorador\*\*  
Efrem Bechere, Etiopía, Mejorador\*  
Steven Calhoun, EUA, Mejorador\*  
Daniel Davidson, EUA, Agrónomo\*\*  
Jon Arne Dieseth, Noruega, Mejorador  
Guillermo Fuentes D., México, Patólogo\*  
Dennis Lawn, EUA, Patólogo  
María Teresa Nieto-Taladriz, España, Mejoradora  
Thomas S. Payne, EUA, Mejorador\*  
Robert Raab, EUA, Capacitación  
Nitschka Ter Kuile, EUA, Cultivo de Tejidos  
Richard Trethowan, Australia, Mejorador\*

### **Región Andina (personal residente en Ecuador)**

Santiago Fuentes S., México, Patólogo

### **Este de Africa (personal residente en Etiopía)**

Douglas G. Tanner, Canadá, Agrónomo  
Maarten van Ginkel, Países Bajos, Patólogo/Mejorador

### **Sur de Asia (personal residente en Nepal)**

H. Jesse Dubin, EUA, Patólogo/Mejorador  
Peter R. Hobbs, Reino Unido, Agrónomo

### **Sudeste de Asia (personal residente en Tailandia)**

Christoph E. Mann, Rep. Fed. de Alemania, Mejorador

### **Cono Sur (personal residente en Paraguay)**

Girma Bekele, Etiopía, Patólogo  
Man Mohan Kohli, India, Mejorador  
Patrick C. Wall, Irlanda, Agrónomo

### **Programa de Trigo Harinero y Trigo Duro CIMMYT/ICARDA (personal residente en Siria)**

M. Miloudi Nachit, Rep. Fed. de Alemania, Mejorador  
Guillermo Ortiz E., México, Mejorador

### **Bangladesh**

David A. Saunders, Australia, Agrónomo

### **Programa de Trigo de Invierno CIMMYT/Turquía**

Byrd C. Curtis, EUA, Jefe  
Hans-Joachim Braun, Rep. Fed. de Alemania, Mejorador/Patólogo  
Eugene Saari, EUA, Patólogo

### **Programa de Economía**

Derek Byerlee, Australia, Economista/Director  
Robert Tripp, EUA, Antropólogo/Subdirector  
Paul Heisey, EUA, Economista/Consultor  
Michael Morris, EUA, Economista

**Científicos Asociados**

Beatriz Avalos, México, Economista\*\*  
Judith Carney, EUA, Geógrafa becada por la  
Fundación Rockefeller\*  
Mitchell Renkow, EUA, Economista becado por la  
Fundación Rockefeller\*

**Predocctorados**

Rubén Echeverría, Uruguay, Economista\*\*  
Gregory Traxler, EUA, Economista\*

**Científicos Visitantes**

John Brennan, Australia, Economista\*  
Akmal Siddiq, Pakistán, Economista\*\*  
A.J. Singh, India, Economista\*\*

**América Central y el Caribe (personal residente en Costa Rica)**

Juan Carlos Martínez S., Argentina, Economista  
Gustavo Sain, Argentina, Economista

**Este y sur de Africa**

Ponniiah Anandajayasekeram, Sri Lanka,  
Economista (reside en Kenya)  
Malcolm Blackie, Zimbabwe, Economista (reside  
en Malawi)\*\*  
Wiltred Mwangi, Kenya, Economista (reside en  
Kenya)\*  
Allan Low, Reino Unido, Economista (reside en  
Zimbabwe)

**Sudeste de Asia (personal residente en Tailandia)**

Larry Harrington, EUA, Economista

**Haití**

Ousmane Guindo, Canadá, Economista

**México**

Alberic Hibon, Francia, Economista

**Pakistán**

James Longmire, Australia, Economista

**Unidad de Biometría**

Carlos A. González P., Uruguay, Jefe  
José Crossa, Uruguay, Científico Asociado

**Servicio de Procesamiento de Datos**

Russell Cormier, Canadá, Jefe  
Neal Bredin, Canadá, Científico Asociado  
Marco van den Berg, Países Bajos, Científico  
Asociado  
Jørgen Katborg Andersen, Dinamarca, Científico  
Asociado\*\*  
Miguel Cooper, México, Administrador de Redes y  
Microcomputadoras  
Jesús Vargas G., México, Administración de  
Sistemas

**Estaciones Experimentales**

John A. Stewart, Reino Unido, Jefe de Estaciones  
y Gerente Ejecutivo del CIMMYT  
Hannibal A. Muhtar, Líbano, Capacitación  
Armando S. Tasistro S., Uruguay, Agrónomo  
Roberto Varela S., México, Coordinador  
Abelardo Salazar, Superintendente de Campo,  
Estación Experimental Poza Rica  
Ricardo Marques L., México, Superintendente de  
Campo, Estación Experimental El Batán  
José A. Miranda, México, Superintendente de  
Campo, Estación Experimental Toluca  
Gonzalo Suzuki, México, Superintendente de  
Campo, Estación Experimental Tlaltzapán  
Daniel Villa H., México, Jefe de Taller

**Servicios de Información**

Tiffin D. Harris, EUA, Jefe  
Eugene P. Hettel, EUA, Redactor Científico/Editor  
Nathan C. Russell, EUA, Redactor Científico/Editor  
Kelly A. Cassaday, EUA, Editora  
G. Michael Listman, EUA, Editor\*  
Thomas H. Luba, EUA, Coordinador de  
Audiovisuales y Materiales Didácticos\*  
Alma McNab, Honduras, Editora y Coordinadora  
de Traducciones  
Edith Hesse de Polanco, Austria, Jefa, Unidad de  
Información Científica  
Miguel Mellado E., México, Jefe de Producción  
Rafael Herrera M., México, Supervisor de  
Servicios de Información  
Lourdes Romero A., México, Supervisora  
de la Biblioteca

**Laboratorios**

Evangelina Villegas M., México, Jefa,  
Laboratorios Generales  
Enrique I. Ortega M., México, Científico Asociado  
Reynald Bauer Z., Rep. Fed. de Alemania,  
Supervisor, Laboratorio de Química de Cereales  
Jaime López Cesati, México, Supervisor,  
Laboratorio de Suelos y Nutrición de Plantas

## Direcciones del CIMMYT (mayo de 1989)

### Sede:

CIMMYT  
Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641  
Col. Juárez, Delg. Cuauhtémoc  
06600 México, D.F.

### MEXICO

BITnet: CGI201%NSFMAIL@INTERMAIL.ISI.EDU  
E-mail: (DIALCOM) 157.CGI201  
Telex: 1772023 CIMTME

### Oficinas regionales:

CIMMYT  
c/o Canadian High Commission  
House 16, Road 48  
Gulshan, Dhaka  
**BANGLADESH**  
Telex: 642892 ASTDK BJ

CIMMYT  
c/o CIAT  
Apdo. Aéreo 67-13  
Cali

### COLOMBIA

E-mail: 157 CGI301 (CIAT)  
Telex: 5769 CIATCO

CIMMYT  
Apartado 55  
2200 Coronado

### COSTA RICA

E-mail: 157 CGI304 (IICA)  
Telex: 2144 IICA

CIMMYT  
c/o INIAP  
Apdo. 2600  
Quito

### ECUADOR

Telex: 00308 2532 INIAP ED

CIMMYT  
c/o ILCA  
P.O. Box 5689  
Addis Ababa

### ETHIOPIA

E-mail: 157 CGI070 (ILCA)  
Telex: 21458 ICIPPD ET

CIMMYT  
c/o Canadian High Commission  
Box 1639  
Accra

### GHANA

Telex: DOMCAN 2024 (Canadian High Commission)  
or 3036 BTHIO GH (Kumasi)

CIMMYT  
c/o ICTA  
Apdo. Postal 692-A  
Ave. Reforma 8-60 Zona 9  
Edif. Galerías Reforma, 3er Nivel  
Guatemala City

### GUATEMALA

E-mail: 157 CGI303 (ICTA)  
Telex: 6215 (ANAVI GU)

CIMMYT  
c/o Canadian Embassy  
Delmas 18-Nova Scotia Bank Building  
Port-Au-Prince  
**HAITI**  
Telex: 3490001 PPBOOTH

CIMMYT  
P.O. Box 25171  
Nairobi  
**KENYA**  
E-mail: 10074 LGU017  
Telex: 22040 ILRAD

CIMMYT  
P.O. Box 30727  
Lilongwe 3  
**MALAWI**  
Telex: 4487 CBS MI

CIMMYT  
P.O. Box 1336  
Kathmandu  
**NEPAL**  
E-mail: 157 CGI089  
Telex: 2262 NARANI NP

CIMMYT  
P.O. Box 1237  
Islamabad  
**PAKISTAN**  
E-mail: 157 CGI023  
Telex: 5604 PARC PK

CIMMYT  
C-C 1170  
Asunción  
**PARAGUAY**  
Telex: 602 PY CIMMYT

CIMMYT  
c/o ICARDA  
P.O. Box 5466  
Aleppo  
**SYRIA**  
Telex: 331206 ICARDA SY

CIMMYT  
P.O. Box 9-188  
Bangkok 10900  
**THAILAND**  
E-mail: 157 CGI205  
Telex: 84478 INTERAG TH

CIMMYT  
P.K. 39 Emek  
Ankara  
**TURKEY**  
E-mail: 157 CGI071  
Telex: 42994 CIMY TR

CIMMYT  
P.O. Box MP163 or MP154  
Mount Pleasant  
Harare  
**ZIMBABWE**  
E-mail: 157 CGI237  
Telex: 2462 CIMMYT ZW



**Portada:** El bordado que aparece en la portada es obra de la Sra. Ofelia Gámez de Morales, Tzintzuntzán, Michoacán, México.

**Edición en español:** Alma McNab

**Redacción y edición en inglés:**  
Nathan Russell, Gene Hettel, Kelly Cassaday, Mike Listman y Tiff Harris

**Diseño:** Miguel Mellado E., Rafael de la Colina F., José Manuel Fouilloux B., Bertha Regalado M. y Efrén Díaz Ch.

**Mecanografía y tipografía:** Maricela A. de Ramos, María Teresa Pedroza P. y María Concepción Castro A.