

Informe anual del CIMMYT 1989

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo



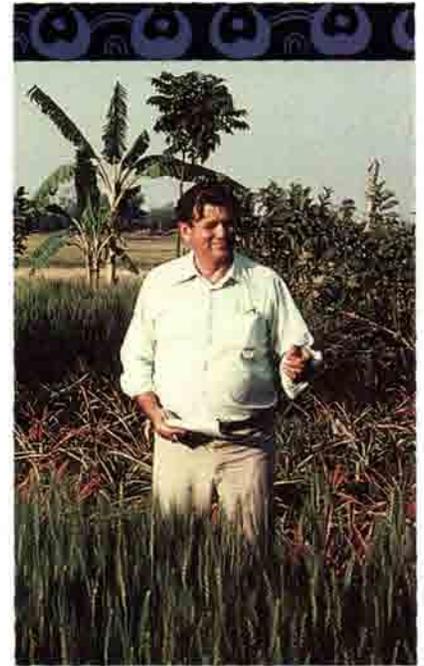
Más allá de la subsistencia: Nuevas opciones para los agricultores de Asia

R. Glenn Anderson

1924-1981

Hace aproximadamente 25 años, Glenn Anderson contribuyó a iniciar el cambio que condujo a la revolución verde de trigo de la India y a la modernización de la agricultura en toda la región asiática. Además de profesor y administrador, Glenn fue un científico dedicado y talentoso, cuyo ejemplo inspiró a colegas y amigos por igual. Se convirtió en su apostolado personal y profesional el aliviar el hambre y la pobreza que existe en el mundo en desarrollo y su legado fue una vida mejor para millones de personas de escasos recursos.

En ese mismo espíritu dedicamos este *Informe anual* a R. Glenn Anderson.



Archivos del CIMMYT

Informe anual del CIMMYT 1989

Más allá de la subsistencia: Nuevas opciones para los agricultores de Asia



La productividad de la agricultura en Asia ha incrementado en forma drástica en los últimos 25 años, lo que ha permitido a muchas personas de escasos recursos en esa región rebasar los niveles de la subsistencia. Para que la región siga avanzando en esa dirección y se conserven sus recursos naturales tan usados, los investigadores tendrán que brindar, en forma constante, opciones nuevas a los agricultores de Asia.

Comentarios de la administración





Kathryn Elsesser

En este *Informe anual* hemos centrado nuestra atención en Asia, la región geográfica densamente poblada y muy diversa que abarca desde Pakistán hasta las Filipinas y de Indonesia a China. Desde hace mucho, el CIMMYT y el Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR) han estado vinculados con el avance agrícola en Asia. El trabajo del CGIAR en Asia y, de hecho, el trabajo de sus antecesores, tuvo mucho que ver con el bien documentado éxito de la “revolución verde”. En parte gracias a ese éxito, la región ofrece hoy nuevos retos y oportunidades.

El continuo interés del Centro en Asia se basa en la importancia del maíz y el trigo en la región y en el número de personas de escasos recursos que pueden beneficiarse con las tecnologías mejoradas. Nuestro interés se intensifica por la necesidad crítica de sostener e incrementar los aumentos de la productividad logrados mediante investigaciones anteriores y, simultáneamente, preservar los recursos naturales de la región. Para solucionar estos problemas se requerirán una planificación cuidadosa a largo plazo, así como una asignación eficaz de los recursos de la investigación.

millones de hectáreas al trigo y otros 37 millones al maíz, cifras que contrastan marcadamente con las de otras regiones donde se siembran superficies mucho más pequeñas. En esas regiones también existen muchas menos personas necesitadas. En Asia vive aproximadamente la mitad de la población mundial (5.2 mil millones de habitantes) y, según estimaciones recientes del Banco Mundial, más de la mitad de los 950 millones de pobres del planeta. Aun cuando las tasas de crecimiento demográfico en Asia son ahora más bajas, se calcula que se duplicará la población para el año 2025.

y experiencia, aunados a las nuevas orientaciones en nuestra propia labor, crean nuevas oportunidades de progreso. Afrontar las presiones que el crecimiento demográfico impone a los recursos naturales ya usados intensamente, pondrá a prueba nuestras diversas capacidades. Sin embargo, estamos convencidos de que pueden idearse tecnologías que aumenten la productividad y también protejan el medio. Esa creencia está expresada en la frase que aparece en la portada de este informe: "Más allá de la subsistencia: nuevas opciones para los agricultores de Asia".

Se seleccionó a Asia como centro de interés para este *Informe anual* por sus enormes demandas de maíz y trigo, incrementadas por el crecimiento de la población y los ingresos, por la urgente necesidad de afrontar los problemas planteados por su agricultura ya intensiva, y por las oportunidades de colaborar con el personal de programas nacionales bien desarrollados.

Algunos de los programas nacionales de Asia se encuentran entre los más fuertes del mundo en desarrollo. Su fuerza y experiencia y las nuevas direcciones que hemos tomado en nuestro trabajo, brindan nuevas oportunidades de progresar.

Aumento de la productividad agrícola

La administración y el personal del CIMMYT evalúan periódicamente la labor del Centro en Asia y en otras regiones del Tercer Mundo, en el contexto del plan estratégico de la institución. El plan en sí fue el tema principal de nuestro *Informe anual 1987*. Una consecuencia de esas evaluaciones ha sido la clarificación de cuestiones claves. Se incluyó una de esas cuestiones en nuestro *Informe anual 1988*, que se concentró en la conservación y utilización de nuestros recursos genéticos. Usamos ese foro para describir las políticas que orientan nuestras actividades para conservar esos recursos y asegurar su distribución.

El tema de 1989

El haber elegido Asia como el tema central de este *Informe* también se origina en problemas abordados en nuestro plan estratégico, en especial los que afectan nuestras prioridades. Es innegable la importancia de Asia para el CIMMYT. En los países asiáticos se dedican unos 60

Muy pocos impugnan el valor de lo que ha progresado la agricultura de la región en los últimos 25 años. Los aumentos de la productividad han promovido el crecimiento económico y de los ingresos. No obstante, para que la agricultura continúe sus aportes, la producción del sector debe seguir elevándose y los recursos usados para producir trigo y maíz deben ser cada vez más productivos. En el CIMMYT estamos preocupados por datos recientes que indican que los incrementos de los rendimientos de trigo están disminuyendo; existen incluso indicios alarmantes de una reducción de la productividad en ciertas zonas. Si bien el potencial productivo del maíz ha crecido continuamente a través de los años, aún no se produce la "revolución" del maíz en Asia (con la excepción de las zonas templadas de China).

Pensamos que la ciencia agrícola puede ofrecer mucho en estas circunstancias. Por fortuna, varios de los programas nacionales de la región son de los más sólidos del mundo en desarrollo. Su vigor

En el artículo de fondo ("Punto de vista", pp. 10-17), escrito por el Dr. Vernon Ruttan, éste se refiere a los principales factores que limitan la productividad agrícola en Asia y en otros lugares del mundo en desarrollo. Observa que, si bien la tecnología convencional seguirá siendo la fuente básica del crecimiento hasta ya avanzado el próximo siglo, a largo plazo debemos encontrar otras fuentes para mejorar la productividad. Se ocupa en especial de los problemas de organización y de la creación de mecanismos institucionales más eficaces para que la ciencia aborde los desafíos afrontados por la agricultura.

El CIMMYT comparte muchas de sus preocupaciones, en particular porque se relacionan con el aumento de la influencia y, por consiguiente, de los efectos de nuestra labor. Por ejemplo, estamos convencidos de que los programas nacionales se beneficiarán más si el Centro dedica recursos adicionales a las investigaciones vinculadas con formas directas de apoyo, y si se reorientan las

investigaciones para incluir actividades más avanzadas. Los mismos programas nacionales piden que llevemos a cabo esos cambios. En consecuencia, nuestros mejoradores dedican ahora mayor atención a, por ejemplo, el desarrollo de materiales con características específicas y materiales de origen. Nuestros patólogos se concentran más en la identificación de mecanismos genéticos para obtener mayor resistencia a las enfermedades y evalúan su heredabilidad. Nuestros agrónomos dedican sus energías a problemas estratégicos del manejo de cultivos, que afectan a sistemas

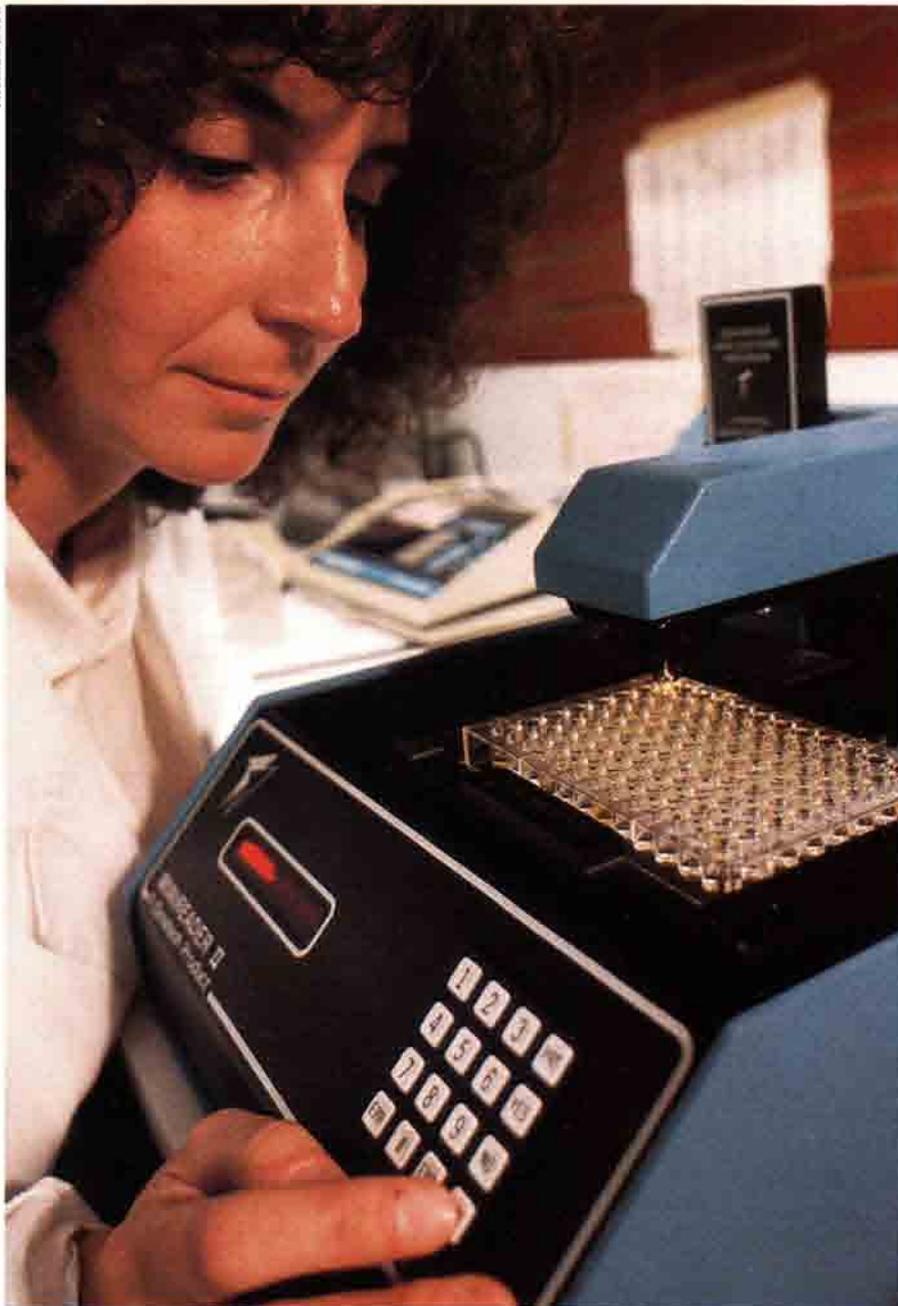
completos de producción (por ejemplo, la rotación arroz/trigo en Asia). Nuestros economistas prestan más atención a problemas en el sector de productos y a la asignación de los recursos de la investigación y los efectos de ésta.

Para facilitar esos cambios y asegurar que les son útiles a nuestros clientes, expandimos nuestras relaciones con centros prestigiosos de países desarrollados mediante diversos tipos de investigación conjunta. También estamos ampliando nuestra labor conjunta con los programas nacionales y, en algunos

casos, formalizamos esas relaciones y modificamos drásticamente las responsabilidades correspondientes. También estamos fortaleciendo algunas actividades de apoyo; por ejemplo, hemos establecido un laboratorio de biotecnología en nuestra sede en México. Su personal realiza actividades destinadas a capitalizar nuevas técnicas desarrolladas en otros lugares, en especial el uso de sondas genéticas para facilitar el mejoramiento de germoplasma con el propósito de obtener características específicas. Se adaptan esas técnicas a las circunstancias del CIMMYT y, cuando es pertinente, para transferirlas a los programas nacionales avanzados. Además, dedicamos más atención a la comunicación con los colegas, por ejemplo mediante revistas científicas, y hemos reorientado parte de nuestra capacitación para responder mejor a las necesidades de científicos con más experiencia.

Entre las razones para efectuar éstas y otras modificaciones, se cuenta la constante preocupación por la utilización eficiente de nuestros recursos. El trabajo conjunto, en el cual cada participante contribuye de acuerdo con su capacidad relativa, aumenta la eficiencia y la eficacia. La descentralización hacia los programas nacionales de los cursos introductorios en el manejo de cultivos es un ejemplo de nuestra búsqueda de eficiencia, pues libera los recursos del CIMMYT para otras aplicaciones más acordes con nuestra ventaja comparativa y las necesidades de nuestros clientes. Las nuevas técnicas de la biotecnología mencionadas antes reducirán considerablemente el costo de nuestra labor

El ensayo de la inmunoadsorción ligada a las enzimas (ELISA) es una técnica eficaz para la identificación de los aislamientos del virus del enanismo amarillo de la cebada, una enfermedad ubicua del trigo. La resistencia al enanismo por lo general es específica al aislamiento, y se requieren encuestas epidemiológicas para determinar la resistencia específica que el germoplasma mejorado debe tener. En una encuesta sobre los aislamientos que predominan en México, Mónica Mezzalama (científica asociada del Programa de Trigo) utiliza un lector del ELISA para identificar aislamientos del virus en savia extraída de hojas de trigo.



Thomas Lubin

fitotécnica y, con el tiempo, la de los programas nacionales avanzados. Así, la eficiencia ayuda a orientar la respuesta del CIMMYT a las cambiantes necesidades de los clientes. En todo esto, lo que más contribuye a nuestra búsqueda de eficiencia es el hecho de que estamos haciendo lo correcto, bien apoyados en nuestro plan estratégico.

Reseña de 1989

Además de las actividades de investigación y apoyo señaladas más adelante en este *Informe* (páginas 34-55), durante el año se produjeron varios otros acontecimientos notables. Completamos la reestructuración administrativa del Centro, aumentando la autoridad del Subdirector General de Investigación y creando cargos de decisión en los

Programas de Maíz, Trigo y Economía. También se modificó la estructura del Consejo Directivo mediante el agregado de un Comité Auditor constituido por tres miembros, todos provenientes del Comité Ejecutivo y de Finanzas.

Publicamos nuestro plan estratégico (*Toward the 21st Century: CIMMYT's Strategy*), que fue aprobado por el CGIAR en mayo, y usamos las directrices estratégicas presentadas allí como base para establecer nuestro presupuesto quinquenal, aprobado por el CGIAR durante la Semana de los Centros Internacionales celebrada en octubre de 1989. Además de contar con la aprobación del TAC y el CGIAR para las actividades y gastos planeados, nuestra metodología para la planificación y la elaboración de presupuestos fue bien acogida.

Mientras ponemos en práctica las ideas contenidas en nuestro plan, queremos asegurar que nuestras actividades se mantengan al día. Para ello, establecimos varias comisiones encargadas de vigilar los principales elementos del ámbito en que se desempeña el CIMMYT. La función de esas comisiones es mantener nuestro plan estratégico siempre actual y permitir al Centro adaptarse con eficiencia a las circunstancias cambiantes.

Durante el año comenzaron dos importantes actividades de investigación conjunta y se completó la planificación de una tercera. Un proyecto, realizado con la Universidad de Cornell (EUA) y subvencionado por el gobierno de los Países Bajos y el Consejo Australiano para Investigaciones Agrícolas Internacionales (ACIAR), implica



Thomas Lubat

Los años 80 se caracterizaron por los mercados mundiales de grano sumamente cambiantes y reformas de políticas muy extensas, tendencias que han intensificado la necesidad de contar con información actual sobre los aspectos económicos de la producción de maíz y de trigo. Este tipo de información es cada vez más necesaria para que la asignación de los recursos de la investigación, tanto en el CIMMYT como en los programas nacionales, sea eficiente. Por esta razón, los economistas del CIMMYT ahora dedican mayor atención a estudiar los sectores de productos a nivel mundial, regional y nacional.

elaborar el mapa del genoma del trigo mediante la técnica de los RFLP. En un segundo proyecto, también subvencionado por el gobierno holandés y en colaboración con la Universidad de Missouri (EUA), se utilizan los RFLP en el maíz para obtener resistencia a múltiples barrenadores (p. 37). A medida que se concluya el laboratorio de biotecnología del CIMMYT, trasladaremos la mayoría de estas investigaciones a México. En el tercer proyecto, en el que colaboramos con el Instituto Internacional del Arroz y varios programas nacionales de Asia, se considerarán los factores que afectan la productividad en la vasta región dedicada a las rotaciones arroz/trigo (p. 26). Actualmente negociamos el apoyo económico para esta actividad.

En respuesta a la demanda de capacitación a un nivel más elevado, iniciamos en 1989 cursos especializados para científicos con experiencia de los programas nacionales de los países en desarrollo. El primer curso duró siete semanas y se centró en el diseño de programas de investigación para agrónomos de maíz. El curso, al que asistieron 20 participantes de 11 países, incluyó el análisis de datos, técnicas de estadística y aplicaciones en la computadora, todo ello en el contexto de la investigación en fincas. También se completaron la planificación y la inscripción para un curso similar sobre el trigo a principios de 1990.

Cambios en el personal administrativo

Se produjeron dos cambios importantes en el personal administrativo. A mediados de año, el Dr. Roger Rowe, quien se unió al CIMMYT a comienzos de 1989 como Subdirector General Administrativo y Tesorero, fue designado como Subdirector General de Investigación. El cambio da al Dr. Rowe la oportunidad de

volver a participar en la investigación y proporciona al CIMMYT el beneficio de su experiencia. Ocupa su cargo anterior el Dr. Claudio Cafati, quien obtuvo su doctorado en fitopatología, mejoramiento y genética en 1979 en la Universidad Estatal de Michigan (EUA). El Dr. Cafati trabajó 17 años en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Chile (como profesor de fitopatología y mejoramiento), seis años como director de una importante estación experimental del Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA) de Chile y, desde 1986 hasta ingresar al CIMMYT a comienzos de 1990, como Director General del mismo INIA. Si bien el Dr. Cafati es muy conocido por su labor como investigador, su trabajo en el CIMMYT se basará más en su considerable experiencia administrativa.

Situación financiera

En 1989, el creciente valor del dólar en relación con otras monedas fue el factor más importante que afectó la situación económica del Centro, pues redujo el valor en dólares del aporte de varios donantes clave. Esta influencia fue complicada por el menor pero todavía considerable efecto de la inflación alta combinada con un tipo de cambio del dólar a pesos relativamente estable, que aumentó nuestros costos en México. Otros factores dignos de mención incluyen los gastos en el laboratorio de biotecnología recién terminado y grandes saldos a recibir de varios donantes. La conjunción de estos factores redujo nuestros saldos de caja a fin de año a niveles mucho más bajos que los del año

anterior. En la sección financiera incluida en este *Informe* (pp. 56-59) se analizan con más detalles éstos y otros puntos.

Conclusiones

Volviendo al tema de Asia, en las actividades del CIMMYT influye nuestra percepción de los complejos problemas afrontados por nosotros y nuestros colegas de los programas nacionales, las oportunidades que se presentan y la disponibilidad de fondos. De hecho, percibimos muchas más oportunidades de investigación que fuentes de financiamiento para concretarlas. Las proyecciones sobre la población y los ingresos en la región indican una creciente demanda de maíz y trigo en los próximos decenios. Si bien una explotación más completa de las tecnologías actuales parece adecuada para satisfacer la demanda prevista hasta fines del siglo, a partir de ese momento los agricultores de la región tendrán que comenzar a aplicar nuevas tecnologías sustentables que intensifiquen la productividad. De otro modo, el crecimiento de la demanda previsto causará desconcertantes aumentos de las importaciones de granos para la alimentación humana y animal. Las opiniones de nuestro ensayista invitado, el Dr. Ruttan, refuerzan la idea de que se requieren nuevas fuentes de productividad agrícola. Las actividades del CIMMYT reflejan nuestra propia convicción de que debemos buscar nuevas maneras de generar tecnología para contribuir a satisfacer las complejas necesidades de Asia.



Donald L. Winkelmann
Director General

El CIMMYT y el CGIAR



El año de 1966 fue propicio para fundar un centro internacional de investigación agrícola. El mundo había fijado su atención en los países más poblados del sur de Asia donde la producción agrícola oscilaba a niveles de subsistencia. La supervivencia de millones de personas dependía de la cosecha anual de cereales. En ese mismo año se creó el CIMMYT.

Reconociendo el peligro inminente para sus ciudadanos, los gobiernos de la India y Pakistán establecieron programas de emergencia para aumentar rápidamente la producción interna de alimentos. Para ello, solicitaron asesoramiento y orientación a las comunidades científicas y de promoción del desarrollo. Algunas de las personas que consultaron trabajaban entonces para el recientemente creado CIMMYT. En gran medida gracias a 20 años de investigación conjunta de la Secretaría de Agricultura de México y el organismo precursor del CIMMYT, la Oficina de Estudios Especiales de la Fundación Rockefeller, México pudo proporcionar ayuda. Las variedades de trigo semienano generadas por esa investigación conjunta habían sido ensayadas en India y Pakistán, pero los agricultores no las habían adoptado ampliamente, en parte porque no se disponía de semilla mejorada en cantidades suficientes. En respuesta a la solicitud de semilla, México envió 18,000 toneladas a la India y 42,000 toneladas a Pakistán. Estas variedades modernas, en combinación con las prácticas de manejo recomendadas por los sistemas nacionales de investigación y extensión, hicieron posible evitar la inminente escasez de alimentos. Además, aumentaron los rendimientos mucho más de lo esperado y originaron las abundantes cosechas de los años posteriores.

Esta primera experiencia estimuló al joven Centro y ayudó a establecer no sólo su cultura institucional, sino también las características y orientación de la investigación agrícola internacional efectuada por otros organismos. El CIMMYT es uno de los 13 centros internacionales autónomos de investigación agrícola y capacitación, sin fines de lucro, auspiciados por el Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (CGIAR o CG). Nuestra misión es ayudar a los pobres de los países en desarrollo aumentando la

productividad de los recursos dedicados al maíz y el trigo, ya sea en la investigación o en las fincas. Logramos esto básicamente mediante programas en todo el mundo para mejorar el germoplasma y distribuirlo a los programas nacionales del Tercer Mundo; éstos, a su vez, incorporan esos materiales en sus propios programas de mejoramiento o los distribuyen directamente entre los agricultores. Sin embargo, nuestro trabajo no se limita al germoplasma, pues también producimos nuevos conocimientos e información, generamos y adaptamos procedimientos de investigación, proporcionamos capacitación en México y otros países y asesoramos a los programas nacionales en su labor.

Todo esto concuerda con los propósitos básicos del CGIAR. Este sistema, formado en 1971, es un consorcio de donadores y organismos de investigación patrocinados conjuntamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo (Banco Mundial) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Los fondos provienen de unos 40 donadores diferentes, que incluyen a instituciones de

ayuda de gobiernos de los países desarrollados y en desarrollo, organismos regionales e internacionales y fundaciones privadas.

El CGIAR se dedica a la investigación agrícola y actividades afines de alcance internacional y permanente importancia, en las cuales sus centros tienen una clara ventaja comparativa. El Comité Asesor Técnico del sistema, constituido por científicos prominentes de todo el mundo, identifica y articula esas actividades. Desde su creación, el sistema se ha centrado en el trabajo orientado al mejoramiento del bienestar de los pobres en los países en desarrollo. Recientemente ha surgido la preocupación por la capacidad de esos países para mantener el desarrollo agrícola y, al mismo tiempo, preservar sus recursos naturales. Los centros buscan innovaciones tecnológicas para mejorar la productividad de los medios marginales y el CG les ha indicado que dediquen mayores esfuerzos a la investigación estratégica, y menos a la labor de adaptación que caracterizó muchas actividades anteriores. El sistema ha dado también especial importancia a la investigación orientada a mejorar la productividad agrícola de África al sur del Sahara.



Localización de los 13 centros internacionales de investigación agrícola patrocinados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR).

Punto de vista





Gene Hettel

Factores que limitan la producción agrícola en Asia ahora y en el siglo XXI

En los últimos años del siglo XX, llega a su culminación una de las transiciones más notables en la historia de la agricultura. Antes de este siglo, casi todos los aumentos de la producción de alimentos fueron el resultado de la expansión de las tierras de cultivo, pero para el primer decenio del próximo siglo, esos incrementos tendrán que provenir de rendimientos mayores. La transición de un sistema agrícola basado en los recursos a uno basado en la ciencia ha sido rápida. La mayoría de los países en desarrollo han participado en este proceso desde mediados del siglo, pero los del este, sudeste y sur de Asia han avanzado más que otros países del Tercer Mundo.



*Vernon W. Ruttan, Cátedra de los Regentes
de la Universidad de Minnesota, EUA*

Para mediados de los años 60, era evidente que la expansión de la superficie cultivada ya no podría constituir la fuente primaria del incremento de la producción de alimentos en Asia, sino que los aumentos tendrían que provenir del mayor uso de nuevos insumos muy productivos: las variedades nuevas, los fertilizantes y el riego.

Se ha logrado mucho desde entonces. El desarrollo agrícola ha sido un éxito en gran parte de Asia; durante los decenios de los 70 y los 80, el crecimiento real del producto interno bruto agrícola en los países en desarrollo de Asia ha sido en promedio más del 3% anual (Vyas y James, 1988). En algunos países se han establecido sólidos programas nacionales de investigación agrícola, reforzados por una red de institutos internacionales. Este sistema ha generado variedades más productivas de trigo, arroz y maíz, así como de sorgo, mijo y otros cultivos secundarios (Ruttan, 1986).

Ha disminuido mucho la diferencia entre los rendimientos en Asia y los obtenidos en los países desarrollados más avanzados. En las zonas más favorecidas, los rendimientos a nivel de fincas se aproximan a los alcanzados en las estaciones experimentales (Byerlee, 1989; Pingali, 1989). Los rendimientos de arroz, trigo y maíz en las zonas más favorecidas, en particular en el este de Asia, son similares o superiores a los rendimientos logrados en algunos países desarrollados. En distritos avanzados del Punjab de la India, por ejemplo, los rendimientos de trigo y arroz obtenidos por los agricultores sobrepasan las 4 t/ha. La rápida adopción de la nueva tecnología de producción refutó los pronósticos pesimistas de quienes consideraban que los agricultores asiáticos estaban demasiado apegados a sus tradiciones. Entre comienzos de los 60 y principios de los 80, el porcentaje de la superficie cultivada con trigo bajo riego se elevó del 50% al 72% en la India y del 66% al 83% en Pakistán. Ese mismo período, el uso de fertilizantes por hectárea de tierra cultivada aumentó en más del 10% anual y llegó a 80 kg/ha (Byerlee, 1989).

La introducción de la nueva tecnología despertó la inquietud de que los aumentos resultantes provocarían desigualdad en la distribución de ingresos y contribuirían a la polarización de las comunidades rurales. Los críticos de la revolución verde argüían que los grandes agricultores y terratenientes monopolizarían la nueva tecnología y, en consecuencia, se reducirían las oportunidades de empleo y los salarios.

La experiencia ha refutado estas predicciones, pues ni el tamaño de las fincas ni el régimen de tenencia de la tierra ha impedido la adopción de variedades modernas y el uso eficiente de insumos. Las variedades de alto rendimiento no estimularon la introducción de maquinaria que desplazara la mano de obra. De hecho, se produjeron aumentos sustanciales de la demanda de mano de obra en las zonas donde se adoptó con rapidez la nueva tecnología (Hayami y Ruttan, 1985).

En general, la disparidad de ingresos ha aumentado en las zonas menos favorecidas a las que no estaba bien adaptada la nueva tecnología, y no en las zonas más favorecidas donde su adopción fue rápida. En los países de Asia, la porción de superficie cultivada dedicada a la agricultura de temporal fluctúa entre menos del 25% en Pakistán y más del 75% en Tailandia y varios países del sudeste asiático. Con pocas excepciones, estas zonas han estado al margen de los avances tecnológicos que aumentaron la productividad en las zonas más favorecidas.

El patrón de adopción en Asia coincide con las tendencias mundiales: las variedades semienanas de trigo y arroz se han adoptado mucho más lentamente en zonas donde la lluvia sigue limitando la respuesta a otros insumos (cuadro 1). De hecho, pienso que no es probable que en los próximos decenios aumente la productividad en las zonas de secano de Asia en forma tal que genere tasas satisfactorias de crecimiento de la producción agrícola o del empleo. Es muy posible que las disparidades en los ingresos entre estas zonas y las más favorecidas sigan aumentando (Byerlee, 1989).

La necesidad de nuevas fuentes de crecimiento

Las tendencias históricas de la producción y el consumo de los principales cereales alimentarios podrían fácilmente tomarse como prueba de que no es necesario preocuparse demasiado por la capacidad del agricultor para satisfacer la demanda futura de alimentos. Por ejemplo, los precios mundiales del trigo, corregidos según la inflación, han descendido desde mediados del siglo pasado (figura 1). También han disminuido los precios del arroz, lo que indica que el aumento de la productividad de los cultivos cerealeros ha compensado con creces el rápido incremento de la demanda, sobre todo desde la Segunda Guerra Mundial.

No obstante, las fuentes de aumento de la productividad en el futuro no son tan evidentes como lo eran hace 25 años. Debido al crecimiento demográfico y el incremento del consumo per cápita ori-

Cuadro 1. Porcentaje de adopción del trigo semienano según el régimen de humedad en los países en desarrollo y desarrollados y en todo el mundo, en el decenio de los 80.

	Zonas irrigadas	>500	300-500	<300	Todas las zonas
Países en desarrollo	91	60	45	21	62
Países desarrollados	96	37	50	na	40
Todo el mundo	92	42	47	21	49

Fuente: Archivos del CIMMYT.
na = no aplicable.

ginado en ingresos mayores, será muy elevada la demanda que las sociedades asiáticas plantearán a los productores. Se espera que las tasas de crecimiento demográfico disminuyan mucho en los primeros 25 años del próximo siglo (cuadro 2). Sin embargo, se piensa que el ingreso per cápita aumentará en más del 3% anual. El efecto del aumento del ingreso per cápita será que la demanda de maíz y otros cereales usados para

alimentar animales crecerá más rápidamente que la demanda de trigo y arroz. En los próximos decenios, el aumento de la demanda de alimentos para el hombre y los animales, causado por el crecimiento de la población y los ingresos, será del 3%-4% anual. En la mayoría de los países asiáticos, se duplicará la demanda de alimentos antes del final del segundo decenio del próximo siglo.

Cuadro 2. Población y tasas de crecimiento demográfico en Asia, 1987-2025.

	Sur de Asia	Sudeste de Asia	Este de Asia	Toda Asia
Población, 1987 (millones)	1,024	412	1,111	2,546
Población, 2000 (millones)	1,328	525	1,317	3,170
Tasa de crecimiento demográfico, 1987-2000 (%/año)	2.0	1.9	1.3	1.7
Población, 2025 (millones)	1,892	707	1,584	4,183
Tasa de crecimiento demográfico, 2000-2025 (%/año)	1.4	1.2	0.7	1.1

Fuente: Archivos del CIMMYT.

1982-84 US\$/t

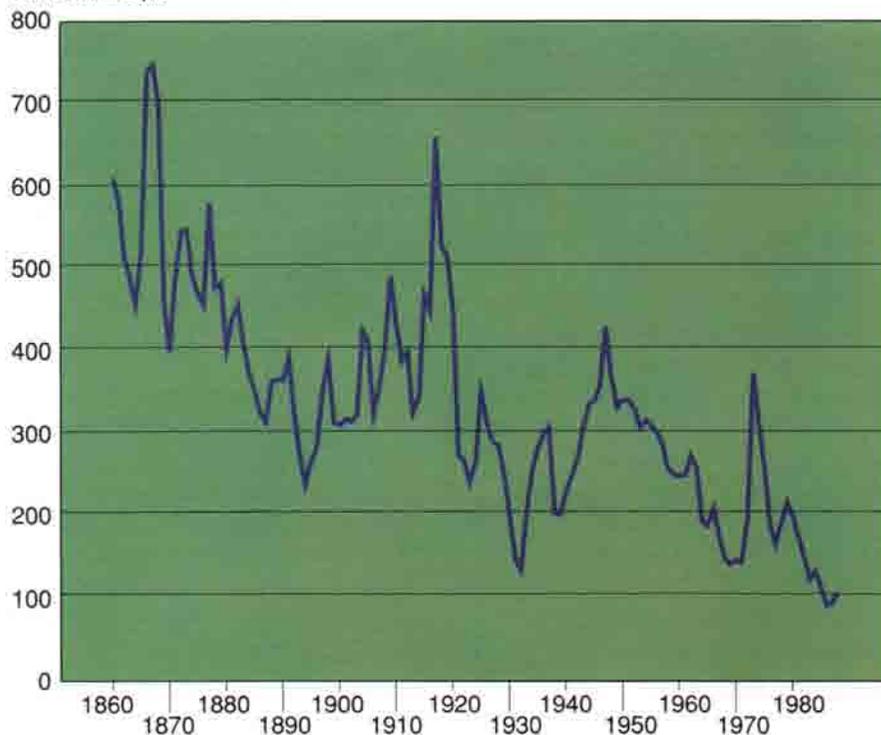


Figura 1. Precios reales del trigo desde mediados del siglo XIX.

Fuente: US Bureau of Census, 1975. *Historical Statistics of the United States: Colonial Times to 1970*. Washington, DC: US Department of Commerce (para los datos de 1860-1960). US Department of Agriculture. n.d. *Agricultural Outlook*. Washington, DC: USDA (para los datos de 1961-88).

Aun las proyecciones más optimistas señalan un balance desfavorable entre la autosuficiencia y los precios a que se venderán a los consumidores y los productores pecuarios los granos para alimentar al hombre y a los animales. Para que los precios se mantengan cerca de los niveles actuales, es probable que tengan que aumentar mucho las importaciones en países importantes de la región. Para conservar los niveles actuales de las importaciones de esos cereales, la mayoría de los países tendrán que aumentar bastante los precios pagados a los productores nacionales y, por tanto, los precios al consumidor (Barker y Herdt, 1985; Byerlee, 1989).

Es evidente que los aumentos de la producción en los próximos 25 años se lograrán con mayor dificultad que antes. Ya resulta difícil incrementar el potencial de rendimiento de cereales cuyo rendimiento aumentó con rapidez en el pasado. Ha disminuido la respuesta adicional a un mayor uso de fertilizantes y se ha vuelto más costoso ampliar la superficie irrigada. La investigación de mantenimiento para impedir que disminuyan los rendimientos, representa una porción cada vez mayor de las actividades de investigación (Plucknett y Smith, 1986). La capacidad institucional de responder a estos problemas es limitada, aun en países con sistemas de investigación muy eficientes. De hecho, en los 80, muchos países en desarrollo han luchado por mantener la capacidad investigadora establecida durante los 60 y los 70.

Es posible que en los próximos 10 años los avances en conocimientos básicos generen nuevas oportunidades de mejorar la tecnología agrícola, que anulen la urgencia de estos problemas. La institucionalización de la capacidad investigadora del sector privado en algunos países de la región, en particular la India, Tailandia y Filipinas, comienza a complementar la capacidad del sector público (Pray, 1983). La biología molecular y la ingeniería genética progresan con rapidez, pero parece lejana la fecha en que esos avances se traduzcan en tecnologías productivas.

A continuación se señalan las conclusiones generales de una reunión consultiva de científicos y economistas agrícolas realizada en junio de 1989,¹ particularmente aplicables al futuro de la agricultura en los países en desarrollo de Asia.

Los avances de la tecnología establecida seguirán siendo la fuente primaria de crecimiento de la producción agropecuaria en los próximos 25 años. Casi todos los aumentos de la productividad agropecuaria en los próximos decenios continuarán originándose en una producción aún más intensiva, en la fitotecnia y zootecnia tradicionales y en el uso más eficiente e intensivo de insumos, incluidos los fertilizantes y plaguicidas químicos.

Es probable que los incrementos logrados con estos medios sean menores que en el pasado. Para obtenerlos, serán necesarios una mayor población de plantas por unidad de superficie, nuevas prácticas de labranza, un mejor control de plagas y enfermedades, una aplicación más precisa de nutrimentos y avances en el manejo del suelo y del agua. También se requerirán nexos más estrechos entre los proveedores y los usuarios de nuevos conocimientos y tecnologías, puesto que exigen una gran cantidad de conocimientos e información. Por tanto, la divulgación de los resultados de la investigación se convertirá en una importante fuente de crecimiento de la productividad agropecuaria.

Los avances de la tecnología tradicional serán inadecuados para satisfacer la demanda que afrontará la agricultura a partir del segundo decenio del próximo siglo. Los aumentos del rendimiento han resultado fundamentalmente del incremento de la relación grano/paja y no de una mayor producción de materia seca total. El mejoramiento de la eficiencia del alimento animal se ha logrado disminuyendo la proporción del alimento consumido que se dedica al manteni-

miento de los animales y aumentando la proporción usada para obtener productos animales utilizables.

Limitan este tipo de mejoramiento graves restricciones fisiológicas que son más graves en zonas que ya han alcanzado los niveles de productividad más altos, como Europa Occidental, América del Norte y partes del este de Asia. Se perciben los efectos de esas restricciones en los menores aumentos adicionales del rendimiento obtenidos con una aplicación mayor de fertilizantes, y de una reducción en los ahorros adicionales de mano de obra logrados con un equipo mecánico más grande y potente. Si también disminuyen las utilidades adicionales generadas por la investigación, adquirirá mayor prioridad la eficiencia en la organización de la investigación y la asignación de los recursos a ella destinados.

Será necesario reorientar la forma en que organizamos la investigación para concretar las oportunidades de cambio abiertas por los avances de la microbiología y la bioquímica. Los avances de las ciencias básicas, en particular la biología molecular y la bioquímica, siguen abriendo nuevas posibilidades de complementar las formas tradicionales de aumentar la productividad agropecuaria, como la transferencia de hormonas de crecimiento a los peces y la conversión de lignocelulosa en productos vegetales y animales comestibles.

Para concretar estas posibilidades se requerirá una reorganización de los sistemas de investigación. Una mayor proporción de los nuevos conocimientos generados por la investigación llegará a los productores en forma de productos patentados o servicios. Esto significa que se deben crear incentivos para atraer a la investigación una cantidad mucho mayor de recursos del sector privado. La investigación del sector público tendrá que cambiar su forma de organización. Si no existen en los sectores público y privado investigaciones básicas mejor orientadas, parece probable que continuarán postergándose los aumentos de la productividad agrícola generados por la biotecnología.

Es preciso intensificar la institucionalización de la capacidad investigadora en los países en desarrollo.

En la mayoría de los países en desarrollo, la productividad agropecuaria sigue estando muy por debajo de los niveles alcanzables. Para tener acceso a las formas tradicionales de aumentar la productividad (los avances fitotécnicos, agronómicos y del manejo de suelos y agua), habrá que instituir una gran capacidad investigadora en relación con cada cultivo o especie animal de importancia económica. En muchos países en desarrollo, apenas se está creando esta capacidad. Además, varios países cuya capacidad investigadora creció mucho en los 60 y los 70 la han visto menguar en los 80. Los países que no desarrollen una adecuada capacidad investigadora no podrán satisfacer las demandas que afrontarán sus agricultores como resultado del crecimiento de la población y los ingresos.

Existen muchas posibilidades de desarrollar sistemas de producción sustentables en varias zonas de recursos naturales frágiles. Las investigaciones que se realizan en los bosques tropicales de América Latina y las zonas tropicales semiáridas de África y Asia revelan la posibilidad de crear sistemas agrícolas sustentables con una mayor productividad, aun en medios desfavorables. No es probable, y tampoco conveniente, que estas zonas se vuelvan importantes en el sistema mundial de producción alimentaria, pero una mayor productividad es importante para sus habitantes actuales y futuros. Por tanto, se debe intensificar la investigación sobre el manejo del agua y el suelo y los sistemas de cultivo en esas zonas.

Es necesario aumentar la capacidad de los países en desarrollo tropicales de realizar investigaciones biológicas básicas y dar adiestramiento. Ciertas áreas de investigación biológica básica importantes para la investigación aplicada y el desarrollo de tecnologías para zonas tropicales ahora reciben, y probablemente sigan recibiendo, poca atención en los países templados desarrollados. También se requieren nexos más estrechos entre la capacitación en tecnologías y ciencias aplicadas y la capacitación en biología

¹ Restricciones Biológicas y Técnicas de la Productividad Agropecuaria, reunión auspiciada por la Fundación Rockefeller y la Universidad de Minnesota (Ruttan, 1989).

básica. Cuando se creen institutos con ese propósito, tendrán que vincularse más con centros académicos existentes de investigación y capacitación que los institutos de investigación establecidos por las Fundaciones Ford y Rockefeller y el CGIAR.

Factores que restringen un crecimiento sustentable

Si nos adentramos aún más en el próximo siglo, crece la inquietud por las repercusiones de una serie de factores ambientales y de los recursos que pueden limitar la capacidad de sustentar el crecimiento de la producción agrícola necesario en los países en desarrollo. A fines de noviembre de 1989, se efectuó otra sesión consultiva donde científicos que estudian los cambios climatológicos se reunieron con investigadores agrícolas y economistas para examinar dichos factores.

Algunos problemas se relacionan con las consecuencias de las prácticas de cultivo en las zonas que más avanzan hacia sistemas de producción muy intensivos. Esas consecuencias incluyen las pérdidas de suelos causadas por erosión, aniego y salinización, la contaminación del agua freática con fertilizantes y plaguicidas, y la creciente resistencia de los insectos, la maleza y los patógenos a los métodos de control. Si la agricultura sigue extendiéndose a medios más frágiles, se producirán erosión del suelo y desertificación. Una mayor deforestación aumentará la pérdida de suelos, degradará más la calidad del agua y contribuirá a los cambios climáticos.

Otros problemas se originan en los efectos de la industrialización sobre los cambios climáticos y ambientales en todo el mundo (Reilly y Bucklin, 1989). Ya no hay duda de que la acumulación de bióxido de carbono (CO_2) y otros gases del efecto de invernadero -principalmente el metano (CH_4), el óxido nítrico (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFC)- ha iniciado un proceso que elevará las temperaturas superficiales medias mundiales en los próximos 30-60 años. No se saben los cambios climáticos que podrían producirse en el futuro, pero es casi seguro que estarán acompañados de una elevación del nivel del mar, la cual

afectará gravemente las islas del sudeste asiático y los deltas de los grandes ríos. Se prevé que el clima se volverá más seco y variable en las regiones interiores del sur de Asia y América del Norte. Algunos analistas han señalado que, como compensación parcial, los niveles más elevados de CO_2 pueden tener un efecto positivo sobre el rendimiento (Rosenberg, 1986).

La mayoría de las emisiones de bióxido de carbono provienen del consumo de combustibles fósiles. El bióxido de carbono causa cerca del 50% del efecto de invernadero. La quema de biomasa, los suelos cultivados, los suelos naturales y los fertilizantes originan casi la mitad de las emisiones de óxido nítrico. La mayoría de las fuentes conocidas de metano son producto de las actividades agrícolas, en particular la fermentación entérica en los rumiantes, la liberación de metano en los arrozales y otros terrenos pantanosos cultivados y la quema de biomasa. Las estimaciones de las fuentes de óxido nítrico y metano tienen una base empírica muy endeble. No obstante, la agricultura y el uso de la tierra con ella vinculado pueden ser la causa de alrededor del 25% del efecto de invernadero (figura 2).

Las alternativas para afrontar la amenaza del calentamiento del globo pueden caracterizarse como *preventivas* o de *adaptación*. Las preventivas podrían incluir: (a) reducción del uso de combustibles fósiles o captura de las emisiones de CO_2 en los puntos de combustión de los mismos; (b) reducción de la intensidad de la producción agrícola; (c) reducción de la quema de biomasa; (d) expansión de la producción de biomasa y (e) conservación de la energía. De estas alternativas, es probable que sólo la eficiencia en el uso y conservación de energía haga una contribución importante en la próxima generación. Aún no existen y no se crearán con suficiente rapidez la infraestructura institucional y los recursos necesarios para que funcionen las otras opciones. No podremos confiar en una solución tecnológica para el problema del calentamiento del globo. Las soluciones, impulsadas ya sea por estrategias preventivas o de adaptación, deben ser tanto tecnológicas como institucionales.

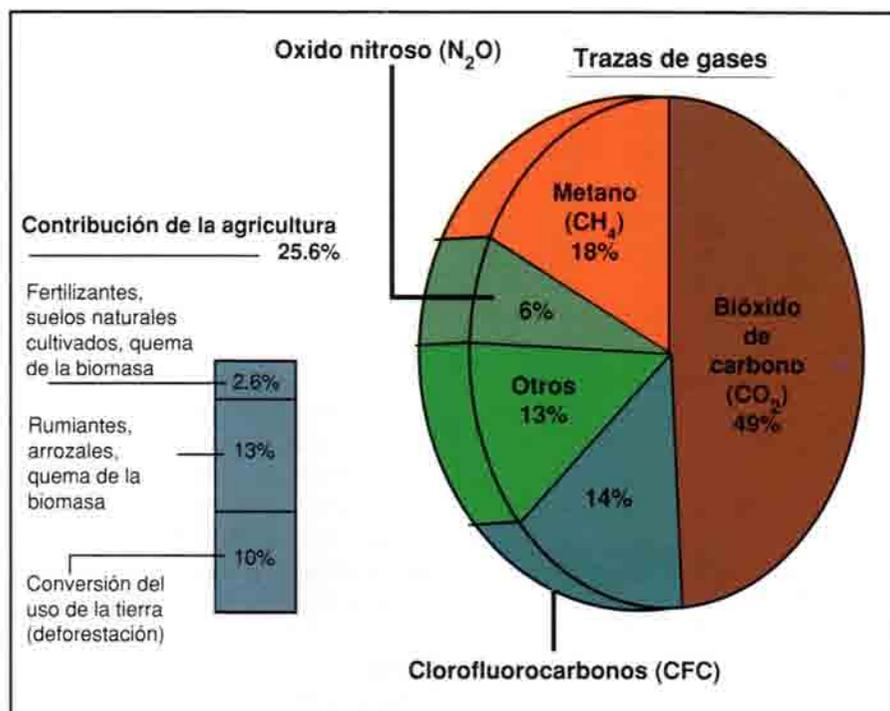


Figura 2. Factores que contribuirán a incrementar el efecto de invernadero en el decenio de los 90.

Fuente: J. Reilly y R. Bucklin, 1989. Climate change and agriculture. *World Agriculture Situation and Outlook Report*. Washington, DC: USDA/ERS, WAS-55.

A pesar de mi renuencia, esto me obliga a recurrir a la alternativa de la adaptación para estimar lo que significarán los cambios climáticos mundiales para los futuros programas de investigación agrícola. En este contexto, una estrategia de adaptación supone la necesidad de diseñar y crear tan rápido como sea posible las instituciones requeridas para eliminar las restricciones que actualmente impone la intensificación de la producción agrícola al aumento sustentable de ésta. Si tenemos éxito, podremos responder mejor a los cambios climáticos mundiales. A continuación se sintetiza lo que significa la alternativa de la adaptación para la investigación.

más claro de las demandas que probablemente afrontará la agricultura en el próximo siglo y de las formas en que los sistemas agrícolas podrían satisfacer esas demandas. La población mundial podría aumentar de 5 mil millones a 10 mil millones o quizá 20. Las proyecciones sobre el incremento de los ingresos son igualmente vagas. Los recursos y la tecnología que usaremos para aumentar la producción dependerán de las probables restricciones a la disponibilidad de recursos y del ritmo con que aumenten los conocimientos. El avance en conocimientos nos permitirá aprovechar mejor los recursos cada vez más escasos y, de ese modo, reduciremos las restricciones de los recursos para la producción.

Mejorar la capacidad de vigilar los recursos agrícolas y los efectos de los cambios ambientales. En la mayoría del mundo en desarrollo, se carece de los datos más rudimentarios sobre la pérdida de suelos. Esta carencia es incluso mayor en el caso de la contaminación de las aguas freáticas, la salinización, la extinción de especies y otros problemas. Por tanto, es hora de diseñar un sistema integral de vigilancia de los recursos agrícolas y de establecer prioridades para su establecimiento. Huelga decir que son aún menos adecuados los datos sobre los efectos de los cambios ambientales sobre la salud de los individuos y las comunidades.

La vigilancia exigirá una colaboración mucho mayor entre los científicos agrícolas orientados hacia la producción, los biólogos especializados en ecología y los físicos que estudian los cambios climáticos.

Diseñar tecnologías e instituciones para lograr un manejo más eficiente de los recursos del agua de la superficie y freática. Los cambios climáticos mundiales tendrán importantes efectos sobre la disponibilidad de agua, la demanda de ésta, la erosión, la salinización y las inundaciones. La creación e introducción de tecnologías y sistemas de manejo que aumenten la eficiencia del uso del agua tienen gran prioridad tanto por las limitaciones a corto plazo del suministro de agua como por la posibilidad más lejana de los efectos de los cambios estacionales y geográficos en la disponibilidad de agua. La identificación, mejoramiento e introducción de cultivos que aprovechen mejor el agua en medios áridos y salinos es importante para lograr un uso más eficiente del agua.

Intensificar las investigaciones sobre sistemas agrícolas compatibles con el medio. En la agricultura, como en el campo de la energía, una serie de innovaciones técnicas e institucionales podrían producir beneficios económicos y ambientales. Entre ellas figura el diseño de tecnologías químicas, "biorracionales" y biológicas de "tercera" o "cuarta" generación para el manejo de plagas. Otra posibilidad es el

El entorno económico más favorable para lograr la adaptación sostenida a los factores limitantes ambientales y de los recursos se caracteriza por el rápido crecimiento de los ingresos y el empleo en el sector no agrícola.

Iniciar un extenso programa de investigación sobre un diseño institucional compatible con los incentivos.

Una causa importante del calentamiento del globo y del problema de la contaminación ambiental es la falta de incentivos para que los individuos y los organismos públicos se comporten en forma compatible con el desarrollo de la sociedad o, más bien, con su supervivencia. En consecuencia, la primera prioridad de la investigación es iniciar un programa de investigaciones en gran escala sobre el diseño de instituciones capaces de poner en práctica programas y políticas de manejo de recursos, compatibles con los incentivos. Al hablar de instituciones compatibles con los incentivos, nos referimos a aquéllas que pueden lograr, en el manejo de recursos, la compatibilidad entre los objetivos individuales, los de las organizaciones y los sociales.

Crear usos alternativos de la tierra y sistemas agrícolas y alimentarios para el siglo XXI. Debemos tener un panorama

Anteriormente, los precios decrecientes de la energía impulsaron la aplicación de los avances en la tecnología química y biológica que sustituyen la tierra por conocimientos, y los avances de la tecnología mecánica que reemplazan la mano de obra por conocimientos. Para los primeros decenios del próximo siglo, existirán fuertes incentivos para mejorar la eficiencia energética en la producción agrícola. Se debe dedicar particular atención a los usos alternativos de la tierra y los que compiten entre sí. La transformación del uso de la tierra de la silvicultura a la agricultura, contribuye al efecto de invernadero al liberar CO₂ y metano en la atmósfera. Se ha propuesto la conversión de sistemas agrícolas poco intensos a bosques como método para absorber CO₂. También aumentará la demanda de tierra para proteger las cuencas hidrológicas y producir energía de la biomasa.

diseño de tecnologías de uso de la tierra y de instituciones que reduzcan la erosión, la salinización y la contaminación de las aguas freáticas.

Reformar las políticas de apoyo a los productos e ingresos agrícolas. Tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, los precios de garantía y los subsidios del gobierno, los programas para fomentar o limitar la producción y los incentivos y sanciones fiscales influyen en las decisiones de los productores sobre el manejo de la tierra, los sistemas de cultivo y el uso de insumos. Por tanto, es cada vez más importante que esas intervenciones prevean las consecuencias ambientales de las decisiones tomadas por los terratenientes y los productores.

Diseñar sistemas alimentarios alternativos. Para el segundo cuarto del próximo siglo, los científicos agrícolas deben estar preparados para contribuir al diseño de sistemas alimentarios alternativos. Muchos de esos sistemas incluirán plantas distintas de los cereales que ahora representan una proporción importante del alimento del hombre y de los animales. Algunos de ellos implicarán cambios radicales en los recursos alimentarios (Rogoff y Rawlins, 1987).

Perspectiva

Mi propia opinión acerca del futuro de la agricultura en Asia es cautelosamente optimista. Los problemas que planteo, como las restricciones a la productividad agropecuaria y los factores ambientales y de recursos que limitan la sustentación de sistemas agroecológicos, no deben interpretarse como una evaluación pesimista. De hecho, las instituciones de investigación agrícola, la industria que suministra tecnologías y los productores de Asia están mucho mejor preparados para afrontar los problemas del futuro que las crisis alimentarias del pasado.

No obstante, es preciso subrayar que los desafíos son tanto técnicos como institucionales. La gran innovación institucional del siglo XIX fue "la invención del método de la invención". El moderno laboratorio de investigación industrial, la estación experimental y la

investigación universitaria fueron productos de esa innovación. Sin embargo, sólo mucho después de mediados del siglo se establecieron instituciones nacionales e internacionales de investigación agrícola en la mayoría de los países asiáticos. En el próximo siglo, el desafío será diseñar instituciones que puedan aminorar los efectos ambientales negativos de la intensificación de las actividades agrícolas e industriales.

La capacidad de lograr un crecimiento sustentable de la producción y los ingresos agrícolas también dependerá de las modificaciones del entorno económico en que se encuentran los agricultores asiáticos. El medio económico más favorable para mejorar la productividad agropecuaria y lograr una adaptación sustentable a las restricciones ambientales y de los recursos se caracteriza por el rápido crecimiento de los ingresos y el empleo en el sector no agrícola. Los incrementos acelerados de la demanda, originados en mayores ingresos más que en la explosión demográfica, pueden generar patrones de la demanda que permitan a los agricultores pasar de la producción continua de cereales básicos a sistemas de producción diversificada que combinen cultivos y productos animales de más valor. Esta opción haría posible dejar de producir cultivos en los medios más frágiles y dedicarlos a usos menos intensivos; también podría generar recursos para la investigación y las tecnologías que son esenciales para un crecimiento agrícola sostenido.

Referencias

- Barker, R. y R. Herdt (con B. Rose). 1985. *The Rice Economy of Asia*. Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Byerlee, D. 1989. Food for thought: Technological challenges in Asian agriculture in the 1990s. Trabajo preparado para la Conferencia de Funcionarios de la Agencia para el Desarrollo Internacional (EUA) y la Oficina de Desarrollo Rural y Agrícola del Cercano Oriente, Rabat, Marruecos, 19-24 de febrero de 1989.
- Hayami, Y. y V.W. Ruttan. 1985. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 41-72, 255-328.
- Jodha, N.S. 1989. Potential strategies for adapting to greenhouse warming: Perspectives from the developing world. In: N.J. Rosenberg, W.E. Easterling III, P.R. Vrosson y J. Darmstadter (eds.), *Greenhouse Warming: Abatement and Adaptation*. Washington, D.C.: Resources for the Future. 147-158.
- Pingali, P. 1989. *Intensification and Diversification of Asian Rice Farming Systems*. International Rice Research Institute Agricultural Economics Paper 88-41. Los Baños, Filipinas: IRRI.
- Plucknett, D.H. y N. J.H. Smith. 1986. Sustaining agricultural yields. *BioScience* 36: 40-45.
- Pray, C.E. 1983. Private agricultural research in Asia. *Food Policy* 8(2): 131-140.
- Reilly, J. y R. Bucklin. 1989. *Climate Change and Agriculture*. World Agriculture Situation and Outlook Report. Washington, D.C.: USDA/ARS, WAS-55. 43-46.
- Rogoff, M.H. y S.L. Rawlins. 1987. Food security: A technological alternative. *BioScience* 37: 800-807.
- Rosenberg, N.J. 1986. Climate, technology, climate change, and policy: The long run. In: C.F. Runge (ed.), *The Future of the North American Grainery: Politics, Economics, and Resource Constraints in North American Agriculture*. Ames: Iowa State University Press.
- Ruttan, V.W. (ed.). 1989. *Biological and Technical Constraints on Crop and Animal Productivity: Report on a Dialogue*. St. Paul: University of Minnesota, Department of Agricultural and Applied Economics.
- Ruttan, V.W. (ed.). 1990. *Resource and Environmental Constraints on Sustainable Growth in Agricultural Production*. St. Paul: University of Minnesota, Department of Agricultural and Applied Economics. (En prensa).
- Ruttan, V.W. 1986. Toward a global agricultural research system: A personal view. *Research Policy* 15: 307-327.
- Seckler, D. y R.K. Sampath. 1985. *Production and Poverty in Indian Agriculture*. International School for Agricultural and Resource Development Working Paper No. 1. Fort Collins, Colorado: ISARD.
- Vyas, V.S. y W.E. James. 1988. Agricultural development in Asia: Performance, issues and policy. In: S. Ichimura (ed.), *Challenge of Asian Developing Countries: Issues and Analysis*. Tokio: Asian Productivity Organization.

Reseña de los programas





Más allá de la subsistencia: Nuevas opciones para los agricultores de Asia

Imaginemos por un momento las condiciones afrontadas por Ram Asere Dube y Gabbu Baniya, agricultores de autoconsumo que viven cerca de la aldea de Semari en el *terai* del sur de Nepal. Juntos cultivan 1.7 hectáreas con cinco cultivos diferentes: trigo, mostaza, linaza y lenteja durante el invierno, y arroz en el verano. Aun así, no producen un excedente comerciable, pues apenas logran satisfacer las necesidades de sus familias. Avancemos ahora 30 años hacia el futuro. Las familias Dube y Baniya han crecido considerablemente, pero no sus tierras. ¿Cómo van a satisfacer sus necesidades?

Este breve perfil ilustra los problemas que afrontarán los agricultores en toda Asia¹ en los próximos decenios. También nos hace ver con claridad que la ciencia debe contribuir a abrir opciones productivas para los agricultores de la región. Muchas personas en Asia y en otros lugares participarán en el complejo proceso del desarrollo agrícola. Millones de agricultores pondrán en práctica soluciones a los problemas de producción, cada vez más difíciles, y miles de especialistas en extensión trabajarán para hacer llegar las nuevas tecnologías a esos agricultores. No obstante, este informe se concentra en la labor del CIMMYT, y muestra, dando ejemplos, cómo nuestro trabajo para Asia aborda los problemas de la región y conduce a nuevas opciones para los agricultores.

tiende a mejorar la alimentación y eso por lo general implica un mayor consumo de productos animales. Esto provoca una mayor demanda de maíz y otros granos para alimentar animales. En Asia, se combinarán en los próximos decenios el crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos para incrementar la demanda de alimentos para el hombre y los animales en un 3-4% cada año. Con esa tasa, la demanda se duplicará para el año 2020 (Punto de vista, p. 13).

Estas proyecciones implican que los investigadores agrícolas y los extensionistas de Asia tendrán que hacer un tremendo esfuerzo en los próximos años para que la agricultura avance a la par de la creciente demanda interna de alimentos. Aun cuando todo resulte bien,

tica en el mejoramiento y la patología del trigo. Para 1963, Pakistán y la India evaluaban el comportamiento de los nuevos trigos semienanos de alto rendimiento provenientes del CIMMYT.

La revolución en el trigo. Los efectos de nuestra labor y de la de nuestros colegas de Asia están tal vez mejor ilustrados en esta remembranza del Dr. Norman Borlaug de la llegada de la revolución verde a la India en marzo de 1968:

A pesar de nuestro entusiasmo, habíamos subestimado mucho la magnitud de la cosecha de trigo en Punjab, Haryana y el oeste de Uttar Pradesh, donde se había concentrado gran parte de la nueva tecnología. En ese entonces había carencia de todo salvo trigo... mano de obra para la cosecha, el procesamiento y el traslado del grano; bolsas de yute; camiones; vagones de ferrocarril y almacenamiento... todo eso escaseaba. Cuando se aclaró el panorama una vez hecho el último recuento de la cosecha, fue evidente que de pronto se habían agregado a la provisión de trigo de la India cinco millones de toneladas no esperadas.

En Asia, la combinación de los cambios en la población y en los ingresos elevará la demanda de alimentos para el hombre y para los animales en 3 o 4% cada año.

A ese ritmo, la demanda se duplicará para el año 2020.

Para comprender mejor la importancia de estas actividades, consideremos los siguientes aspectos: Asia tiene actualmente unos 2.6 mil millones de habitantes y, según el Banco Mundial, alrededor del 20% de ellos viven en una pobreza extrema. A pesar de una alentadora disminución en las tasas de crecimiento demográfico, al llegar el año 2000 habrá más de 500 millones de personas más que alimentar en la región. Para el 2025, la población asiática se elevará a unos 4.2 mil millones (Cuadro 2, p. 13), un nivel equivalente a la cantidad total de habitantes del planeta hace poco más de 10 años. También se prevé que aumentarán en forma espectacular los ingresos per cápita en la región, alrededor del 3% anual. Cuando los ingresos aumentan notablemente,

es probable que se eleven las importaciones de cereales. Ante otras necesidades apremiantes, los gobiernos tendrán que invertir recursos adicionales en sus sistemas agrícolas y poner en práctica una serie de políticas para propiciar el desarrollo agrícola. La tarea es intimidante, pero, si el éxito anterior es un indicador confiable de lo que se puede lograr en el futuro, entonces se puede hacer mucho para aumentar la productividad a largo plazo de la agricultura de Asia.

Efectos de la labor anterior del CIMMYT en Asia

El apoyo del Centro al desarrollo agrícola asiático en realidad antecede a la fundación del CIMMYT en 1966 y se remonta a 1961, cuando los primeros científicos de programas nacionales de la región -todos de Pakistán- vinieron a México para recibir capacitación prác-

Los resultados de las actividades en Asia del Dr. Borlaug y otros investigadores (se destaca entre ellos el Dr. Glenn Anderson, a quién está dedicado este Informe anual) ilustran las importantes contribuciones de la investigación sobre el mejoramiento de germoplasma a los aumentos anteriores en la productividad del cereal y en el desarrollo agrícola (véase Punto de vista, p. 12, y el recuadro La revolución verde en el trigo: 25 años después, p. 22). Más del 70% de la superficie cultivada con trigo en Asia está ahora sembrada con variedades semienanas (Cuadro 3). Casi todos los medios irrigados de producción de trigo de la región se cultivan con variedades semienanas y, en los 80, éstas se difundieron en todas las zonas de secano excepto las más marginales; aun en esas zonas, se cultivaron extensamente variedades mejoradas altas. El uso extenso de variedades mejoradas, los considerables aumentos en el empleo de fertilizantes y, donde fue posible, el riego, originaron más del 75% del incremento total del rendimiento de trigo en Asia en los últimos 20 años.

¹ A menos que se indique otra cosa, "Asia" se refiere a los países del sur, el sudeste y el este de Asia y excluye a los situados al oeste de Pakistán.

La promesa del maíz. El nuevo germoplasma de maíz se ha aceptado en Asia mucho menos que el trigo mejorado (Cuadro 3), si bien hay algunas excepciones. Varios países, como Vietnam y Tailandia (véase el recuadro Los sectores público y privado en el desarrollo de germoplasma de maíz, p. 24), han logrado promover las variedades mejoradas, y los híbridos de alto rendimiento han sido adoptados en toda China. Cuando esos materiales se cultivan en medios favorables (por ejemplo, con riego en invierno en la India), tienen un

efecto considerable en la producción. Sin embargo, el maíz a menudo se cultiva en condiciones menos favorables, aun en los lugares donde es el cultivo básico, y, por tanto, no se concreta gran parte del potencial de rendimiento de las variedades mejoradas. Una segunda circunstancia que complica el mejoramiento del maíz es la gran diversidad de los medios en que se cultiva el cereal. Los científicos de la India, por ejemplo, deben servir a cinco zonas diferentes donde se cultiva el maíz, que varían desde la región templada

del Himalaya hasta las tierras bajas tropicales de Uttar Pradesh y Bihar, propensas a inundarse.

A pesar de estos obstáculos, la producción de maíz ha crecido vigorosamente en los últimos 20 años (Cuadro 3). Gran parte de la producción de algunos países, como Nepal y las Filipinas, se ha destinado al abastecimiento de alimentos y, en cierta medida, el cereal ha proporcionado materiales para diversos usos industriales, incluida la producción de almidón y de alimentos de fácil preparación. Una fuente mucho más importante de demanda del grano ha sido la continua expansión de la ganadería, una tendencia que crea muchas oportunidades para que el maíz contribuya al bienestar de las familias campesinas y los consumidores urbanos.

Cuadro 3. Estadísticas sobre el maíz y el trigo en los países en desarrollo de Asia.

	Sur de Asia	Sudeste de Asia y el Pacífico	Este de Asia	Toda Asia
Maíz				
Superficie, 1986-88 (miles de ha)	7,553	8,917	20,233	36,702
Yield, 1986-88 (t/ha)	1.3	1.7	3.9	2.8
Producción, 1986-88 (miles de t)	9,524	15,054	78,009	102,785
Aumento de la superficie, 1961-65 a 1986-88 (%)	1.2	1.9	1.2	1.4
Aumento del rendimiento, 1961-65 a 1986-88 (%)	0.7	2.4	4.2	3.4
Aumento de la producción, 1961-65 a 1986-88 (%)	1.9	4.3	5.5	4.8
Superficie sembrada con híbridos, 1988 (%)	11	6	74	44
Superficie sembrada con VPL* mejoradas, 1988 (%)	42	32	0	17
Total sembrado con materiales mejorados, 1988 (%)	53	38	74	61
Trigo				
Superficie, 1986-88 (miles de ha)	31,623	0	29,827	61,450
Rendimiento, 1986-88 (t/ha)	1.9	0	3.0	2.4
Producción, 1986-88 (miles de t)	60,134	0	89,894	150,029
Aumento de la superficie, 1965-67 a 1986-88 (%)	2.2	0	0.7	1.4
Aumento del rendimiento, 1965-67 a 1986-88 (%)	3.5	0	5.8	4.7
Aumento de la producción, 1965-67 a 1986-88 (%)	5.8	0	6.5	6.2
Superficie sembrada con trigos semienanos a mediados de los 80 (%)	85	na	60	73

* Variedades de polinización libre.

Fuente: Los datos sobre el maíz provienen de *Hechos y tendencias mundiales relacionados con el maíz*, CIMMYT, en producción; los datos sobre el trigo se calcularon a partir de datos de la FAO; el porcentaje de la superficie sembrada con trigos semienanos procede de *Hechos y tendencias mundiales relacionados con el trigo*, CIMMYT, 1989; na: no aplicable.

La importancia de las personas. A veces se analiza el desarrollo agrícola como si fuera un proceso mecánico, desprovisto de influencias humanas. Por el contrario, nosotros consideramos que la agricultura es, después de todo, una invención del hombre. No hay duda de que el germoplasma mejorado hizo una contribución vital a la transformación de la agricultura en Asia, pero el progreso agrícola en la región es en gran parte consecuencia de unos 30 años de generosa labor creativa y práctica de miles de científicos y extensionistas de los programas nacionales, así como de millones de agricultores. El CIMMYT ha proporcionado diversos tipos de capacitación a casi 2,000 científicos de Asia y cientos más han pasado un tiempo en México efectuando investigaciones de interés para ellos y para el Centro. La experiencia adquirida mediante esas asociaciones ha ayudado a crear dedicados científicos de trigo y de maíz en la región, que conocen la necesidad de lograr efectos a nivel de fincas y la importancia del libre intercambio de germoplasma experimental.

El progreso agrícola de Asia ha sido impresionante, pero falta mucho para completar la tarea y por tanto continúa el trabajo de los programas nacionales y del CIMMYT. Hemos pasado de la introducción de cambios tecnológicos a la intensificación de su impulso, y del desarrollo de los recursos agrícolas de la región a la

La revolución verde en el trigo: 25 años después

El Dr. Norman Borlaug viajó recientemente a India y Pakistán para examinar los avances y el potencial de la investigación y desarrollo del trigo. Allí se reunió en varias ocasiones con muchos científicos, administradores, educadores y encargados de formular las políticas agrarias -en total unas 50 personas- que iniciaron y mantuvieron la revolución verde en la producción de trigo de Asia en los últimos 25 años. Estos



Chris Dowsell

colegas y antiguos amigos no se limitaron a recordar el pasado, sino que analizaron los acontecimientos que finalmente transformaron el panorama agrícola de Asia, evaluaron la situación actual de la investigación y el desarrollo de trigo y estimaron las perspectivas de progreso en los próximos 20 años. En sus deliberaciones abordaron los siguientes aspectos:

- Las variedades mexicanas de trigo semienano y las tecnologías que producen rendimientos más elevados, introducidas y vigorosamente promovidas a mediados de los años 60, hicieron mucho más que evitar la hambruna en la India y Pakistán, pues transformaron la agricultura tradicional del sur de Asia en un sistema moderno de producción de alimentos, basado en la ciencia.
- La revolución verde en el trigo demuestra que se pueden obtener enormes beneficios económicos y sociales cuando las políticas gubernamentales apropiadas son respaldadas por una investigación bien orientada. Dio credibilidad a la investigación agrícola y estimuló inversiones nuevas en el desarrollo de sistemas nacionales e internacionales de investigación agrícola.
- Borlaug y sus colegas del CIMMYT (R. Glenn Anderson en la India, Ignacio Narváez en Pakistán) llevaron más que germoplasma mejorado de trigo y prácticas de cultivo al sur de Asia. Su concepto del trabajo en equipos interdisciplinarios, su orientación hacia programas dinámicos de investigación en el campo y su énfasis en las necesidades prácticas de los pequeños agricultores se convirtieron en modelos para los organismos nacionales de investigación de toda la región.
- Para mantener los niveles actuales de autosuficiencia en trigo, los agricultores del sur de Asia deben aumentar la producción a 95 millones de toneladas (MT) para el año 2000 y a 130 MT para el 2010. Como es poco probable que se disponga de tierras adicionales para el cultivo del trigo, casi todo ese incremento debe provenir de mayores rendimientos.
- Las necesidades de producción en el 2000 pueden satisfacerse usando la tecnología existente. Será mucho más difícil alcanzar la meta de producción para el año 2010, lo que acentúa la urgente necesidad de reducir el crecimiento demográfico y mejorar la eficacia de los sistemas de difusión de tecnología.
- Los sistemas nacionales de investigación de trigo afrontan crecientes dificultades institucionales. Los presupuestos se reducen en términos reales, la conveniencia política trastoca las decisiones racionales y la grave carencia de inversiones en la educación rural disminuye la capacidad de los agricultores para adoptar sistemas de producción más complejos pero con rendimientos elevados sostenidos. Es preciso revertir estas tendencias y hacer más dinámico y eficaz todo el sistema de generación y transferencia de tecnología si se desea mantener el impulso de los últimos 25 años.

conservación de su productividad. En el contexto de estas perspectivas cambiantes, algunos han comenzado a cuestionar la medida en que la investigación debe concentrarse en el fitomejoramiento o en otras áreas (Punto de vista, p. 14). Aunque estamos conscientes de esos problemas, nuestra estrategia hace hincapié en nuevos enfoques de la investigación que complementen y extiendan los efectos de nuestra labor fitotécnica.

Nuevos enfoques de la investigación

La actividad básica del CIMMYT es, sin lugar a dudas, el fitomejoramiento, y nuestro principal producto es el germoplasma mejorado de maíz y de trigo. Nuestro continuo énfasis en esta investigación y este producto refleja la creencia permanente de que mejores variedades constituyen un medio eficaz para elevar la productividad de los recursos agrícolas en los países en desarrollo. El acento en la productividad influye en las decisiones sobre las prioridades y sobre cómo nosotros y nuestros colegas de los programas nacionales podemos asignar con más eficacia los recursos de la investigación. En términos generales, el CIMMYT ahora hace más hincapié en formas básicas y estratégicas de investigación, apartándose de la participación directa en las investigaciones aplicadas y de adaptación necesarias para promover la adopción de nuevas tecnologías a nivel de fincas (véase el Informe de la administración, p. 5). Este cambio fundamental obedece a varias razones, por ejemplo, nuestro objetivo de ser cada vez más eficientes y, como observa el Dr. Vernon Ruttan (Punto de vista, p. 12), el hecho de que deben crearse nuevas fuentes de crecimiento de la productividad.

Los programas regionales del CIMMYT, en Asia y en otras partes, son centrales en nuestro esfuerzo de ser más eficientes y buscar nuevas fuentes de crecimiento. Cuando por primera vez pusimos en práctica la idea de los programas regionales a comienzos de los 70, nuestras metas básicas eran contribuir a fortalecer los programas nacionales, intensificar la comunicación entre éstos y la sede del Centro en México y evaluar

mejor el germoplasma desarrollado en México. Desde entonces, han cambiado los medios para lograr esos fines y, en ciertos casos, los fines en sí. Por ejemplo, hemos trasladado algunas de nuestras investigaciones desde la sede a sitios donde puede realizarse con más eficiencia el mejoramiento para obtener resistencia a factores bióticos y abióticos desfavorables específicos, que no existen en México. Nuestra investigación sobre la resistencia al mildiú veloso en el maíz, efectuada por el personal regional del CIMMYT en Tailandia en forma conjunta con el programa nacional de ese país, ilustra esa estrategia.

Nuestro creciente énfasis en la investigación estratégica ofrece numerosas oportunidades de fortalecer más los programas nacionales mediante la investigación conjunta y, al mismo tiempo, multiplicar los efectos de la labor del CIMMYT en Asia, por ejemplo, los estudios epidemiológicos de nuestro patólogo regional de trigo sobre las royas que atacan al cereal en Asia y la investigación sobre manejo de cultivos que planean efectuar el CIMMYT, el IRRI y los programas nacionales, en relación con factores que afectan la productividad de la rotación arroz/trigo muy difundida en la región. Esos enfoques no sólo aumentan la eficiencia de la investigación, son vitales para el desarrollo de nuevas fuentes de crecimiento y nos permiten identificar y resolver mejor las principales restricciones a una mayor productividad.

Dada la importancia de los programas regionales para alcanzar los objetivos del Centro en Asia, el CIMMYT mantiene cuatro oficinas allí, donde trabajan nueve científicos: cuatro fitomejoradores, tres agrónomos y dos economistas. El apoyo económico para gran parte de su labor proviene de donaciones para proyectos especiales, si bien se invierte también una parte considerable de los fondos de presupuesto básico del Centro (véase la

Constituye un buen ejemplo de la descentralización de la investigación fitotécnica el trabajo que realiza el personal regional de maíz del CIMMYT en colaboración con el programa nacional tailandés. En la actualidad se generan cuatro poblaciones de maíz adaptadas, todas con resistencia al mildiú veloso, para brindar nuevas fuentes de resistencia a los programas nacionales de la región.

Reseña financiera, p. 59). Hay oficinas para proyectos bilaterales en Dacca, Bangladesh (con fondos aportados por la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional, CIDA), y en Islamabad, Pakistán (financiada por la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional, USAID). El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) subvenciona la labor de un mejorador de trigo para los medios cálidos marginales del sudeste de Asia y nuestro personal regional de presupuesto básico trabaja desde oficinas en Nepal (Katmandú) y Tailandia (Bangkok).

Dificultades de la agricultura en Asia

La agricultura en Asia afronta varios problemas acuciantes. Uno es encontrar formas de sostener los aumentos de la productividad y concretar mejor el potencial que ofrecen las tecnologías actuales. Otro es diseñar tecnologías que permitan un uso aún más intensivo de la tierra y mantengan la productividad. El tercero consiste en alcanzar las dos metas ya señaladas manteniendo, y mejorando si es posible, la productividad a largo plazo de los recursos naturales.



Nathan Russell

Los sectores público y privado en el mejoramiento de germoplasma de maíz

Aunque aún son problemáticas en muchos países en desarrollo, las relaciones entre los sectores público y privado en el mejoramiento de germoplasma de maíz pueden ser cooperativas y productivas, como en el caso de Tailandia, donde ambos han llegado a una comprensión mutua de sus funciones, distintas pero traslapadas, y de las ventajas que aporta la colaboración.

Los beneficios que obtiene el sector privado de las investigaciones de maíz realizadas por el sector público en Tailandia son considerables. Al generar y lanzar variedades mejoradas, como Suwan-1 y Nakhon Sawan-1, los científicos de maíz del sector público han proporcionado productos muy comerciables a las agroindustrias locales, cuyas ventas complementan la distribución de semilla de las instituciones públicas. Además, la adopción por los agricultores de esas variedades mejoradas ha contribuido a crear un medio favorable para las empresas multinacionales productoras de semilla y la superficie sembrada con maíz híbrido se expande gradualmente. Buscando generar productos mejor adaptados y más competitivos, algunas empresas recurren a las reservas de germoplasma mejorado del CIMMYT y el programa nacional. Varias emplean también la metodología usada por los científicos tailandeses y del CIMMYT para mejorar la resistencia de sus materiales al mildiú vellosa.

Algunos arguyen que los programas nacionales deben recibir remuneraciones por sus servicios al sector privado. Sujin Jinahyon, vicerrector de la Universidad Kasetsart de Tailandia, señala que, como el sector privado en 10 años capturará el 25% o más del mercado de semilla, sería lógico que la universidad encauzara algunas de sus investigaciones de maíz al desarrollo de complejos genéticos y líneas endogámicas para venderlos a las empresas privadas. Las instituciones públicas también podrían producir híbridos terminados para las empresas productoras de semilla más pequeñas que no pueden invertir mucho en la investigación y el desarrollo. El sector público, dice Taweesak Pulam, gerente en Tailandia de Pioneer Overseas Corporation, podría así contribuir a brindar otras opciones al agricultor y mantener los precios a un nivel justo.

El ejemplo tailandés demuestra que la cooperación entre las instituciones públicas y privadas debe basarse en la eficacia y el respeto mutuo. En general, los programas nacionales deben tener un plan independiente determinado por, entre otras cosas, las necesidades de los agricultores pobres. Si esos programas son suficientemente fuertes, pueden colaborar con el sector privado y, además, constituir una fuente objetiva de información sobre los productos de éste. En Tailandia, se efectúan cada año ensayos conjuntos del rendimiento de maíz para determinar el desempeño relativo del germoplasma proveniente de los sectores público y privado; el personal del Departamento de Agricultura vigila los campos de producción de semilla para asegurar que se cumplan las normas de calidad. Estos y otros servicios establecen la credibilidad de los investigadores gubernamentales de maíz como servidores públicos. También demuestran cómo esas relaciones complementarias benefician a todos los participantes.

Complica esa tarea el problema de cómo se deben asignar los limitados recursos de la investigación. Por ejemplo, ¿en qué medida debe el CIMMYT concentrarse en mejorar más la productividad de zonas favorecidas y no la de los medios marginales? Existen opiniones diferentes. Muchos piensan que se deben hacer inversiones considerables en la investigación para medios marginales, ya sea porque la creciente demanda de cereales obligará a una mayor producción en esas zonas o porque se considera que en ellas vive una cantidad relativamente mayor de gente pobre. Otros opinan que se debe dar más importancia a la investigación para medios favorables, y por supuesto, hay quienes piensan que debemos realizar más investigaciones de ambos tipos.

En los próximos 10 a 15 años, los medios favorecidos recibirán mucha atención por parte del CIMMYT, básicamente porque la mayor parte de la producción adicional de Asia, en particular la de los granos para alimentación humana y animal, debe provenir de esas zonas. Consideramos que los problemas de productividad en los medios marginales son muy difíciles y por tanto hay poca probabilidad de éxito a corto plazo en las investigaciones. También creemos que el progreso tecnológico en las zonas favorecidas beneficia a quienes viven en otros lugares, mediante precios más bajos de los alimentos para los consumidores y productores pobres, repercusiones tecnológicas y la migración de la mano de obra. Es preciso conocer mejor estas complejas relaciones y los efectos del cambio en los grupos necesitados antes de trasladar recursos de la investigación a actividades más arriesgadas y en potencia menos compensadoras.

Impulsar los aumentos de la productividad

La importancia de las dificultades de la agricultura en Asia varía según el cultivo. En el caso del trigo, por ejemplo, el problema más inmediato parece ser la reducción del crecimiento de la productividad en los países que fueron los primeros beneficiarios de las variedades modernas. Por su parte, los investigadores de maíz saben que para acrecentar los recientes aumentos de la productividad

deben superar las restricciones claves a la adopción de las variedades mejoradas.

Reducción de los aumentos del rendimiento de trigo. En la India y Pakistán, la tasa de aumento del rendimiento de trigo se ha reducido considerablemente en el último decenio (Cuadro 4), al parecer debido a por lo menos dos elementos fundamentales. En primer término, los agricultores de las principales zonas de trigo ya han adoptado la mayoría de las tecnologías nuevas y sus habilidades en cuando al manejo les permiten aprovechar gran parte del potencial que ofrecen esas tecnologías; de hecho, mucho de lo que resta tal vez no sea económicamente recuperable. Hay, por supuesto, excepciones notables a estas circunstancias. En algunas zonas favorecidas, como la zona irrigada del Punjab en Pakistán y el este de la India, los rendimientos de trigo siguen siendo bajos (unas 2 t/ha) en comparación con el potencial, a pesar de que los agricultores emplean variedades mejoradas y cantidades entre modestas y altas de fertilizante. Es posible obtener rendimientos más elevados con las variedades existentes mediante un mejor manejo de cultivos y de recursos. En segundo lugar, factores tales como la salinidad del suelo, problemas de micronutrientes, la estructura y condición del suelo, el establecimiento deficiente de las plantas y problemas de maleza cada vez peores al parecer afectan negativamente la productividad en algunos sistemas importantes de producción.

Como las variedades mejoradas de trigo están muy difundidas en Asia, algunas personas tienen la impresión errónea de que, en esencia, los fitomejoradores han terminado su labor. Por fortuna, los

mejoradores del CIMMYT y de los programas nacionales no están de acuerdo con esto. Desde la aparición de los trigos semienanos y los consiguientes grandes aumentos de la productividad, los mejoradores han seguido agregando alrededor del 1% anual al potencial de rendimiento en medios favorecidos (en medios menos favorables los aumentos son aproximadamente la mitad de ese porcentaje). También han mejorado la estabilidad del rendimiento incrementando la resistencia a enfermedades y

de que se cultivan extensamente. Por tanto, el Programa de Trigo del CIMMYT invierte recursos considerables en investigaciones fitotécnicas con el propósito de aventajar a estos patógenos mutantes, y además busca con ahínco la resistencia durable a ellos.

En el caso de la roya del tallo (*Puccinia graminis*), la búsqueda ya ha dado resultados. La resistencia durable, conferida en gran parte por el gen *Sr2*, durante unos 20 años ha protegido de las

La resistencia mejorada a las enfermedades del germoplasma de trigo del CIMMYT da estabilidad a la producción y reduce tanto el riesgo de que se pierdan los cultivos como la necesidad de usar productos agroquímicos que pueden ser peligrosos.

agregando tolerancia a ciertos factores abióticos desfavorables, como la sequía (véase Investigación de trigo, p. 43).

Si bien su alto potencial de rendimiento impulsó la adopción de trigos semienanos en toda Asia, su mayor resistencia a las enfermedades es aún más importante, pues da estabilidad a la producción y reduce tanto el riesgo de pérdidas como la necesidad de usar productos químicos costosos y quizá peligrosos. Sin disminuir la importancia de otras enfermedades, sin duda las más amenazantes para la producción de trigo en Asia son las tres royas. Sus agentes patógenos, parásitos obligados, son en extremo mutables y las variedades resistentes en general se vuelven sensibles al ataque poco después

epifitias de roya del tallo a los trigos harineros derivados de materiales del CIMMYT. Ahora hay indicios alentadores (véase Investigación de trigo, p. 41) de que puede obtenerse una resistencia durable similar contra la roya de la hoja (*P. recondita*). En cuanto a la roya amarilla (*P. striiformis*), datos recientes indican que existen fuentes de resistencia parcial durable. La búsqueda continuará, en particular la de la resistencia durable a la roya de la hoja. En toda Asia se siembran grandes extensiones con variedades susceptibles y, si se dieran las condiciones propicias en el momento adecuado, podrían producirse graves epifitias de esta roya. Los agricultores necesitan nuevas opciones para protegerse de esa posibilidad.

Cuadro 4. Cambios en la tasa de crecimiento de los rendimientos en los principales países productores de trigo en Asia.

País	Tasa de crecimiento anual de los rendimientos de trigo (%)		
	1951-66	1967-77	1978-88
India	2.09	4.42	2.84
Pakistán	0.85	4.95	1.39
China	1.37	5.94	5.87

Fuente: Las tasas fueron calculadas a partir de datos de la FAO.

El personal regional de trigo realiza varias actividades vinculadas con la vulnerabilidad en Asia no sólo a las royas del trigo sino también a otras causas de inestabilidad del rendimiento. Instan a los funcionarios que toman las decisiones a asignar mayor prioridad tanto a la multiplicación y distribución de variedades nuevas resistentes a la roya como a las estrategias de extensión orientadas a prevenir las epifitias. El personal regional trabaja con patólogos de trigo de la India con el fin de

aumentar la capacidad del programa nacional para analizar las razas de roya. Esa labor exige habilidades e instalaciones especiales, así como una red de personas capacitadas para recolectar muestras. En una actividad afín, los patólogos regionales de trigo contribuyen a ampliar el conjunto de germoplasma que se selecciona mediante el apoyo a un vivero trampa regional para la identificación de enfermedades. Este vivero, reunido en la India, se envía ahora anualmente a todos los países productores de trigo de la región con el propósito de identificar la aparición de nuevas razas de roya.

Otra investigación para aumentar la estabilidad de los rendimientos indica que el uso de mezclas de variedades es una buena opción para los agricultores. En 1989, se concluyó un estudio de tres años

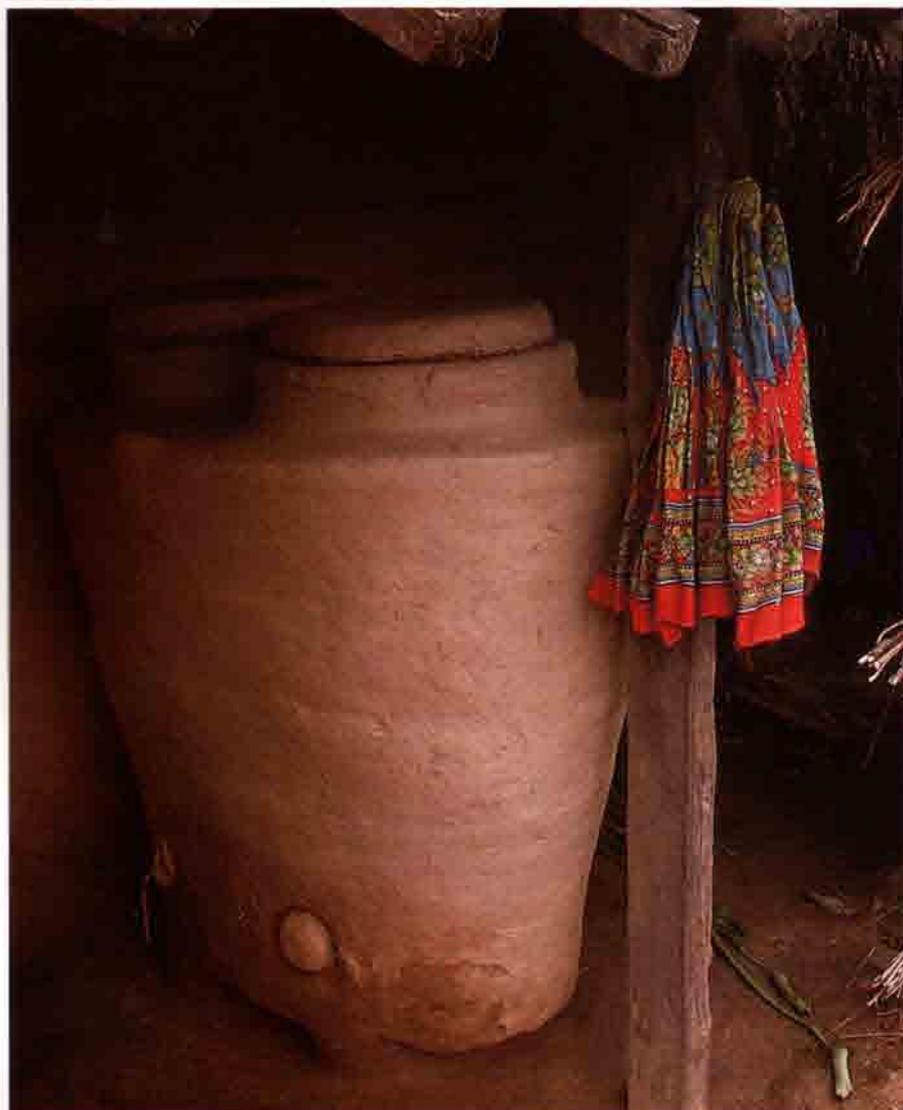
de las mezclas de variedades, auspiciado en forma conjunta por la Administración para el Desarrollo en el Exterior del Reino Unido y por el CIMMYT. Las evaluaciones preliminares de los resultados indican que ésta puede ser una estrategia eficaz en cuanto al costo para aumentar la estabilidad en todos los medios y en el transcurso del tiempo. Se sembraron ensayos en varios sitios de la India, Pakistán y Nepal. En todos los medios, el rendimiento medio de la mezcla de tres variedades (de cultivo comercial muy difundido) fue más o menos el mismo que el rendimiento medio de cada una de las variedades cultivada por separado, lo que significa que no parece haber una pérdida de rendimiento al cultivar la mezcla. Además, la mezcla parece proporcionar una mayor estabilidad del rendimiento en

todos los medios. En ensayos futuros, además de comprobar la eficacia de la estrategia de las mezclas, se examinarán las mezclas alternativas de variedades.

Otra forma de reducir los riesgos en la producción del trigo es asegurar que haya variedades nuevas para reemplazar las que ya se han vuelto susceptibles a los patógenos mutantes. En Pakistán, recientes encuestas de diagnóstico efectuadas por economistas y biólogos se concentraron, por primera vez, en identificar dónde obtienen la semilla de trigo los agricultores y cómo la manejan una vez que la tienen. En encuestas posteriores, se identificaron las variedades que realmente se siembran y se investigaron los motivos de los agricultores para cambiar las variedades. Los investigadores detectaron que se necesitan políticas que permitan a los sistemas de investigación y de producción de semilla de Pakistán mejorar el acceso de los agricultores a las nuevas variedades, e hicieron recomendaciones específicas con ese fin. Este es un ejemplo de cómo las ciencias sociales pueden contribuir a identificar problemas importantes y subraya la necesidad de políticas eficaces que incrementen la adopción de las tecnologías nuevas a nivel de fincas.

Productividad de la rotación arroz/trigo. Alrededor del 30% de los 32 millones de ha sembradas con trigo en Asia se cultivan en rotación con el arroz. Desde hace mucho se piensa que esta rotación se podría hacer más productiva y recientemente ha surgido la preocupación acerca de la productividad decreciente en algunas zonas. En el decenio pasado se realizaron encuestas de diagnóstico y las tres más recientes, sobre el arroz y el trigo en los *terai* (tierras bajas) de Nepal y en el trigo en los *terai* de Uttar Pradesh, India, fueron efectuadas por el CIMMYT, el IRRI y los programas nacionales. Como otras anteriores, estas encuestas tenían el propósito de identificar las restricciones al aumento de la produc-

Encuestas recientes han permitido conocer las fuentes de semilla de trigo que utilizan los agricultores y la forma en que éstos manejan la semilla entre los ciclos de cultivo. En toda la región es común almacenar grano en urnas de barro como ésta, usada en una parcela de los *terai* de Nepal.



Thomas Lubu

tividad; sin embargo, difieren de las realizadas antes en que fueron llevadas a cabo por especialistas en trigo y arroz de diversas disciplinas (agronomía, antropología, economía, entomología, extensión, patología y fitotecnia). Los resultados iniciales indican que la productividad del sistema arroz/trigo puede estar disminuyendo, al menos en ciertas zonas. Algunos agricultores dicen que los rendimientos de uno o ambos cultivos están decreciendo, y los ensayos a largo plazo con fertilizantes en las estaciones experimentales parecen corroborar esta creencia.

El CIMMYT y el IIRRI han propuesto un proyecto de investigación conjunta durante cinco años -en el que participarán varios investigadores de los programas nacionales además del personal del CIMMYT y el IIRRI- para estudiar las restricciones a la productividad a corto plazo y problemas de la sustentación a largo plazo de la rotación. Según el plan formulado a fines de 1989, en los tres años siguientes al inicio del proyecto (programado para septiembre de 1990) se identificarán las principales restricciones a la productividad a nivel de fincas y se diseñarán investigaciones para superarlas. La investigación será interdisciplinaria y, aunque el germoplasma sin duda contribuirá a aumentar la productividad, las investigaciones estratégicas y aplicadas sobre el manejo de cultivos constituirán la clave para ofrecer opciones a los agricultores (véase Investigación sobre el manejo de cultivos en Asia, p. 28).

Los ensayos y la evaluación en fincas de las nuevas tecnologías serán parte integral del proyecto y el análisis de los costos y los beneficios será indispensable para estimar las probabilidades de que los agricultores las adopten. Las ciencias sociales desempeñarán una función

importante en la evaluación de tecnologías alternativas, ya sea para el proyecto sobre la rotación arroz/trigo o actividades similares (véase Investigación de economía, p. 47). Como se requerirán estudios a largo plazo para generar esas tecnologías, los administradores de la investigación necesitarán información fidedigna para poder justificar la continuación del apoyo económico. Por último, las tecnologías que conservan los recursos a menudo serán más complejas que los modos existentes de producción, lo cual significa que los agricultores tienen mucho que aprender. Las ciencias sociales pueden ayudar incluyendo en las estrategias de investigación y extensión los mecanismos necesarios para reducir los "costos de aprendizaje" de los agricultores.

Aumentar el cultivo del maíz. Se prevé que, en los próximos 10 años, la demanda de maíz en Asia aumentará en un 3.8% anual, en gran medida a causa de la creciente demanda de alimentos para animales. Para satisfacerla, los programas nacionales están tratando de desarrollar una nueva generación de materiales mejorados. El personal regional de maíz del CIMMYT y los investigadores en la sede apoyan este trabajo en diversas formas, en particular creando una serie muy variada de germoplasma para las principales condiciones de Asia. Una de nuestras contribuciones más importantes

ha sido participar en investigaciones conjuntas para obtener variedades resistentes al mildiú veloso, que han sido entregadas a los agricultores en algunos países asiáticos y usadas como fuente de resistencia en otros. Para prevenir el deterioro de la resistencia en materiales anteriores y dar al germoplasma características agronómicas aún mejores, el personal regional desarrolla cuatro poblaciones nuevas con resistencia estable al mildiú veloso.

También ha comenzado a concentrarse en factores abióticos desfavorables comunes en los medios menos favorecidos donde se cultiva gran parte del maíz. Por ejemplo, en colaboración con investigadores de Indonesia, el personal del Centro selecciona germoplasma para obtener tolerancia a altas concentraciones de aluminio en el suelo; en China y Tailandia, se han establecido asociaciones para la investigación con el fin de desarrollar germoplasma tolerante a la sequía. El personal regional explora también las oportunidades de efectuar investigaciones conjuntas sobre la pudrición del tallo, el tizón foliar por *Turcicum* y los barrenadores del tallo. Además de sus propios proyectos, el personal contribuirá a adaptar el germoplasma generado en la sede, incluidos los materiales nuevos para tierras altas y zonas subtropicales (véase Investigación de maíz, p. 35).

Thomas Lubu



El CIMMYT, el Instituto Internacional de Investigación de Arroz y los programas nacionales realizan conjuntamente encuestas de diagnóstico para identificar los factores que limitan la productividad de la rotación arroz/trigo en el sudeste de Asia. Jesse Dubin (izquierda), patólogo de trigo del CIMMYT en la región, y H.P. Bimb (al centro), patólogo de trigo del Programa Nacional de Desarrollo de Trigo de Nepal, examinan una muestra tomada de un campo de arroz de un agricultor.

Investigación sobre el manejo de los cultivos en Asia

Los diversos sistemas de cultivo usados en Asia presentan numerosas oportunidades para una utilización más productiva del suelo, el agua y otros recursos naturales. La investigación sobre el manejo de los cultivos (IMC) constituye un medio eficaz para identificar y abordar los problemas de producción de los agricultores y, de ese modo, aumentar la productividad agrícola. Para ser más eficiente, la IMC necesita hacerse usando el método de los sistemas de cultivo y un enfoque multidisciplinario integrado, orientado a la solución de los problemas. Es preciso que participen biólogos, economistas, especialistas en extensión y agricultores.

La IMC normalmente es específica para cada sitio y, en consecuencia, atañe a los programas nacionales. No obstante, los agrónomos y economistas del CIMMYT a menudo han ayudado a los programas nacionales en la obtención de soluciones prácticas para problemas específicos de la producción de trigo y maíz. Al mismo tiempo, el personal del Centro ha proporcionado capacitación en metodologías eficaces de investigación, como la investigación en fincas, y ha estimulado la adopción de un enfoque multidisciplinario en esta labor. A medida que las actividades de los programas nacionales se han vuelto más eficaces en esta área, la labor del CIMMYT ha adquirido un carácter más amplio y estratégico y ha abordado problemas de importancia regional. Sin embargo, esta investigación estratégica exige un profundo conocimiento de lo que sucede en los campos de los agricultores; por tanto, la investigación en fincas sigue siendo indispensable.

Los esfuerzos del CIMMYT y otras instituciones por fortalecer la capacidad de los programas nacionales en cuanto a la IMC y, específicamente, la investigación en fincas, están dando buenos resultados. Los investigadores de maíz de la Universidad del Sur de Mindanao en las Filipinas, por ejemplo, han realizado investigaciones en fincas en colaboración con el CIMMYT sobre el manejo del "aguingay" (*Rotboellia cochichinensis*), mala hierba que puede causar grandes pérdidas. En la India, el Programa Nacional Coordinado de Maíz pronto comenzará a capacitar a agrónomos de maíz en la investigación en fincas e incluirá esos procedimientos como parte integral de la estrategia general de IMC. En Tailandia y Pakistán, ese tipo de investigación en relación con la siembra del trigo después del arroz con labranza cero, ha dado resultados que pueden ser útiles para otras zonas de Asia.

Si bien los programas nacionales de Asia en general reconocen la importancia de la IMC, a veces es difícil mantener en la labor una perspectiva de los sistemas de cultivo. Para proporcionar un marco más eficaz para esa investigación, el agrónomo de maíz y el economista del CIMMYT, con sede en Bangkok, elaboraron un modelo que esboza las etapas funcionales de un programa integrado de investigación. Se establece una cuidadosa distinción entre la investigación necesaria para definir un problema y la que se requiere para resolverlo. Si bien se pueden usar las mismas o similares fuentes de información, como las encuestas entre los agricultores y los ensayos en fincas, los objetivos y las técnicas

analíticas son diferentes en los dos tipos de investigación. Para demostrar cómo se puede aplicar este esquema, nuestro agrónomo regional de maíz colabora con el Departamento de Agricultura y el Departamento de Extensión Agrícola de Tailandia en la investigación de las carencias de zinc en series de suelos Ta Kli en las provincias de Nakhon Sawan y Petchabun.

La investigación en fincas es una de las muchas formas de aumentar la eficiencia y la eficacia de la IMC. Otra forma, más fundamental, es mejorar la asignación de prioridades para asegurar que se realizan las investigaciones adecuadas. Para orientar esta toma de decisiones, el CIMMYT y los programas nacionales necesitan información más apropiada. Con ese propósito, se realizan actualmente dos actividades importantes. El agrónomo regional de maíz del CIMMYT inició recientemente un proyecto a largo plazo de investigación estratégica en colaboración con algunos programas de Asia, con el fin de reunir estadísticas confiables sobre la producción, información detallada que caracterice los medios de producción y perfiles de las tecnologías actuales. La segunda actividad, descrita en las páginas 26-27, abarca las encuestas multidisciplinarias de diagnóstico relacionadas con la rotación arroz/trigo, efectuadas hace poco en Pakistán, Nepal y la India. El propósito de esas encuestas es determinar en qué medida puede estar disminuyendo la productividad de este sistema, y proporcionar información básica para el propuesto proyecto de investigación sobre el sistema de cultivo de arroz/trigo en el sur de Asia, en el que participan el CIMMYT, el IRRI y los programas nacionales. Estas actividades estratégicas, respaldadas por sólidas investigaciones agronómicas específicas para cada sitio efectuadas por los programas nacionales, ilustran el tipo de IMC que consideramos necesaria para lograr una producción agrícola sostenida y más intensiva en Asia.



Gene Hentel

Se ha establecido que la carencia de boro en suelos intensamente cultivados está relacionada con la esterilidad de las florecillas de trigo. El agrónomo de trigo del CIMMYT en la región, Peter Hobbs (izquierda), a veces consulta con los investigadores tailandeses que tratan de descubrir mejores métodos para identificar la carencia de dicho elemento.

El germoplasma mejorado es esencial para mantener el aumento del cultivo del maíz, pero también es preciso superar otras restricciones. En Pakistán, por ejemplo, el maíz es un alimento básico en el norte y tiene importancia como grano y como forraje en la zona central de Punjab, pero los rendimientos medios en el país siguen siendo bajos, de 1.2 t/ha. Desde hace mucho los científicos pakistaníes han pensado que varios factores, además de la falta de variedades adaptadas a medios más fríos, retrasan la adopción de variedades y prácticas de manejo mejoradas. Los problemas de la producción de semilla, la doble utilización del maíz como grano y como forraje y el limitado acceso de los agricultores a los mercados e insumos, son importantes también. Una detallada encuesta oficial del maíz en los principales medios de cultivo del país, iniciada en 1989 por investigadores de maíz del Centro Nacional de Investigación Agrícola (NARC) y personal de economía del CIMMYT en la región, parece confirmar la opinión de los programas nacionales. Cuando se sinteticen los resultados finales, los investigadores y quienes formulan las políticas tendrán un panorama completo del maíz en Pakistán: zonas y sistemas de producción, rendimientos, información detallada sobre los precios y la comercialización, prácticas de los agricultores, incluidas las cantidades de insumos que usan, cómo y cuándo obtienen semilla nueva, qué variedades prefieren y por qué, y cómo se utilizan el grano y los derivados del maíz.

La investigación en Pakistán es un buen ejemplo de la labor efectuada en toda Asia. En el transcurso de los años, hemos colaborado con los programas de investigación sobre sistemas de cultivo de varios países, en especial Tailandia, Indonesia y las Filipinas. Este trabajo, que incorpora la experiencia de especialistas en distintos cultivos y disciplinas, ha incluido actividades para comprender la renuencia de los agricultores a usar fertilizantes en el maíz en Tailandia, las

dificultades del control de maleza en las Filipinas y las complejas interacciones entre el ataque de insectos a comienzos del ciclo de cultivo, el manejo del establecimiento del cultivo y el acame en Indonesia. Al realizar estas actividades, el personal del CIMMYT llega a conocer los factores que limitan la productividad, y sus colegas de los programas nacionales adquieren experiencia y destreza en la aplicación de una serie de metodologías de la investigación.

Esa investigación multidisciplinaria ha generado información que puede ser usada por los funcionarios gubernamentales que toman las decisiones, investigadores y extensionistas para formular políticas, tecnologías nuevas y estrategias de distribución acordes con las realidades afrontadas por los agricultores. La utilidad de esa información se reconoce cada vez más en los sistemas nacionales de investigación (véase Entrevista con Amir Muhammed, p. 33).

Con el fin de satisfacer la creciente demanda de maíz, los programas nacionales tratan de establecer una nueva generación de materiales mejorados. El personal del CIMMYT respalda esta labor conformando una gran colección de germoplasma para los medios más importantes de Asia.

Thomas Luba



En Pakistán y otros países asiáticos, los agricultores cultivan el maíz para producir forraje y grano, hecho que puede estar retrasando la adopción de variedades que han sido seleccionadas más por su alto potencial de rendimiento que por su producción total de biomasa.

Intensificar la producción en Asia

Es evidente que muchas de las actividades del CIMMYT se centran en mantener los aumentos de la productividad ya alcanzados y realizar gran parte del potencial de las variedades y los métodos de cultivo modernos. Sin embargo, también se dedican recursos a la difícil tarea de intensificar la producción donde sea posible, básicamente en dos formas: desarrollando genotipos nuevos para que los programas nacionales creen variedades que se ajusten a los requerimientos exactos de los complejos sistemas de cultivo, y complementando esa actividad con investigación estratégica sobre el manejo de cultivos con el propósito de conocer las variables existentes en esos sistemas.

Germoplasma apto para sistemas complejos. Algunos programas nacionales de maíz están mostrando un extraordinario ingenio en encontrar formas de intensificar la producción de sistemas complejos de cultivo usando el germoplasma mejorado actualmente disponible. En Vietnam, por ejemplo, los científicos han fomentado con éxito el trasplante de plántulas de maíz en el ciclo de invierno, después de la cosecha del arroz, en campos que antes quedaban en barbecho hasta la próxima siembra de arroz. En 1988, se sembró maíz de invierno en unas 140,000 ha en la zona de Hanoi, con un rendimiento medio de 3.2 t/ha. El trasplante del maíz es una operación que requiere mucha mano de obra, pero los agricultores hacen de buen grado esta inversión si la ganancia neta es atractiva; si no lo es, es natural que no estén dispuestos a hacerla. Los investigadores esperan brindar una nueva opción, que hará más flexible el sistema, introduciendo maíz mejorado de madurez temprana. Los agricultores tendrán entonces la opción de cultivar variedades de alto rendimiento que pueden sembrarse directamente y que maduran antes de la próxima siembra de arroz, o pueden trasplantar una variedad mejorada de madurez más tardía, que en general producirá más que la de madurez temprana.

El caso del maíz de invierno en Vietnam prueba fehacientemente que es preciso satisfacer la necesidad de un germoplasma, evidente en toda la región. El maíz de alto rendimiento y madurez temprana ofrecería ventajas en muchos de los complejos sistemas de cultivo de Asia. Además de intensificar la producción, puede contribuir a la estabilidad del rendimiento porque escapa a las sequías. Para ayudar a los programas nacionales a convertir en realidad estas posibilidades, el personal regional desarrolla dos nuevas poblaciones de madurez temprana (dos de los cuatro materiales resistentes al mildiú vellosos mencionados antes) y se hace más hincapié en esta clase de germoplasma en la labor de mejoramiento en la sede.

Expansión hacia nuevas zonas. Al igual que el maíz, el trigo también se está introduciendo en zonas donde antes no se cultivaba. La diversidad genética del maíz, aunada al ingenio de los agricultores, facilita ese movimiento. No obstante, a pesar del evidente talento de los productores de trigo en la región, resulta más difícil introducir este cereal en zonas nuevas. Aun así, ahora se cultiva en algunos lugares desusados, al menos experimentalmente.

El sudeste de Asia, por ejemplo, es una región nueva y algo controvertida para la investigación y la producción de trigo. Nuestro trabajo allí, subvencionado por el

PNUD, se concentra en trigo para las zonas cálidas marginales. El personal regional del CIMMYT y sus colegas de los programas nacionales piensan que hay buenas posibilidades de desarrollar genotipos y prácticas de manejo apropiados.

Con la excepción de Myanmar (Birmania), es muy poca la superficie de la región dedicada a la producción comercial de trigo, pero podría extenderse, en particular en las tierras altas de secano. A pesar de que no cultivan mucho trigo en la actualidad, Tailandia y las Filipinas efectúan investigaciones con entusiasmo, en parte sobre problemas tales como la carencia de boro y el tizón foliar (*Helminthosporium sativum*), una enfermedad que puede devastar los cultivos de trigo en los climas cálidos y húmedos. Las soluciones a estos problemas también podrían ser aplicables en zonas tradicionalmente dedicadas al trigo. Otros posibles beneficios incluyen la resistencia a la marchitez de los cereales (*Sclerotium rolfsii*) y la tolerancia al calor.

Si bien parece técnicamente factible cultivar trigo en partes del sudeste de Asia, tal vez no sea rentable hacerlo, al menos no ahora. Con los altos costos del riego, los bajos rendimientos y los usos alternativos de la tierra, en la actualidad es difícil arguir en favor de la producción interna de trigo. Sin embargo, el fitomejoramiento y la investigación sobre el manejo de cultivos podrían hacer que el trigo fuera rentable en esos medios. Los economistas tailandeses analizan los aspectos económicos de la producción local de trigo ahora y en el futuro con el fin de dar a los investigadores y a quienes formulan las políticas información para establecer las prioridades de la investigación y el desarrollo.



Gene Hettel

Bangladesh ha aumentado sustancialmente su sistema de riego en los últimos años, pues ha llevado agua a 300,000 ha que antes no se irrigaban. Si bien este incremento es esencial para la producción de alimentos de ese país, existe una gran preocupación acerca de los efectos que pueda tener en el medioambiente.

Sostenimiento a largo plazo de la productividad

Impulsar los aumentos de la productividad, aprovechar más las tecnologías existentes e intensificar los patrones de cultivo son elementos fundamentales para satisfacer la demanda agrícola en Asia prevista para el año 2020 (Punto de vista, p. 14). No obstante, después de esa fecha la satisfacción de la necesidad de alimentos para el hombre y los animales en la región dependerá del mantenimiento de la productividad a largo plazo de los

recursos naturales ya muy explotados, en particular el suelo y el agua. Los cultivos múltiples, la erosión y el riego ya están deteriorando el suelo y el agua de la región.

El Comité Asesor Técnico (TAC) del CGIAR observa que "la agricultura sostenible debe incluir el manejo adecuado de los recursos para así satisfacer las cambiantes necesidades humanas y, al mismo tiempo, mantener o mejorar la calidad del medio y conservar los recursos naturales." Si bien la frase "cambiantes necesidades humanas"

puede interpretarse en diversas formas, sin duda incluye el inevitable crecimiento de la demanda de alimentos para el hombre y los animales.

Las estrategias generales del CIMMYT y nuestras actividades y productos específicos, todos ellos dirigidos a satisfacer esa demanda creciente, reflejan la ponderación de los problemas del mantenimiento de sistemas agroecológicos. El acento del CIMMYT en aumentar la productividad de los recursos contribuye a asegurar que nuestra labor los tome en cuenta. Por tanto, evitamos prácticas que socaven los recursos naturales de los que dependerá la productividad futura. También pensamos que al concentrarnos en aumentar la productividad en los medios favorecidos contribuiremos a disminuir la presión en zonas menos aptas para la agricultura.

En cuanto a las actividades y productos más específicos, los siguientes ejemplos ilustran cómo nuestra labor se vincula con el mantenimiento de los recursos naturales, ya sea en Asia o en otras partes. Las investigaciones sobre enfermedades y plagas, algunas de ellas descritas antes, generan germoplasma resistente que reduce la necesidad de usar control químico, costoso y peligroso para el medio. Asimismo, algunos de nuestros materiales mejorados parecen ser más eficientes en la absorción y utilización de insumos, en especial el agua y el nitrógeno. Trabajamos con otros investigadores para conocer los mecanismos que intervienen e intensificar esa eficiencia. Nuestros esfuerzos para conservar los recursos genéticos (véase el *Informe anual 1988 CIMMYT: Distribución de la diversidad*) se basan en la función importante que desempeñan estos recursos en la investigación fitotécnica; conservamos hoy lo que puede ser necesario mañana para mejorar la productividad agrícola. Por último, agrónomos, economistas y fitomejoradores desarrollan en forma conjunta prácticas de labranza mínima (combinadas con la retención de

La capacidad de satisfacer las necesidades de alimento para el hombre y para los animales en Asia después de 2020 dependerá de que se mantenga la productividad a largo plazo de los recursos naturales que ya soportan una pesada carga, sobre todo el suelo y el agua.



Jim Longmire

La salinización de los suelos como resultado del drenaje inadecuado del agua de riego tiene un efecto adverso en la productividad agrícola en partes de Pakistán y en otros países asiáticos.

los residuos de cultivos) destinadas a reducir el riesgo de erosión. Esos sistemas de labranza originan una serie de factores bióticos y abióticos desfavorables y se necesitarán nuevos genotipos resistentes a ellos. Como ilustran estos ejemplos, casi toda la labor del CIMMYT se vincula con el mantenimiento de los recursos naturales para las generaciones futuras. Nuestra teoría al respecto se funda en el concepto, bien formulado por otros, de que no heredamos nuestros recursos naturales de nuestros antepasados sino que los tomamos prestados de nuestros hijos.

La importancia de la creación de instituciones

De la eficiencia con que los programas nacionales de Asia cumplan con sus responsabilidades dependerá en gran medida cuán bien los agricultores de la región satisfarán las demandas de los

consumidores. En su Punto de vista (pp. 10-17), el Dr. Ruttan subraya la necesidad de reorientar la organización de la investigación agrícola e institucionalizar más la capacidad de investigación en los países en desarrollo. Además, pide que se creen nuevas instituciones con nexos más estrechos con centros importantes de los países desarrollados que los que, en su opinión, tienen los centros internacionales del CGIAR.

Es evidente que algunas de las sugerencias del Dr. Ruttan deben ser ponderadas y, tal vez, aplicadas por otros investigadores. Como se señaló antes, el CIMMYT ha contribuido a la creación de instituciones en Asia, principalmente invirtiendo en las personas; las utilidades resultantes de esas inversiones se manifiestan en el progreso agrícola de la región. No obstante, reconocemos que han cambiado las necesidades y que

debemos reorientar nuestro trabajo. Continuarán algunas de nuestras actividades actuales, incluidos los cursos sobre mejoramiento, patología y manejo de estaciones experimentales que se imparten en la sede en México, así como los cursos en los países sobre temas específicos como la producción de semilla y el análisis de datos. Ciertos programas nacionales avanzados asumirán cada vez más la responsabilidad de dar capacitación básica en la investigación sobre el manejo de cultivos. Ahora se ofrecen en México cursos avanzados para científicos con experiencia de países en desarrollo, que les proporcionan la oportunidad de actualizarse y efectuar investigaciones especializadas de interés para el CIMMYT y para sus programas nacionales.

Como ya se mencionó, buscamos nuevas formas de colaboración con los programas nacionales. En algunos casos, esa colaboración adopta la forma de "asocia-

Thomas Luba



El germoplasma de maíz elite del CIMMYT a veces se usa en ensayos agronómicos en lugares como el Centro Agrícola Lumle en Nepal. B.R. Sthapit, jefe de los agrónomos de ese Centro, hace notar que aunque la EVT 17 no se adapta bien a las condiciones locales, se obtienen datos útiles de este tipo de ensayos.

Entrevista al Dr. Amir Muhammed — Pakistán —

ciones para la investigación", en las cuales se establecen las funciones y responsabilidades específicas de acuerdo con la capacidad de las partes. Estas aprenden una de otra en el curso de estas asociaciones, aumentando sus respectivos acervos de conocimientos y su capacidad de investigación. Citamos como ejemplos los recientes acuerdos de investigación concertados entre el CIMMYT y el Departamento de Agricultura de Tailandia (resistencia al mildiú veloso en el maíz), la Academia China de Ciencias Agrícolas (resistencia a la fusariosis de la espiga en el trigo), la Academia de Ciencias Agrícolas de Yunnan, China (tolerancia a la sequía en el maíz), y la Universidad Agrícola de Punjab (resistencia al carbón parcial en el trigo). Fuera de Asia también se han establecido otras asociaciones para la investigación con programas nacionales de países en desarrollo.

Por último, otras formas de cooperación acentúan una participación más amplia entre los científicos agrícolas de la comunidad internacional. En esa cooperación a menudo participan uno o más programas y universidades de los países en desarrollo, así como colegas de instituciones hermanas y de centros destacados de los países desarrollados. Como este tipo de investigación conjunta nos ha dado buenos resultados, la incrementaremos en el futuro. Un ejemplo en Asia es el proyecto sobre la rotación arroz/trigo que realizarán el CIMMYT, el IRRI y los programas nacionales, el cual incorpora elementos clave de este concepto.

En proyectos de este tipo, las habilidades y conocimientos de los participantes se combinan en forma sinérgica y mutuamente provechosa. Esta cualidad sinérgica caracteriza muchas de las actividades del CIMMYT; tratamos de movilizar y combinar la experiencia, las energías y las aptitudes de científicos agrícolas de todo el mundo en forma tal que los resultados de su labor representen más que la suma de las contribuciones individuales. En todo nuestro trabajo para Asia y otras regiones, predomina una meta común: brindar nuevas opciones a los agricultores de los países en desarrollo.

Desde hace mucho el Dr. Amir Muhammed ha participado en el desarrollo agrícola, en particular como Ministro de Agricultura de Pakistán, luego como Presidente del Consejo de Investigaciones Agrícolas de Pakistán (PARC) durante 12 años y, en la actualidad, como miembro del Comité Asesor Técnico del CGIAR. Recientemente solicitamos su opinión sobre varias cuestiones clave.



Thomas Lubo

¿Cuál será el mayor problema de la investigación agrícola pakistani en el próximo decenio?

En mi opinión, el mayor problema será la diferencia entre los rendimientos potenciales y los obtenidos por los agricultores. Mediante la investigación hemos demostrado que podemos obtener rendimientos tres veces superiores al promedio nacional. Por consiguiente, tenemos que analizar cuidadosamente todo el proceso de la producción, incluidos los factores económicos, para determinar cómo podemos realizar ese potencial. Intensificar la producción agrícola en Pakistán es ahora algo mucho más complejo que sembrar semilla mejorada y usar más fertilizante. No tenemos más tierras, la población se ha incrementado en forma tremenda y básicamente vivimos en un país árido donde el agua es el mayor recurso limitante.

¿Qué tipo de investigación se necesitará para abordar estos problemas más complejos?

La investigación sobre los sistemas de cultivo ha surgido como un medio importante para conocer cómo sobrevive realmente el pequeño agricultor. En los países desarrollados, la agricultura se ha convertido en una profesión especializada ejercida por personas que a menudo están calificadas para hacer otras cosas. Sin embargo, en los países en desarrollo los agricultores tienen pocas oportunidades de dedicarse a otras actividades. Además, en Pakistán más del 60% de los agricultores tienen pequeñas propiedades y los criterios aplicados en los países desarrollados pueden resultar inadecuados, a menos que nuestros científicos aprendan a considerar los problemas en forma diferente. Los agricultores tienen trigo, pastura, hortalizas, tal vez búfalos, vacas y gallinas, pero lo que importa es, al final del día, con el trabajo de la familia y las tierras y el agua limitadas, ¿cuánto dinero ha producido una hectárea?

¿Cuál es la función de los fitotécnicos en esa situación?

El problema con los fitotécnicos es que sólo preguntan al agricultor: ¿Cuál ha sido el rendimiento de su trigo? ¿Cuál es el rendimiento de su maíz? Tienden a evaluar todo el sistema sólo sobre esa base. No obstante, si un agricultor cultivara un trigo maravilloso y no sembrara otra cosa en el campo el resto del año, probablemente sería un hombre muy pobre en comparación con el que cosecha dos o tres cultivos al año en una rotación. Cuando se trata de realmente *practicar* la agricultura, la situación aquí es mucho más compleja y es preciso sensibilizar a nuestros científicos a esa situación.

¿Las investigaciones de las ciencias sociales han mejorado el conocimiento de la situación de los agricultores en Pakistán?

Yo diría que sí. Por ejemplo, hace unos años la Unidad de Investigaciones Agrícolas y Económicas (AERU) del Punjab entrevistó a agricultores e hizo la sorprendente revelación de que el 40% de los agricultores aún sembraban variedades susceptibles a las enfermedades. Ningún profesional de las ciencias biológicas se había tomado el trabajo de efectuar una encuesta para ver qué hacían los agricultores. Los especialistas de las ciencias sociales la hicieron y todos se sorprendieron. Desde entonces, las AERU -hay una en cada instituto provincial de investigación agrícola y una en Islamabad- han realizado más estudios sobre los sistemas de cultivo y otros tipos de investigaciones; pienso que comienza una etapa en que realmente se aprecia la función de las ciencias sociales en la agricultura.

Investigación de maíz



Nathan Russell

Una queja frecuente de los científicos de los programas nacionales de maíz es que, si bien en su capacitación profesional se les enseña cómo efectuar investigaciones, se les da poca orientación para resolver el problema de cuáles investigaciones realizar. Este problema, de sí difícil en un solo país, es especialmente complicado para el programa mundial de maíz del CIMMYT.

Gracias a la labor de nuestros especialistas regionales en maíz, se ha facilitado la tarea de asignar prioridades en la investigación para los investigadores de los programas nacionales y del CIMMYT. La principal contribución a la asignación de prioridades en los países en desarrollo consiste en ofrecer adiestramiento en la investigación en fincas (esencial para identificar con precisión los problemas de los agricultores) y ayudar a planificar la investigación. Mediante sus contactos con los programas nacionales, el personal regional ha adquirido conocimientos y datos valiosos sobre las condiciones de la producción de maíz en los países en desarrollo, los cuales a su vez han ayudado a los investigadores del CIMMYT a determinar qué categorías de germoplasma requieren mayor atención, de cuáles características carece aún el germoplasma y qué tipos de capacitación y otra asistencia necesitan los programas nacionales para efectuar con más eficiencia su propio desarrollo de germoplasma y la investigación sobre el manejo de cultivos. Algunas de las necesidades identificadas son satisfechas por el mismo personal regional mediante proyectos de investigación conjunta en países en desarrollo. En las secciones siguientes se presentan ejemplos que ilustran cómo adaptamos las investigaciones y actividades afines de acuerdo con la información recibida de los programas regionales y a través de otros contactos con nuestros clientes; algunas secciones destacan la función del personal regional en esas modificaciones.

Germoplasma para tierras altas

En pocas áreas han sido tan notables los ajustes como en nuestro programa de mejoramiento de maíz para tierras altas. De 1978 a 1985, el programa estuvo orientado casi por completo a la generación de germoplasma con granos de tipo harinoso y morocho. Esta asignación de recursos fue principalmente consecuencia de la escasez de germoplasma mejorado para la Zona Andina, para la cual son esos tipos. La transferencia de esta labor a los programas nacionales de la región nos permitió reorientar el programa de mejoramiento en la sede hacia la obtención de germoplasma de endosperma

duro, que es el tipo preferido en el 93% de las zonas de tierras altas del mundo.

Siembra profunda para aprovechar la humedad residual. La primera tarea del programa en la sede fue generar nuevas poblaciones de endosperma duro con mejores características agronómicas, tipo de planta, resistencia a las enfermedades y tolerancia a varios factores abióticos desfavorables. Ahora que se ha obtenido una serie de poblaciones para propósitos generales adecuadas para todos los principales mega-ambientes de tierras altas, el programa ha iniciado también proyectos para "afinar" el germoplasma, de manera que satisfaga mejor las necesidades de los agricultores. Uno de esos proyectos se inspiró en una práctica de los agricultores mexicanos que permite la siembra temprana del maíz. En algunas zonas altas del país, la siembra se hace inmediatamente después de que ha pasado el peligro de heladas, unos 45-60 días antes de que comiencen las lluvias; la semilla se coloca a 10-25 cm de profundidad en la humedad residual del suelo con una especie de pala (llamada *tepoztoctoc* en la lengua náhuatl). El propósito de nuestro programa de mejoramiento era retener la capacidad de emerger de la siembra profunda que tiene el germoplasma mexicano de tierras altas y, al mismo tiempo, mejorar sus características agronómicas, en particular la resistencia al acame. La tarea era complicada porque las fuentes de estas



Sergio Pastén

mejoras son materiales que no son de tierras altas y no emergen si se siembran a más de 13 cm de profundidad. Sin embargo, después de tres ciclos de selección en cuatro poblaciones (Tepoztoctoc 1-4), los materiales ya emergen desde los 20 cm y tienen mejores características agronómicas. Los programas nacionales pueden desarrollar variedades a partir de esas poblaciones o bien emplear las líneas endogámicas que obtenemos de ellas en la generación de híbridos, o como fuentes de la capacidad de emerger de una siembra profunda.

Materiales de tierras altas para África y Asia. Además de aprovechar la experiencia en México, donde se ha cultivado el maíz de tierras altas durante miles de años, generamos nuevas poblaciones para satisfacer las demandas de los agricultores de Asia y África. Estos materiales requieren una resistencia al acame mucho mayor que la de los tipos de tierras altas de México, con raíces débiles, ya que el aporque y la siembra de maíz en surcos, una medida que toman los campesinos mexicanos para impedir el acame de la raíz, no es una práctica común entre los agricultores de África y Asia. En las zonas de Asia situadas en latitudes elevadas, los agricultores también necesitan materiales de tierras altas que sean insensibles al fotoperíodo. Para estas zonas, hemos desarrollado dos poblaciones (Himalaya Blanco e Himalaya Amarillo) y las seleccionamos para otorgarles madurez temprana con el fin de que puedan ser cultivadas en sistemas de cultivos múltiples que incluyan el trigo en el invierno.

Germoplasma para altitudes intermedias

Responder a las cambiantes necesidades de germoplasma de los países en desarrollo a veces exige combinar una iniciativa en la sede con un programa fitotécnico nuevo fuera de México. Según

La práctica de los agricultores mexicanos de sembrar a mayor profundidad en la humedad residual un mes antes del inicio de la época de lluvia, motivó al fitogenetista de maíz para zonas altas del CIMMYT a desarrollar cuatro poblaciones nuevas que emergen de la siembra profunda y muestran características agronómicas mejoradas.

los recursos de que dispongamos, estas actividades pueden efectuarse en forma consecutiva, como fue el caso del maíz para tierras altas, o simultáneamente, como sucede en nuestra labor sobre el germoplasma subtropical, que en gran parte también clasificamos como maíz para altitudes intermedias. Para mediados de los 80, era evidente que, si bien los materiales del CIMMYT para tierras tropicales bajas se desempeñaban bien en todo el mundo en desarrollo, los materiales subtropicales no resultaban tan útiles para nuestros colaboradores de los programas nacionales. El Programa de Maíz pudo finalmente asignar más recursos al mejoramiento del maíz subtropical efectuado en la sede y, en 1985, estableció una estación de investigación sobre maíz para altitudes intermedias en Harare, en colaboración con la Universidad de Zimbabwe.

Aprovechamiento de la experiencia anterior en el sur de Africa. La ubicación de esa instalación en Africa al sur del Sahara ofrecía varias ventajas. El continente tiene unos 6 millones de ha de tierras de altitudes intermedias (en el mundo en desarrollo, el total de la superficie cultivada con maíz subtropical es de alrededor de 17 millones de ha) y el sitio de la estación es muy adecuado para seleccionar la resistencia a las enfermedades más frecuentes en las altitudes intermedias y al virus del rayado del maíz, endémico en Africa. Una característica particular del sur de Africa

es que se han instaurado eficientes industrias de producción de semilla y se han realizado los logros fitotécnicos más importantes del mundo en desarrollo. En Zimbabwe, Zambia y Malawi, se ha usado eficazmente una base genética bastante estrecha para generar híbridos excelentes, en particular para los medios más productivos. Esperamos que los programas nacionales puedan usar la mayor diversidad de germoplasma mejorado para repetir este logro en las zonas menos favorecidas.

Una dinámica metodología fitotécnica. Al establecer un programa de investigación con el fin de crear germoplasma nuevo para zonas de altitud intermedia, nuestro personal introdujo ciertas innovaciones metodológicas. Apartándose del criterio tradicional del CIMMYT de mejorar un conjunto más o menos fijo de poblaciones durante períodos prolongados, han establecido un sistema en el cual se crean continuamente muchas poblaciones nuevas a partir de una gran colección de germoplasma elite. Las poblaciones se someten luego a selección recurrente en un programa de múltiples etapas, donde se descartan algunas y se destinan a diversos usos las promisorias, un proceso que implica un enorme volumen de materiales. Los resultados de las evaluaciones realizadas en varios ciclos muestran que algunas poblaciones nuevas pueden competir con los excelentes híbridos ya disponibles en Zimbabwe (véase el Cuadro 5). Para que

se familiaricen con los productos de esta investigación, nuestros colegas de los programas nacionales colaborarán en la evaluación del germoplasma y muchos de ellos visitarán la estación de maíz para altitudes intermedias.

Germoplasma resistente al achaparramiento del maíz para América Latina

Sólo en dos casos (maíz para altitudes intermedias y maíz morocho y harinoso para tierras altas) el Programa de Maíz ha iniciado proyectos fitotécnicos fuera de México con el fin de manejar clases completas de germoplasma. Comúnmente, el propósito de la investigación fitogenética en las regiones ha sido mejorar la adaptación y la estabilidad del rendimiento del germoplasma elite en una determinada región, mediante el aumento de su resistencia a una enfermedad que plantea problemas graves en varios países.

La eficacia de este método es demostrada por nuestra labor conjunta en América Central y el Caribe orientada a generar germoplasma con resistencia al achaparramiento del maíz (causado por *Spiroplasma* sp.), que se presenta en toda Mesoamérica, el Caribe y en Venezuela. En 1987, esta enfermedad causó en Nicaragua pérdidas de hasta el 60% en 12,000 ha sembradas con híbridos susceptibles, mientras que una variedad tolerante, cultivada en unas 2,000 ha, duplicó el rendimiento de los genotipos susceptibles. Esta variedad, Santa Rosa 8073, es el producto de la cooperación entre el CIMMYT y los programas nacionales durante los años 70 y fue lanzada en Nicaragua en 1985. En 1986, se inició otro trabajo en relación con esa enfermedad, en el que se efectuó la selección recurrente y la evaluación de las progenies S₁ en cuatro poblaciones, dos en la República Dominicana y las otras dos en El Salvador y Nicaragua. Los resultados de las evaluaciones realizadas después de tres ciclos de selección indican que, si bien dos poblaciones al parecer tienen poca variación genética en cuanto a la resistencia al achaparramiento del maíz, las otras han mostrado un progreso notable en la resistencia y el

Cuadro 5. Comportamiento de nuevas poblaciones resistentes al rayado generadas en la estación experimental del CIMMYT para altitudes intermedias en Zimbabwe, en comparación con el de híbridos que ya existen ese país.

Genealogía	Rendimiento (t/ha)	Días a la emisión de estigmas	Roya común*	Pudrición de la mazorca (%)
Híbridos:				
ZS225	8.8	70	2.3	12
SR52	8.6	77	3.0	5
R201	7.9	70	4.0	11
Poblaciones:				
Pob62/Gwebi{1}TZMSR-W	8.6	77	2.2	6
EV7992/EVPOP43-SR	8.1	78	2.8	5
EV7992/R201//EVSR	8.0	75	2.3	8

Nota: Datos obtenidos en tres sitios de Zimbabwe.

* Clasificada según una escala del 1-9, en la cual 1= resistente y 9 = susceptible.

rendimiento. Los programas nacionales y las empresas productoras de semilla han lanzado variedades sintéticas e híbridos generados con este proyecto en ocho países de la región, donde anualmente se siembran en unas 100,000 ha.

Aplicaciones de la nueva biotecnología

Algunas características, como la resistencia a los insectos y la tolerancia a factores abióticos desfavorables, suelen ser más difíciles de obtener mediante el fitomejoramiento tradicional que la resistencia a las enfermedades. Con la esperanza de lograr mejores medios para

resistencia al BGM, en la cual parecen intervenir de seis a ocho genes (se espera confirmar esto en las investigaciones actuales del Programa de Maíz), podríamos acelerar el progreso y reducir los costos seleccionando el germoplasma resistente antes de efectuar evaluaciones en el campo y seleccionar para obtener otras características.

Cooperación con otras instituciones de investigación. No obstante, lograr estas ventajas será una empresa a largo plazo, inicialmente muy costosa. Para facilitar la tarea, el Programa de Maíz trabaja en la resistencia al BGM como parte de la red europea y del CIMMYT que estudia el empleo de los RFLP en la selección para

marcadores genéticos para *Tripsacum*, un pariente silvestre del cereal que puede servir como fuente de ésta y otras características importantes. En colaboración con la Universidad de Minnesota, EUA, hemos usado sondas de RFLP para detectar en *Tripsacum* alelos moleculares no presentes en el maíz subtropical hibridado con la especie silvestre. Con esas sondas, identificaremos cromosomas en *Tripsacum*, estableceremos su homología con los del maíz y, finalmente, emplearemos las sondas al seleccionar para transferir el ADN del pariente silvestre al maíz.

La función cambiante de la investigación agronómica

Menos numerosos que el personal dedicado a la generación de germoplasma, los agrónomos de maíz del CIMMYT han sido menos ostensibles para la red de colaboradores del Centro y otros grupos. Se centran casi exclusivamente en programas bilaterales y regionales, y han apoyado la investigación en los países en desarrollo participando en el trabajo del manejo de cultivos realizado por los programas nacionales y compartiendo su experiencia mediante la capacitación y el asesoramiento. No obstante, como muchos programas nacionales cuentan ahora con programas bien desarrollados de investigación adaptativa, comienzan a cambiar la apariencia y la esencia de la labor de nuestros agrónomos. En 1989, una reunión de todos los agrónomos de maíz del CIMMYT marcó el comienzo de una nueva etapa en la cual ese personal tendrá una identidad mucho más clara como grupo disciplinario, que se consolidará mediante reuniones periódicas, intercambio de información y la coordinación desde la sede de las investigaciones agronómicas y fisiológicas.

Una de las principales tareas en esta primera reunión fue estudiar las consecuencias del plan estratégico del CIMMYT, que requiere pasar de la investigación adaptativa, que conduce directamente a recomendaciones a nivel nacional, a la investigación estratégica, que aborda problemas comunes a varios países de una región. En las deliberaciones resultó evidente que cada

Una reunión celebrada entre todos los agrónomos de maíz del CIMMYT marcó el comienzo de una nueva fase en la que este personal tendrá una identidad más definida como grupo disciplinario.

superar problemas particularmente recalcitrantes, el Programa de Maíz ensaya dos de los métodos abarcados por el término "biotecnología": los polimorfismos por segmentos de longitud restringida (RFLP) y, en menor grado, el cultivo de tejidos (Servicios de apoyo, p. 53).

La resistencia a los insectos y la tolerancia a la sequía. Podríamos haber escogido estudiar cualquier característica poligénica o cuantitativa, ya que ahora existen muchos marcadores genéticos moleculares nuevos que pueden usarse para identificar los genes mayores que determinan esas características. Sin embargo, decidimos concentrarnos en la resistencia al barrenador grande del maíz (BGM) y en el período entre la antesis y la emisión de estigmas o PAE (que parece tener importancia en el desarrollo de maíz tolerante a la sequía) por la dificultad de obtener esas características usando técnicas tradicionales y porque, si bien se heredan en forma cuantitativa, son controladas por relativamente pocos genes. Por ejemplo, al desarrollar la

obtener características cuantitativas. Actualmente evaluamos 80 líneas endogámicas que representan el germoplasma elite de maíz del CIMMYT, con el fin de determinar el tipo de sus alelos moleculares para cada una de alrededor de 160 sondas RFLP. En 1989 se completó aproximadamente la mitad de ese trabajo. También aumentamos líneas F_3 (de poblaciones formadas cruzando líneas resistentes y susceptibles) para el análisis de los RFLP y la evaluación en el campo de la resistencia de cada línea al BGM. Se realizará el análisis de los ligamentos en los resultados para determinar las relaciones entre los marcadores RFLP y los segmentos responsables de la resistencia al BGM. El Programa de Maíz participa en un proyecto similar sobre el control genético del PAE en cooperación con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) de México.

En conexión con la labor sobre la resistencia al BGM, investigamos el empleo de los RFLP del maíz como

región tiene problemas agronómicos de alcance internacional y que nuestro personal trabaja ya en algunos de ellos. En el este de Africa, por ejemplo, los agrónomos han iniciado un proyecto para combatir la hierba parásita *Striga* y, en América Central, el personal comenzó ensayos agronómicos regionales en 1989 con el fin de elaborar tecnologías para un mejor manejo de suelos volcánicos y en ladera. Estos y otros proyectos analizados durante la reunión constituyen una categoría especial de la investigación estratégica, que contribuye a una producción agrícola más sustentable y menos destructiva para el medio. Se espera que en el futuro este trabajo represente una porción considerable del aproximadamente 25% del tiempo que cada agrónomo dedica a la investigación estratégica; es probable que todas las investigaciones sobre el manejo de cultivos realizadas por personal del CIMMYT sean orientadas por el principio de la preservación agroecológica, con particular énfasis en la conservación del suelo y el agua, el mantenimiento de la fertilidad y el control de las plagas.

Capacitación avanzada para científicos con experiencia

La diversidad de los medios productores de maíz en los países en desarrollo dificulta la tarea de crear eficientes programas fitotécnicos y de investigación agronómica. En un nuevo esfuerzo por ayudar a los científicos de esos países a realizar con más eficiencia esa labor, en 1989 el Programa de Maíz introdujo un curso especializado de siete semanas llamado "Diseño de programas de investigación para agrónomos de maíz", destinado principalmente a investigadores con experiencia que toman decisiones en los programas nacionales, y un curso breve de seis semanas sobre el mejoramiento de maíz para jefes de programas fitotécnicos.

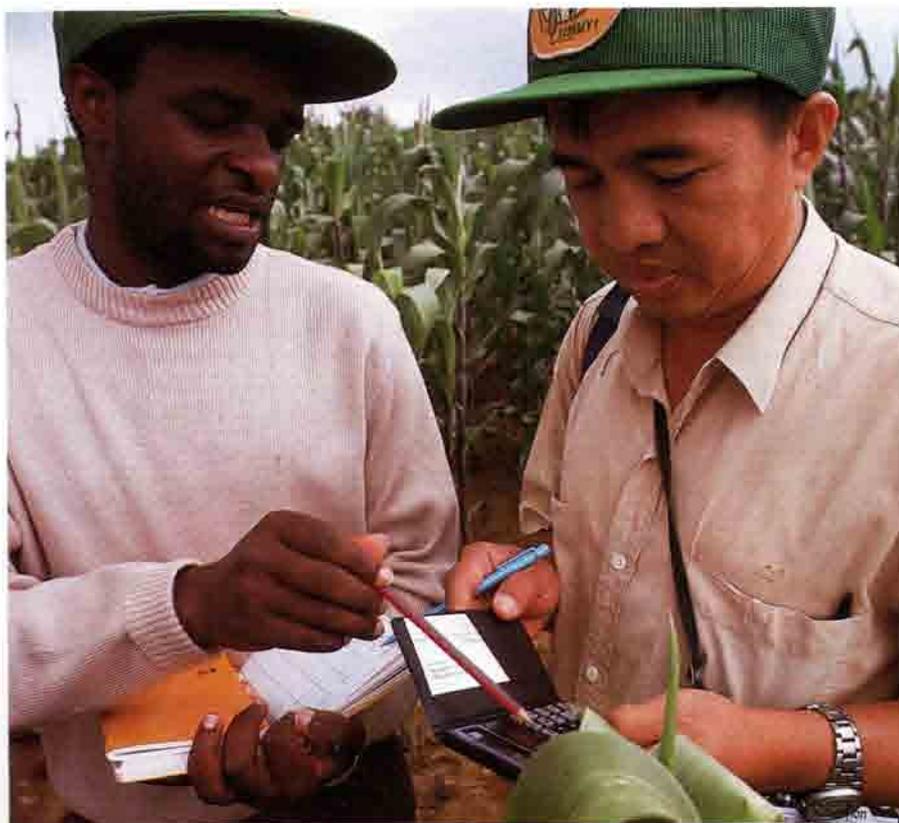
En el curso para agrónomos, 20 participantes de 11 países trabajaron en el diagnóstico de problemas encontrados en tres medios de cultivo típicos en México, donde hablaron con los agricultores acerca de los factores socioeconómicos y agronómicos que limitan la producción de maíz. Basándose en los resultados de encuestas en los campos, los agrónomos elaboraron planes de investigación para

dos de esas zonas, dedicando especial atención a la prioridad de los problemas identificados y a las soluciones alternativas. El grupo preparó ensayos de campo para cada zona con el fin de poner a prueba esas soluciones en estaciones experimentales o en fincas. Con los datos de ensayos anteriores, realizaron análisis estadísticos y económicos de los resultados. Dedicaron un tiempo considerable a practicar el análisis en microcomputadoras de los datos de los ensayos agronómicos y 13 de los participantes permanecieron una semana más para mejorar sus habilidades en el manejo de computadoras. Además de estas actividades, los participantes examinaron estudios de casos de Ghana y Pakistán y cada uno elaboró y presentó un proyecto de investigación para su propio país.

Como podía esperarse de un grupo de investigadores experimentados, el intercambio de información y experiencias fue particularmente activo y valioso en las discusiones. En general, el curso despertó el entusiasmo de los participantes y a la mitad de ellos les hubiera gustado prolongarlo. Un participante ya ha dictado un curso similar en su propio programa para divulgar las habilidades y conocimientos que adquirió durante su permanencia en el CIMMYT.

El curso sobre mejoramiento de maíz se diseñó para actualizar a los 16 participantes (del mismo número de países) acerca de avances fitogenéticos recientes y familiarizarlos con las estrategias presentes del programa de mejoramiento de maíz del CIMMYT. Con ese propósito, invitamos a tres científicos de universidades estadounidenses para que dieran una serie de conferencias sobre genética cuantitativa aplicada y técnicas nuevas de la biotecnología; además, nuestro propio personal describió en términos generales los métodos que usa en el mejoramiento y el nuevo germoplasma que se genera.

Fred Kanampin de Kenya y Rachain Thiraporn de Tailandia determinan la densidad de plantas en el campo de un agricultor, como parte de un ejercicio en el diagnóstico de problemas en el campo. Después de su experiencia en el nuevo curso especializado para agrónomos de maíz, los participantes comentaron que en el futuro dedicarían mayor atención al diagnóstico en campo.



Thomas Luba

Panorama del Programa de Maíz

Nathan Russell



Mejoramiento de germoplasma (en la sede)

El programa genera y mejora una gran diversidad de germoplasma en las siguientes categorías:

- Maíz para zonas bajas tropicales
- Maíz para zonas subtropicales
- Maíz para zonas altas
- Maíz con calidad de proteína (QPM)

El germoplasma se distribuye mediante un sistema de ensayos internacionales.

Mejoramiento de germoplasma (en las regiones)

Estos programas generan categorías de germoplasma o mejoran características que no pueden ser manejadas con tanta eficacia en la sede.

- Resistencia al achaparramiento del maíz, América Central y el Caribe
- Tolerancia al aluminio, América del Sur
- Resistencia al mildiú veloso, sudeste de Asia
- Cooperación CIMMYT/IITA, oeste de África
- Estación de maíz para altitudes intermedias, Zimbabwe

Sergio Pastén



Apoyo al desarrollo de germoplasma

Estas unidades colaboran en la tarea de desarrollo de germoplasma en la sede y a los programas nacionales les proporcionan germoplasma, técnicas e información.

- Patología
- Entomología
- Fisiología
- Banco de germoplasma
- Cruzas amplias
- Programa de híbridos

Nathan Russell



Apoyo a los programas nacionales

Capacitación en la sede. Cursos sobre la investigación fitogenética y del manejo de cultivos, becas para científicos visitantes y becas de predoctorado y posdoctorado.

Programas regionales. Identificación de las necesidades de los programas nacionales y fortalecimiento de su capacidad de investigación sobre fitomejoramiento y manejo de los cultivos mediante el asesoramiento, la capacitación y talleres.

- Asia
- América Central y el Caribe
- Este de África
- Medio Oriente y norte de África
- Sur de África
- América del Sur

Programas bilaterales. Fortalecimiento de la capacidad de investigación en algunos programas nacionales mediante una estrecha colaboración durante un período prolongado. Existe actualmente un programa de ese tipo en Ghana.

Investigación de trigo



Las cosechas extraordinarias obtenidas en la India y Pakistán en 1988-1989 son motivo de júbilo para el Programa de Trigo del CIMMYT; sin embargo, nuestro conocimiento de los factores actuales y futuros que limitan la productividad modera el impulso de celebrar.

Los problemas que afrontamos se asemejan a los patógenos que atacan al trigo: mutan y se convierten en formas nuevas y complejas aunque se les combata, y al eliminar a una se puede abrir paso a otras. Ese hecho no ha alterado ciertas prioridades básicas del Programa: nuestra principal actividad sigue siendo el desarrollo de germoplasma superior. No obstante, las formas en que lo obtenemos y aseguramos su utilidad para nuestros clientes se han vuelto cada vez más refinadas en respuesta a la complejidad de los problemas que enfrentamos.

Esto se manifiesta en parte en el cambio hacia investigaciones más estratégicas y, por otra, en la reevaluación de las relaciones con los clientes, los centros internacionales y otras instituciones científicas. Son ejemplos de las nuevas orientaciones la investigación del origen del citoplasma en las genealogías, el estudio de los mecanismos de la germinación prematura del grano y el uso de nuevos diseños y técnicas analíticas en los ensayos internacionales. Asimismo, tratamos de establecer cada vez más acuerdos de colaboración en los que la experiencia externa y nuestras propias habilidades se combinan en beneficio de todos los participantes. Existen varios compromisos de ese tipo, entre ellos un nuevo acuerdo con el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas (ICARDA) con el fin de generar trigos facultativos y de primavera para la región del oeste de Asia y el norte de África, pláticas con representantes del Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI) y los programas nacionales del sur de Asia sobre un proyecto conjunto para estudiar la sostenibilidad de los sistemas de la rotación arroz/trigo en la región, y la investigación con la Universidad de Cornell (Nueva York, EUA) para examinar las técnicas RFLP para el mejoramiento de la cebada y el trigo (Servicios de apoyo, p. 53).

Estas actividades ilustran parcialmente una tendencia hacia una mayor eficiencia, congruente con las pautas del plan estratégico del CIMMYT y las necesidades cambiantes de los clientes. La investigación para resolver problemas específicos y generar nuevos conocimientos sobre nuestro germoplasma cumple una función importante para satisfacer esas necesidades, como revelan los informes expuestos a continuación.

Resistencia durable a la roya foliar

Para un pequeño productor de trigo del Tercer Mundo, un rendimiento estable quizá sea tan importante como un rendimiento alto. Para entender el motivo, consideremos simplemente las consecuencias socioeconómicas de las epifitias en esos lugares. Sin acceso a los productos de control químicos, la sustitución rápida de las variedades, el apoyo del gobierno y otros tipos de ayuda que reciben los agricultores en los países desarrollados, un solo brote epifítico puede representar el desastre.

La roya de la hoja, causada por *Puccinia recondita*, es tal vez la enfermedad del trigo más amenazante hoy día en el mundo en desarrollo. Las variedades mejoradas, cuya resistencia a la enfermedad a menudo se basa en genes mayores específicos para el patotipo, en general sucumben ante las cepas virulentas mutantes de cinco a siete años después de su adopción, y a veces antes. Por consiguiente, la identificación de un complejo genético capaz de proporcionar resistencia durable contra diversas razas de roya de la hoja constituiría un adelanto importante.

En 1985, con el apoyo de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) comenzamos a vigilar las razas predominantes de las tres royas (del tallo, de la hoja y lineal) y a estudiar la genética de la resistencia a la roya de la hoja. Aun cuando se caracterizaron en más de 100 variedades los genes mayores conocidos que determinan la resistencia a esta roya, la investigación se concentró principalmente en la identificación y el análisis genético de la resistencia parcial en planta adulta del germoplasma de trigo harinero con adaptación amplia del CIMMYT. Ahora tenemos pruebas de que varios de nuestros materiales poseen un complejo, derivado de la variedad brasileña Frontana, que confiere resistencia durable a la roya de la hoja.

Avance lento de la roya. Desde fines de los años 60 se ha mantenido la resistencia de ciertas variedades derivadas del germoplasma del CIMMYT. Nuestros datos indican que la base de esta durabilidad es el gen *Lr34* en combinación con otros genes menores de

la resistencia, un complejo originado en Frontana. En México, la presencia de *Lr34* solo en una variedad hace que sea lento el avance de la roya; es decir, si bien la variedad muestra una respuesta susceptible, el progreso de la enfermedad es más lento que en un testigo susceptible. En varios genotipos del CIMMYT, el *Lr34*, en combinación con dos o tres genes aditivos, retrasa el avance de la enfermedad a tal punto que el desarrollo de patógenos para la época de la cosecha es insignificante.

Similitud con la resistencia a la roya del tallo. Nuestro gran interés en esta fuente de resistencia obedece en parte a las estrechas analogías con el caso del complejo *Sr2* para la roya del tallo: solo, el gen *Sr2* parece conferir la característica del avance lento de la enfermedad; en conjunción con otros genes, proporciona resistencia durable y, durante más de 20 años, ha protegido a las variedades derivadas del CIMMYT de las epifitias de roya del tallo.

Otras fuentes de resistencia. Hemos identificado variedades con bases de resistencia parcial y en planta adulta, distintas de las encontradas en Frontana. Pavón-76 y sus derivadas, por ejemplo, han sido lanzadas desde 1976 en México, Argelia, Perú, Bolivia, Chile y Australia, sin sucumbir a una epifitia de roya de la hoja. Los genes provenientes de esas fuentes podrían usarse para crear diversidad genética en el complejo *Lr34*, sin alterar características fenotípicas convenientes.

Esperamos conferir una base de resistencia durable a una mayor proporción de nuestro germoplasma nuevo. Preparamos un catálogo de genes no designados de resistencia parcial y buscamos marcadores RFLP para ayudar a seleccionar nuevas combinaciones.

Investigación de la translocación 1B/1R

Un logro notable del Programa de Trigo fue combinar con éxito la diversidad de dos importantes complejos genéticos de trigo, los tipos de hábito invernal y los de hábito primaveral. Ciertas líneas derivadas de esa combinación, las Veery, mostraron potenciales de rendimiento en promedio un 10% mayores que los de las variedades semienanas de la revolución

verde. Esta y otras características superiores facilitaron la aceptación amplia de los trigos Veery entre los agricultores del mundo en desarrollo. No obstante, la fuente de sus características especiales ha recibido una atención limitada en nuestro Programa donde, por tradición, los fitomejoradores pretenden antes que nada entregar con rapidez germoplasma útil a los programas nacionales. Se considera que una translocación cromosómica entre el centeno y el trigo, conocida como 1B/1R, confiere muchas de las propiedades

También se aplicará esta metodología con otros materiales. Además, se ha introducido el cromosoma 1R del centeno en el trigo duro elite, Altar-84, para efectuar ensayos en la misma forma. En estudios anteriores realizados en el CIMMYT, se han comparado los efectos sobre el rendimiento causados por la translocación 1B/1R en distintos fondos genéticos, pero se espera que el trabajo con las isolíneas proporcione pruebas concluyentes en relación con las propiedades vinculadas con esta translocación.

granos básicos, es consumido casi exclusivamente por los seres humanos, quienes tienen ideas muy particulares sobre lo que es aceptable. Por consiguiente, en la labor de mejoramiento del germoplasma no se puede olvidar el uso previsto para un determinado producto.

Un caso pertinente es el de las variedades mejoradas que tienen la translocación 1B/1R. Cuando se efectúa la mezcla en forma mecánica y a gran velocidad, la masa obtenida de variedades con esa translocación se vuelve pegajosa, una característica que dificulta la manipulación. Como esto influye directamente en la utilidad de muchos de nuestros productos, el personal del programa analizó las características de la calidad de una serie de trigos 1B/1R y comparó líneas hermanas con y sin la translocación.

Ciertas líneas con la translocación mostraron buena calidad de panificación y algunas de ellas no tenían la característica de la masa pegajosa. Estos resultados indican que no se puede vincular categóricamente la translocación 1B/1R con las deficiencias de la masa y que otros factores, como el medio de cultivo o los modificadores genéticos, desempeñan una función importante. En su labor futura, los científicos del Programa investigarán esos factores y la forma en que interactúan para producir la masa pegajosa. Por el momento, nuestros resultados señalan que los fitomejoradores pueden generar materiales 1B/1R que satisfagan la mayoría de los criterios de calidad para la panificación.

La preocupación reciente por mantener los rendimientos y asegurar una calidad de grano aceptable ha llevado a nuestros investigadores a estudiar más a fondo la presunta conexión entre la translocación 1B/1R y el rendimiento y la calidad.

de las líneas Veery, pero la preocupación reciente por mantener los rendimientos y asegurar una calidad aceptable del grano ha llevado a nuestros investigadores a examinar más a fondo esa presunta conexión.

Ensayos de rendimiento con líneas “gemelas”. Un tipo de investigación busca confirmar la función de la translocación 1B/1R en los rendimientos de los trigos Veery. Nuestros científicos tratan de generar dos líneas Veery semejantes en todos los aspectos, excepto que una no poseerá la translocación.

En primer término, los investigadores cruzaron la línea Veery Seri-82 (lanzada en Pakistán como Pak-81) con Pavón-76, que no tiene la translocación. Mediante el retrocruzamiento con Seri-82 de varias generaciones de la progenie que posee un complemento 1B, 1B/1R y la posterior autopolinización de los productos de esta combinación, nuestros científicos obtienen derivados de Seri sin el cromosoma translocado del centeno. Se emplean métodos químicos y la citología para verificar la estructura genética de las supuestas isolíneas que se cultivarán en ensayos y se compararán sus rendimientos con los de Seri-82.

La translocación 1B/1R y la masa pegajosa. Si bien a menudo se considera que un mayor rendimiento de los cereales es la clave para saciar el hambre del mundo, las cosechas abundantes no sirven a menos que los consumidores las utilicen. El trigo, a diferencia de otros



Thomas Laiba

Los trigos sintéticos como fuente de variación

Desde el momento en que los agricultores comenzaron a seleccionar la semilla de genotipos superiores para usarla en ciclos futuros, la tarea del fitomejorador ha consistido en inducir a la naturaleza a combinar los materiales en formas novedosas. Sin embargo, aun cuando los científicos, en servicio de la humanidad,

El aprovechamiento de la diversidad genética a menudo tiene un precio elevado, pues en ocasiones se necesitan años de mejoramiento tradicional para eliminar las características inconvenientes que se introducen junto con las útiles en las cruces de trigo con especies silvestres afines como *Triticum tauschii*.

son cada vez más audaces en la manipulación del material genético, la naturaleza sigue siendo su mejor maestro. En el proyecto descrito a continuación, nuestros investigadores se basaron en esas enseñanzas para ampliar la variedad de los recursos genéticos disponibles para los fitomejoradores.

Desde el otoño de 1987, el personal del Programa ha trabajado para generar trigos harineros sintéticos con el fin de usarlos (1) como fuentes de resistencia o tolerancia a una serie de factores desfavorables y (2) en la identificación de marcadores genéticos moleculares. Esas líneas se llaman sintéticas porque se producen mediante un proceso que imita el cruzamiento natural -de trigo duro con una especie primitiva de gramínea (*Triticum tauschii*, antes *Aegilops squarrosa*)- que, en teoría, originó el primer trigo harinero. Se piensa que, en el caso natural, intervinieron pocos tipos de *T. tauschii*, lo cual otorgó una base genética relativamente estrecha a los trigos harineros originados en ese progenitor. No obstante, los investigadores del CIMMYT han producido unos 150 trigos sintéticos con una cantidad igual de progenitores *T. tauschii* diferentes, aprovechando así la variabilidad genética de esta especie.

En esta colección, nuestros científicos han identificado materiales con (1) buena resistencia a los agentes causales de diversas enfermedades, incluidos el carbón parcial, el tizón foliar causado por *Helminthosporium sativum* y la roña, (2) mayor tolerancia a factores abióticos desfavorables (por ejemplo, suelos salinos) y (3) altos grados de polimorfismo (identificados en el proyecto de biotecnología en colaboración con la Universidad de Cornell). Esta última

En el riego rodado, la distribución del agua disminuye a medida que aumenta la distancia de la fuente. Este sistema de riego puede modificarse para simular, con fines experimentales, los patrones de sequía de un determinado medio de producción y, de esta manera, efectuar la selección para obtener las características específicas que están relacionadas con la tolerancia a la sequía en ese medio. El método requiere la experimentación en múltiples sitios, con el fin de que los factores ambientales no manejables en las parcelas de las estaciones experimentales (como el tipo de suelo) puedan incluirse en la selección.

característica los hace especialmente útiles para la elaboración de mapas de RFLP. Por último, al enriquecer la variabilidad básica en el cereal, los trigos sintéticos resultarán una fuente valiosa de materiales para los fitomejoradores de los programas nacionales.

Mejoramiento para obtener tolerancia a la sequía

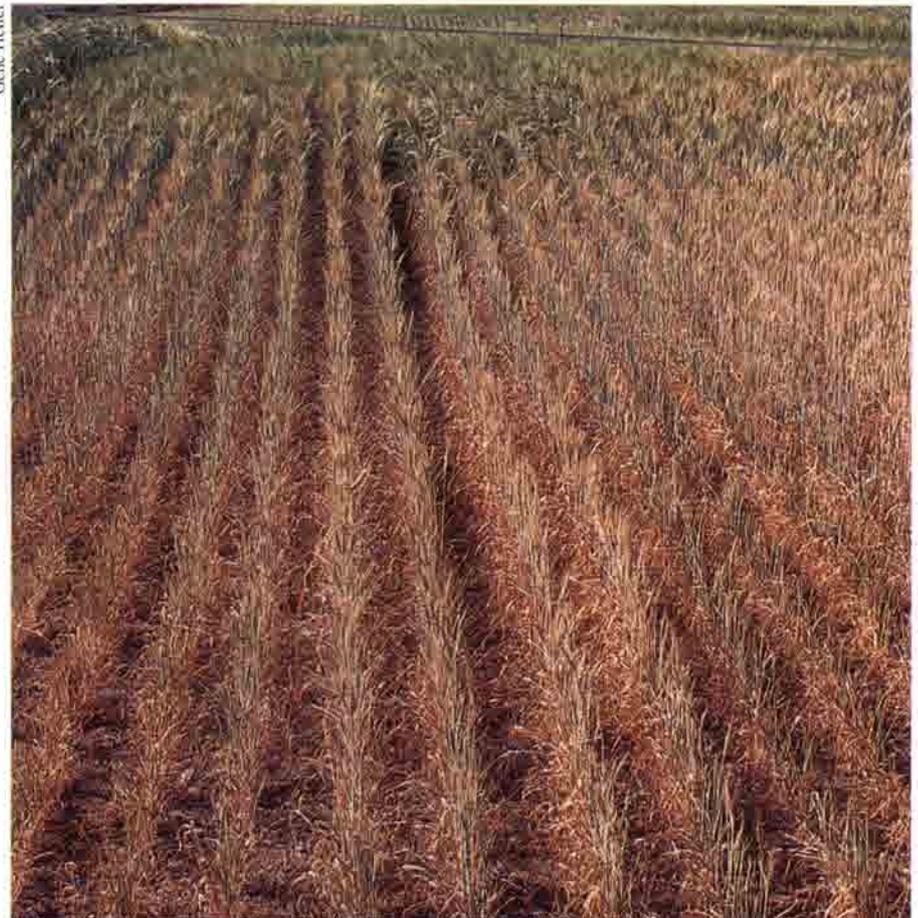
La productividad mundial del trigo se vincula directamente con la disponibilidad de agua y, en los países en desarrollo, los rendimientos medios en las zonas irrigadas son más de cuatro veces superiores a los obtenidos en las zonas de secano más áridas, donde promedian sólo 0.6 t/ha. Este hecho adquiere trascendencia si se tiene en cuenta que el 37% de la superficie sembrada con trigo en el mundo en desarrollo es semiárida y la falta de agua es la principal restricción de la producción. Tampoco es probable que disminuyan las tierras de secano en los países en desarrollo, ya que la desertificación devora millones de hectáreas cultivables cada año y el incierto suministro

de agua, los altos costos y los efectos secundarios nocivos han restringido la difusión del riego, o han obligado a reducirlo. Estos hechos, sumados en ciertos países a una tendencia a sembrar trigo en zonas donde no suele cultivarse, subrayan la importancia de generar germoplasma con tolerancia a la sequía.

La tarea no es fácil. Son numerosos y variados los factores que contribuyen a la sequía: el consumo y la distribución del agua, la humedad relativa, la estructura y el estado del suelo, la temperatura, las prácticas agronómicas, etc. Por tanto, es difícil incluso definir lo que constituye un medio de sequía. Además, los patrones de ésta varían mucho de un sitio a otro y, con el tiempo, en un sitio dado. Sin embargo, la meta del fitomejorador es desarrollar genotipos que sean más productivos con una cantidad fija de agua.

Metodología de selección para obtener tolerancia a la sequía. Esa meta ha sido, desde hace mucho, parte de nuestro trabajo fitotécnico, si bien inicialmente la buscamos más mediante la selección que

Gene Henel



con el mejoramiento. En el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigo Harinero de Primavera (ISWYN) y el Vivero Internacional de Selección de Trigos Harineros (IBWSN), ambos establecidos en 1964 y continuados hasta el momento, se expuso el germoplasma generado en condiciones óptimas a una serie de medios de selección, que incluían condiciones de sequía. A comienzos de los años 70, iniciamos la distribución mundial de materiales F₂ con progenitores de zonas áridas. La posterior adopción de variedades semienanas en muchas zonas de secano estimuló la creación del Vivero de Selección para la Tolerancia a la Sequía (DSN) en 1976.

De los ensayos al mejoramiento. La metodología anterior -mejoramiento en condiciones óptimas y ensayos para determinar la tolerancia a la sequía- generó una serie de variedades para zonas semiáridas (entre ellas: Marcos Juárez

INTA en Argentina, Kalyansona en la India, Gálvez-87 en México, Pavón-76 y Barani-83 en Pakistán y Sham-2 en Siria). Sin embargo, a comienzos de los años 80 la posibilidad de lograr un progreso aún mayor llevó a nuestros científicos a exponer las generaciones segregantes a la sequía. Empezamos preparando materiales para un mega-ambiente de sequía y utilizando una combinación de medios óptimos y de sequía para la selección y las pruebas. Se empleó el mejoramiento alternado, en el cual se alternan ciclos de selección en medios diferentes, para mejorar la adaptación específica y, por consiguiente, la adaptación general de los materiales.

En la actualidad, nuestra metodología se basa en el supuesto de que el rendimiento en condiciones de sequía y con grados favorables de agua se vincula con dos sistemas de genes que funcionan en forma independiente, y que los fitomejoradores

pueden seleccionar para cada uno de ellos por separado en el medio respectivo. Así, es posible obtener germoplasma eficiente en condiciones de sequía pero que responde a grados favorables de humedad. Para perfeccionar nuestros métodos, recientemente comparamos la eficiencia del mejoramiento en condiciones de sequía con la del mejoramiento en condiciones óptimas.

Comparación entre las metodologías usadas en condiciones de sequía y con riego. Nuestros científicos escogieron genotipos para el estudio de acuerdo con los criterios generales de selección y luego separaron en dos grupos semejantes la semilla F₃ de plantas F₂ individuales. Se efectuó luego la selección en generaciones sucesivas de cada grupo y en medios con distintas características de humedad (Figura 3). En 1988 y 1989, se evaluó el rendimiento de grano de las líneas avanzadas derivadas de las F₆ de los dos grupos, en condiciones de riego completo y de sequía extrema. Además, en ambos años se efectuaron pruebas con submuestras de cada grupo empleando gradientes uniformes de riego por aspersión. Los resultados confirman que es adecuado el mejoramiento en condiciones óptimas de humedad, como se efectuaba en el pasado. No obstante, parece posible incrementar la eficiencia combinando ese método con la selección para obtener características específicas que intensifiquen la tolerancia a la sequía. El riego por aspersión sería útil en este caso, ya que puede simular los patrones de sequía de las principales zonas que se desea beneficiar. Sin embargo, antes de iniciar la labor sobre las características, necesitamos descripciones de estas zonas, basadas en parámetros como los patrones de sequía y el rango de probabilidades, que pronostiquen la incidencia de la sequía con más precisión que los simples datos pluviométricos.

Los datos revelan que otros componentes de la tecnología agrícola mejorada -los fertilizantes, el control químico de plagas y enfermedades, etc.- son fundamentales para aumentar la productividad en las zonas áridas. No obstante, hasta que los agricultores de escasos recursos puedan disponer de esos insumos, el germoplasma mejorado seguirá siendo su mejor opción.

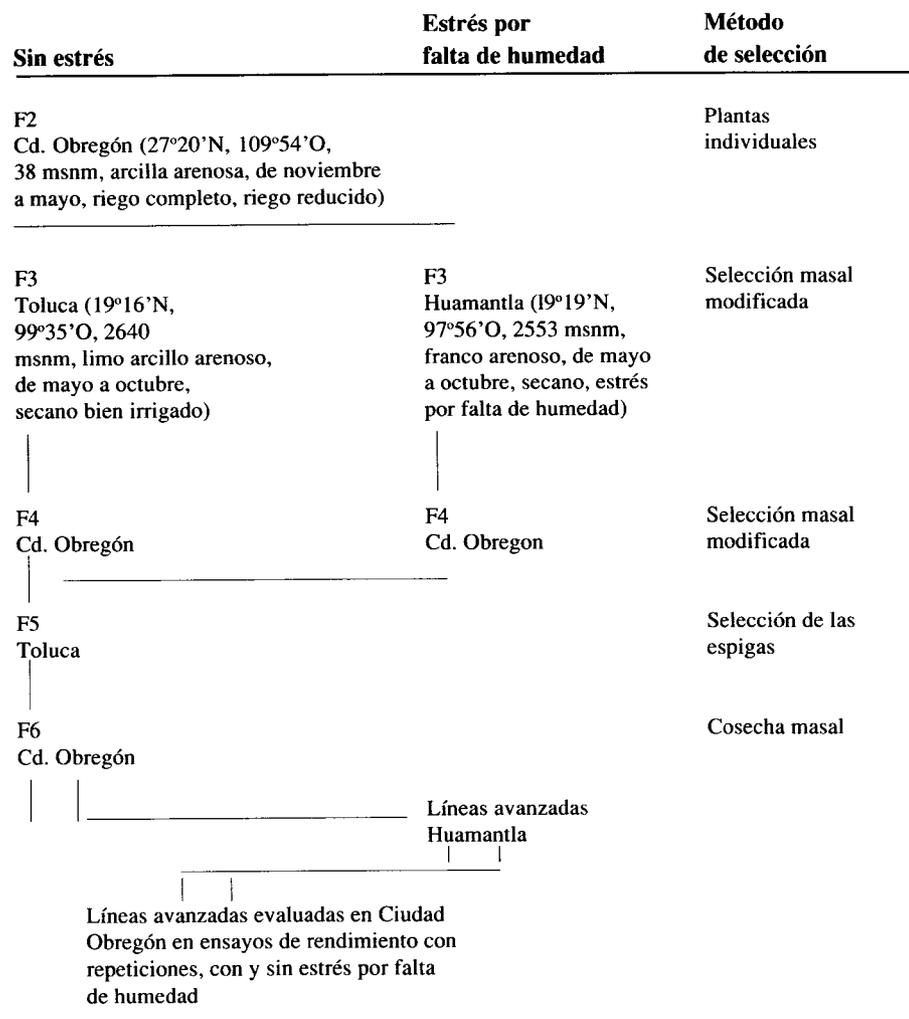
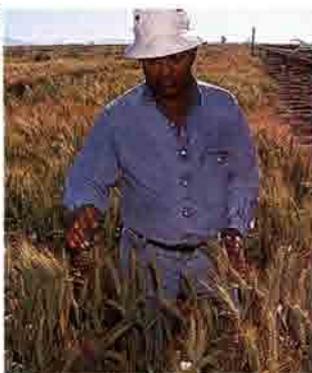


Figura 3. Metodología para la selección de trigo con y sin estrés por falta de humedad.

Panorama del Programa de Trigo

Thomas Luba



Mejoramiento de germoplasma (en la sede)

- Trigo harinero de primavera
- Trigo duro
- Triticale
- Cebada (ICARDA/CIMMYT)

El laboratorio de calidad industrial selecciona el material que posee las características de la calidad.

El sistema de viveros internacionales ensaya y distribuye el germoplasma a los colaboradores, junto con los análisis y la interpretación de las pruebas.

Mejoramiento de germoplasma (en las regiones)

- Trigo de invierno (en Turquía)
- Medios marginales cálidos (Paraguay y el sudeste de Asia)
- Trigo facultativo para el oeste de Asia y el norte de África (CIMMYT/ICARDA)
- Trigo harinero de primavera para las zonas áridas del oeste de Asia y el norte de África (CIMMYT/ICARDA)
- Trigo duro de primavera para las zonas áridas del oeste de Asia y el norte de África (CIMMYT/ICARDA)

Sergio Pastén



Recursos genéticos

El banco de germoplasma mantiene colecciones de base y activas de variedades, materiales para el mejoramiento y especies silvestres afines.

La unidad de cruza amplia efectúa la hibridación interespecífica e intergenérica para mejorar la resistencia y la tolerancia a factores bióticos y abióticos desfavorables.

La unidad de enriquecimiento del germoplasma incorpora características útiles en el germoplasma que se usa en el mejoramiento tradicional de trigo y triticale.

Sergio Pastén



Protección de los cultivos (en la sede)

La unidad de patología respalda la labor fitotécnica y realiza investigaciones epidemiológicas y sobre la interacción parásito/huésped, la variación de los patógenos y la genética de la resistencia a las royas, las enfermedades causadas por *Septoria* y *Hellinthosporium* y el enanismo amarillo de la cebada.

Protección de los cultivos (en las regiones)

- Roya lineal (Region Andina)
- Tizón foliar y tizón de la espiga (Paraguay)
- Vigilancia de las enfermedades (sur de Asia)

Sergio Pastén



Manejo de los cultivos (en la sede)

Apoya el manejo de viveros y estaciones, determina condiciones para la selección, efectúa ensayos en fincas, realiza investigaciones sobre la fisiología, el manejo agronómico y la patología en condiciones desfavorables, e investiga el manejo agronómico de materiales nuevos generados mediante el mejoramiento.

Manejo de los cultivos (en las regiones)

- Programa bilateral (Bangladesh)
- Agronomía del trigo (Paraguay)
- Agronomía del trigo (este de África)
- Rotación trigo/arroz (sur de Asia)

Gene Hetzel



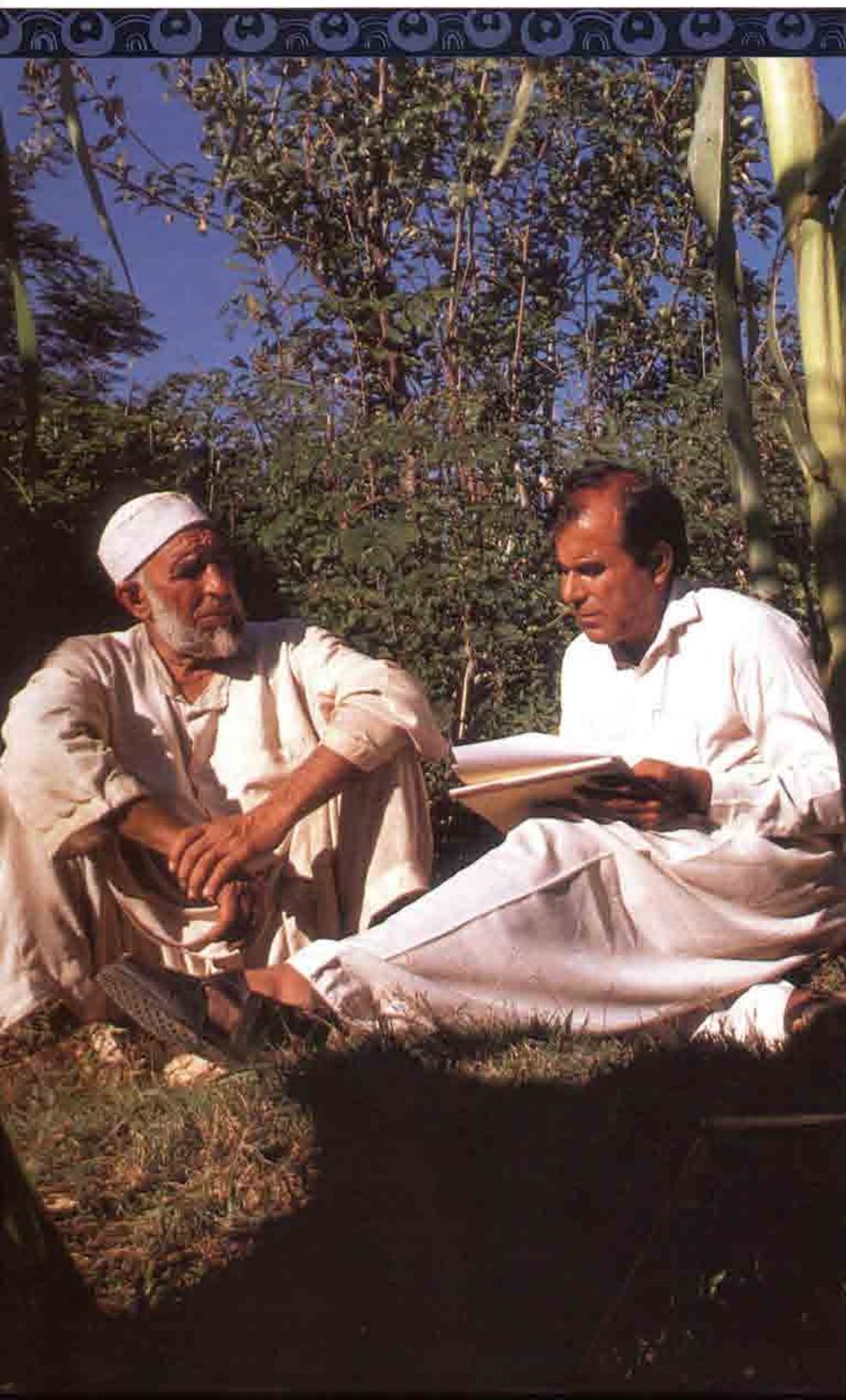
Capacitación (en la sede)

Incluye cursos de capacitación en servicio sobre mejoramiento, manejo de los cultivos, patología y manejo de estaciones experimentales, así como becas para científicos visitantes y de predoctorado y posdoctorado.

Capacitación (en las regiones)

Abarca seminarios, cursos y asesoramiento directo.

Investigación de economía



Cuando los primeros economistas regionales del CIMMYT fueron enviados a Asia, Africa y América Latina a fines del decenio de los 70, rara vez encontraban a otros profesionales de las ciencias sociales en los programas nacionales de investigación agrícola. Nuestros economistas se especializaron en la investigación en fincas - colaboraban en proyectos, elaboraban métodos y ofrecían capacitación, principalmente a los agrónomos.

A fines de los años 80, las condiciones de las regiones han cambiado como resultado del establecimiento de la capacidad para efectuar investigación en fincas (IEF) y sobre los sistemas de cultivo en muchos programas nacionales. El énfasis del Programa de Economía en la capacitación y el asesoramiento sobre la IEF puede ahora trasladarse al perfeccionamiento de los métodos de dicha investigación y a la exploración de otros aspectos, a menudo en colaboración con especialistas en las ciencias sociales, cuyo número es ahora mayor en los programas nacionales.

Para avanzar con una perspectiva nueva de las tareas inmediatas, en 1989 el Programa comenzó a sintetizar la labor realizada hasta el momento en varias áreas, incluida la IEF. En las secciones siguientes se analizan ese proceso y algunos de nuestros principales proyectos de investigación.

Síntesis de las experiencias en la IEF

En este año, varios estudios de la IEF reunieron y evaluaron los resultados de la investigación, indicaron las posibilidades de mejorar el método de la IEF y señalaron las ventajas que se obtendrían fortaleciendo la capacidad de efectuar la IEF en los programas nacionales. Varios años de IEF efectuada por investigadores de Pakistán en colaboración con personal del CIMMYT, constituyeron la base de un libro que describe los principales sistemas agrícolas de Pakistán y establece las prioridades de la investigación en esos sistemas. En Etiopía, la IEF ha sido una fuente generosa de datos a nivel de fincas que, una vez recopilados y analizados, han proporcionado una visión más clara de los factores socioeconómicos que limitan la producción de maíz y trigo en todo el país.

Una mejor orientación de la IEF en México. Desde 1983, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México, con la colaboración del Centro para la Cooperación Internacional en Investigaciones Agronómicas para el Desarrollo de Francia (CIRAD), ha efectuado la IEF sobre el maíz en condiciones de secano en cinco sitios de zonas bajas tropicales. Los resultados obtenidos en las cinco zonas estudiadas fueron revisados en 1989 para

determinar si el método de la IEF había tenido éxito y podía beneficiar a más agricultores si fuera aplicado en una escala más amplia. La IEF es uno de los métodos para aumentar la producción agrícola que el INIFAP evalúa.

En las zonas estudiadas en la IEF, los fertilizantes, las variedades mejoradas de maíz, los herbicidas, insecticidas y tractores habían sido adoptados en un grado mayor que el promedio nacional, pero los rendimientos del maíz estaban casi estancados. Al avanzar la IEF, los investigadores descubrieron problemas, en su mayoría agronómicos y antes no detectados, que reducían la eficacia de los insumos usados por los agricultores para cultivar el maíz. Por ejemplo, en La Fraylesca, estado de Chiapas, los rendimientos de maíz eran limitados por los suelos ácidos, la escasa materia orgánica en el suelo, el apelmazamiento de éste y la maleza.

Entre 1984 y 1988, los investigadores ensayaron diversas soluciones tecnológicas para los problemas más importantes diagnosticados. Después de comparar la diferencia entre el aumento observado en el rendimiento con cada tecnología y el aumento necesario para recuperar la inversión de los agricultores en la tecnología, parece que las opciones más promisorias para los agricultores de La Fraylesca son el encalado y un herbicida nuevo; los productores de las otras zonas se beneficiarían con la adopción de variedades tolerantes a la sequía y de madurez temprana, y con el tratamiento de semilla contra los insectos del suelo (Cuadro 6).

La experiencia de los investigadores en La Fraylesca y en las otras zonas estudiadas demuestra que el problema de aumentar la producción de maíz es tanto institucional como técnico. El sistema de investigación se beneficiaría con la elaboración de mecanismos más eficaces para diagnosticar los problemas de los agricultores en sitios específicos de las principales regiones productoras de maíz, la fijación de prioridades para la investigación orientada a resolver esos problemas y el diseño de soluciones tecnológicas adecuadas. La producción mexicana de maíz tendrá que aumentar en un 25-33% para satisfacer el incremento de la demanda previsto entre 1987 y

2000. Como se dispone de muy pocas tierras nuevas en las que sea redituable el cultivo del maíz, la mayor parte de ese aumento sólo puede obtenerse mejorando los rendimientos.

Los proyectos que describimos confirman ampliamente la idoneidad de la IEF para resolver los problemas de producción de los agricultores y, si se puede repetir a nivel nacional el éxito logrado, para prevenir las disminuciones en la autosuficiencia de maíz. Sin embargo, para abordar problemas que limitan cada vez más los rendimientos, como la decreciente fertilidad del suelo y el uso ineficaz del agua, la IEF tendrá que avanzar más allá de la investigación de mera adaptación hacia la investigación agronómica aplicada. El éxito depende también de capacitar más investigadores en la práctica -no sólo en la teoría- del método de la IEF.

Una IEF más eficaz en el sur de Africa. En una escala aún más amplia, el examen de la IEF en el sur de Africa incluyó a tres grupos de productores, cada uno con su conjunto característico de prácticas de producción: los grandes agricultores comerciales, los agricultores en mediana escala que usan animales de tiro para las principales operaciones agrícolas y los pequeños productores, los campesinos que cultivan a mano. Se examinó cuánto ha progresado la IEF en la reducción de las restricciones afrontadas por cada grupo de productores y se determinó el tipo y la dimensión de los aumentos de la producción obtenidos.

Por ejemplo, tradicionalmente se han establecido las prácticas de la producción de maíz y las cantidades de insumos suponiendo que los agricultores sembrarán tempranamente, pero la IEF reciente ha revelado que muchos agricultores del sur de Africa se ven obligados a sembrar tardíamente y obtienen reducidos rendimientos de grano. Los resultados de esta investigación indican que queda mucho por hacer en la generación de germoplasma de maíz y de prácticas específicas para la siembra tardía.

En el estudio de la IEF en el sur de Africa se concluye que, si bien ésta ha aumentado los conocimientos de las circunstancias de los agricultores, aún es

limitado el efecto sobre la producción de maíz en esa región. Como en el caso de los proyectos de IEF en México, este estudio señala que el método de solución de problemas iniciado por la IEF incrementará su potencial si se integra por completo con la investigación aplicada en estaciones experimentales y la extensión, y si se puede mejorar la calidad de la labor de diagnóstico y de fijación de prioridades.

Labor futura de la IEF. En conjunto, estos exámenes de la IEF han dado al Programa de Economía una perspectiva más clara de dónde concentrar sus energías al desarrollar y evaluar tecnologías para el maíz y el trigo. En un futuro cercano, continuaremos

sintetizando lo que se ha logrado en la IEF, fomentando una mayor precisión en la ejecución de las investigaciones, estimulando estudios a fondo de la adopción y la difusión y efectuando IEF para incluir la perspectiva de los agricultores en el diseño, evaluación y uso de la tecnología. También realizaremos más estudios a largo plazo en las fincas para analizar las tecnologías que contribuyen a conservar los recursos, y estudios de los casos en que los agricultores parecen haber adoptado ya esas tecnologías. Se han propuesto investigaciones en Haití y El Salvador con el propósito de adquirir la experiencia que nos permita decidir cómo podemos contribuir mejor en las investigaciones a

largo plazo sobre la productividad y el mantenimiento de los sistemas de cultivo usados por los pequeños agricultores.

Exploración de asuntos relacionados con la generación de variedades

Con frecuencia creciente, se solicita al Programa de Economía que investigue muchos aspectos relacionados con la generación de variedades, incluyendo su utilización, las pérdidas económicas provocadas por las enfermedades y los métodos de control. Un estudio de la utilización del triticale efectuado en 1988 y 1989 entre pequeños agricultores del estado de Michoacán, México, ha revelado que el triticale es adoptado por agricultores que disponen de poco terreno pero que aumentan su ganado. Estos agricultores valoran el triticale básicamente como alimento para los animales y no como grano alimentario que sustituya al trigo. Este resultado indica la necesidad de otras investigaciones sobre el potencial del cultivo del triticale por pequeños agricultores para alimentar a los animales. En los próximos cinco años, el Programa de Economía espera investigar la utilización del triticale y pasar la información obtenida al Programa de Trigo, tal vez complementando la labor en México con estudios en otras zonas donde los pequeños agricultores cultivan triticale.

En 1989, el INIFAP y el Programa de Trigo del CIMMYT realizaron un estudio de las pérdidas económicas provocadas por el carbón parcial (*Tilletia indica*) del trigo en México. La estimación de los costos vinculados con el carbón parcial en el noroeste de México (la zona más afectada) en un año promedio hace posible determinar (1) los recursos que deben asignarse al desarrollo de trigo resistente al carbón parcial y (2) el nivel apropiado de inversión en medidas para impedir que la enfermedad se propague a otras zonas productoras del cereal en México. Esta labor fue seguida por encuestas en campos en los estados de Sonora y Sinaloa, para determinar si el carbón parcial se relaciona con prácticas específicas de manejo tales como la rotación de cultivos o el empleo de fertilizantes.

Cuadro 6. Aumentos observados del rendimiento a partir de componentes tecnológicos usados en el maíz de secano e incrementos necesarios para recuperar las inversiones de los agricultores, en sitios de la investigación en fincas, México, 1984-1987.

Sitio y componente	Superficie cultivada con maíz (%)	Incremento mínimo del rendimiento, necesario para cubrir los costos ^a (t/ha)	Aumento observado del rendimiento (t/ha)
Zonas favorables			
La Fraylesca, Chiapas			
Encalado (2 t/ha cal)	40	1.2	+3.3 ^b
Herbicida (glifosato 3 L/ha)	32	0.5	+0.9 ^c
Subsoleo, labranza cero	No determinado aún	0.0	-0.9
La Huerta, Jalisco			
Tratamiento de la semilla (Furadán, 300 ml)	87	0.1	+0.3
Variedad tolerante a la sequía (OBS 8349x8332)	50	0.1	+0.8
Zonas marginales			
Tierra Caliente, Guerrero			
Variedad V-455	78	0.1	+0.6
Tratamiento de la semilla (Furadán 300 ml)	50	0.1	+0.7
Hopelchen, Campeche			
Variedad tolerante a la sequía (OBS 8349x8332)	80	0.1	+0.7

Fuente: Hibon, A. 1990. Las fuentes de crecimiento de la producción de maíz de temporal en México: ¿Hacia una investigación agronómica más estratégica? Mexico: CIMMYT. (De próxima aparición).

- a Incremento mínimo del rendimiento, necesario para que la inversión en el componente sea redituable (incluye el costo del capital).
- b Se incluyen los efectos residuales para tres años.
- c No se incluyen los efectos residuales.

Estimación de los beneficios de la investigación

Reunir información sobre problemas particulares como el carbón parcial es una forma de orientar las difíciles decisiones de la asignación de recursos. Otra manera de dar a los administradores un mejor conocimiento de cuáles actividades probablemente lograrán mejor sus objetivos es proporcionarles información sobre los resultados de tipos específicos de investigación.

Muchos estudios confirman los efectos de los programas fitotécnicos eficientes, pero se han hecho muy pocos intentos de determinar los probables beneficios de la investigación sobre el manejo de los cultivos. En 1989, el Programa concluyó un estudio de los beneficios producidos por la investigación del manejo de los cultivos efectuada durante años por los

científicos del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO) en el valle del Yaqui en México. La agricultura sumamente comercial de ese valle es atípica de gran parte de la producción en el Tercer Mundo y ha sido fortalecida por fuertes nexos con un activo sistema de investigación y los servicios de extensión. Esos nexos fueron importantes para establecer las relaciones causales entre la elaboración, la recomendación y la consiguiente adopción de las prácticas de manejo de los cultivos.

El estudio encontró que todos los beneficios obtenidos con la investigación sobre el manejo de los cultivos realizada por científicos del CIANO durante 10 años fueron generados por la difusión de sólo dos innovaciones: la siembra de trigo en camas elevadas y el control de plagas integrado. Estas prácticas originaron grandes aumentos por hectárea en los ingresos netos de los

agricultores que las adoptaron, y consistían en cambios técnicos relativamente complejos en el manejo de los cultivos. A partir de esos resultados, se podría concluir que los beneficios producidos por esa investigación innovadora serán altos en zonas como el valle del Yaqui, donde los agricultores ya se han beneficiado con la adopción de variedades de alto rendimiento, el empleo de fertilizante y el acceso al riego. Las utilidades reales estimadas de la inversión en la investigación del manejo de los cultivos fueron superiores al 20%, un porcentaje comparable a las estimaciones de las utilidades producidas por los programas fitotécnicos. Si los programas nacionales expresan su interés por esta cuestión, en el futuro el Programa de Economía colaborará en estudios de los beneficios de la investigación sobre el manejo de los cultivos en otras situaciones. Esos estudios ofrecerán la oportunidad de ensayar en condiciones más difíciles la metodología elaborada en el estudio del valle del Yaqui.

Numerosos estudios confirman el efecto de los programas fitotécnicos eficaces, pero se han hecho pocos intentos de revelar los posibles beneficios de la investigación del manejo de los cultivos.

Análisis del sector de productos y de las políticas

Junto con los estudios de la eficiencia y los efectos de ciertos tipos de investigación, los estudios de las economías del maíz y el trigo, a nivel nacional o mundial, se vuelven esenciales para tomar las decisiones de la investigación en el CIMMYT y los programas nacionales. A causa de las reformas de las políticas realizadas como parte de los programas de ajuste estructural en los años 80, en muchos países se producen modificaciones considerables en los precios relativos del trigo y del maíz, la oferta y la demanda. Esos cambios tendrán repercusiones importantes en los sistemas de investigación agrícola en los 90.

En 1989, el personal de los Programas de Maíz y de Economía del CIMMYT contribuyó a la preparación de Hechos y

Los economistas del CIMMYT reúnen y analizan datos de la producción, la utilización y el comercio del maíz y el trigo con el fin de comprender las tendencias (como la autosuficiencia variable en la producción de trigo de una región) que pueden influir en las prioridades de la investigación futura.



Thomas Laba

tendencias mundiales relacionados con el maíz, de próxima aparición, el cual presenta un informe especial sobre el maíz en Africa al sur del Sahara, redactado en colaboración con el Instituto Internacional de Agricultura Tropical. Este es un informe completo de la producción de maíz, las tendencias de su utilización, las tecnologías, los patrones de consumo y los factores que más limitan su producción. Después de evaluar las posibilidades de aumentar la producción y de tomar nota de las prioridades en la investigación, concluimos que, entre todos los cultivos en Africa al sur del Sahara, el maíz parece tener el mayor potencial para

revitalizar la producción de alimentos. Reconocemos que no será fácil realizar ese potencial; se requerirán mejores investigaciones a nivel de finca para identificar las restricciones más importantes de la producción, elaborar tecnologías y políticas capaces de resolverlas y efectuar una investigación macroeconómica adicional con el fin de ayudar a formular políticas para el manejo de la producción, el consumo y el comercio.

El personal del programa nacional de Paraguay y un economista del CIMMYT realizaron otro estudio sobre la producción, el consumo y la

comercialización del maíz en ese país, con el propósito de establecer una base para elaborar una estrategia nacional de investigación de maíz. El estudio ha mostrado que el sistema de comercialización del maíz en Paraguay está más desarrollado de lo que se piensa. Una encuesta en los mercados de maíz reveló un sistema complejo que incluye varios intermediarios y canales definidos de comercialización (Figura 4).

Capacitación

A medida que nuestra labor en la IEF se modifica para abordar aspectos metodológicos y que otras personas se preparan para ofrecer el tipo de capacitación que nosotros brindábamos antes, el Programa de Economía espera expandir sus cursos para reflejar la gama más amplia de sus investigaciones y satisfacer mejor las necesidades de los profesionales de las ciencias sociales en los programas nacionales. Actualmente, el personal del Programa, en colaboración con colegas de otros centros internacionales, programas nacionales y universidades, continúa ofreciendo cursos en diversas áreas, desde los elementos básicos de la IEF a temas especiales para los profesionales de las ciencias sociales. En 1989, recibimos a tres científicos visitantes más. Kofi Marfo, A.A. Dankyi y Henry Dakurah del Proyecto de Desarrollo de Cereales en Ghana, quienes vinieron a la sede para analizar los resultados de los estudios sobre la adopción. Regresaron a Ghana para planear un estudio más amplio de la difusión de la tecnología del maíz.

El Programa continúa documentando su experiencia en la capacitación de investigadores en el método de la IEF. En los últimos 10 años, en muchas regiones del mundo hemos auspiciado cursos por convocatoria sobre la IEF, en los que los participantes se reúnen periódicamente durante uno o más ciclos para llevar a cabo etapas sucesivas de la IEF. Este año, tres miembros de nuestro personal evaluaron la capacitación mediante el sistema por convocatoria en un trabajo que se publicará en 1990. Una síntesis de nuestra labor en esta área será útil para quienes adiestran al personal nacional de investigación y extensión en los métodos de la IEF.

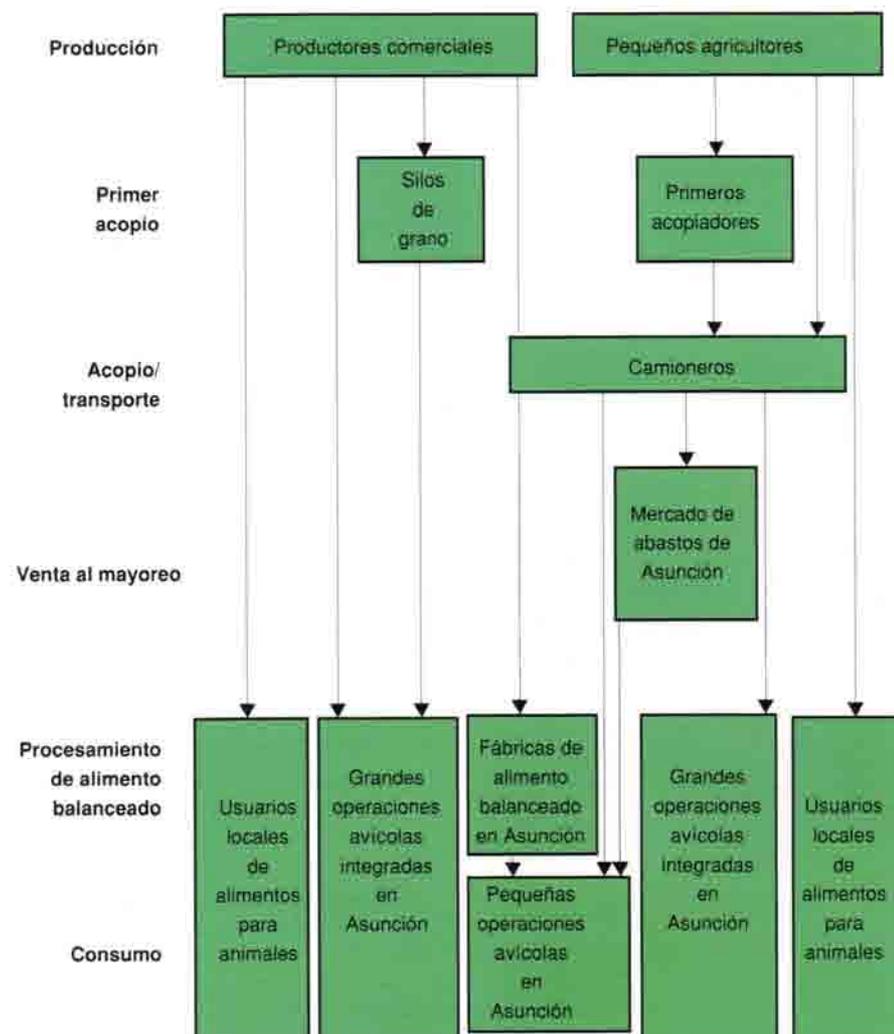


Figura 4. Principales canales de comercialización en Paraguay del maíz amarillo con que se fabrica el alimento para los animales y que constituye la mayor parte del maíz que se vende.

Panorama del Programa de Economía

El personal en la sede y el de los programas regionales y bilaterales pueden asignar su tiempo en forma diferente entre las tres áreas principales de trabajo del Programa, pero todos los miembros del personal contribuyen a cada área. Los economistas regionales que trabajan en América Central y el Caribe, el este y el sur de África, y el sudeste de Asia, tienen la misión especial de concentrarse en

investigaciones regionales particulares y en las necesidades de capacitación. El personal asignado a los programas bilaterales con Haití, México y Pakistán colabora estrechamente con los biólogos y los especialistas en ciencias sociales de esos países con el fin de fortalecer a los sistemas nacionales de investigación en el área de las ciencias sociales.

Sergio Pastén



Creación y evaluación de tecnologías

Estas investigaciones incluyen: (1) Crear nuevas tecnologías, evaluar si son apropiadas para las circunstancias de los agricultores y contribuyen a conservar los recursos, y evaluar la adopción por los agricultores; (2) efectuar estudios de las políticas que afectan el uso eficiente de la tecnología a nivel de fincas. Un producto importante de este trabajo son los métodos y análisis que los programas nacionales pueden usar al crear y evaluar tecnologías.

Thomas Luba



Asignación de los recursos para la investigación y efectos de ésta

La necesidad de criterios y de una justificación para la asignación de recursos en los programas nacionales y en el CIMMYT ha dado gran importancia a la obtención de información y de métodos para establecer las prioridades de la investigación y documentar los efectos de ésta sobre la productividad y la distribución de los ingresos.

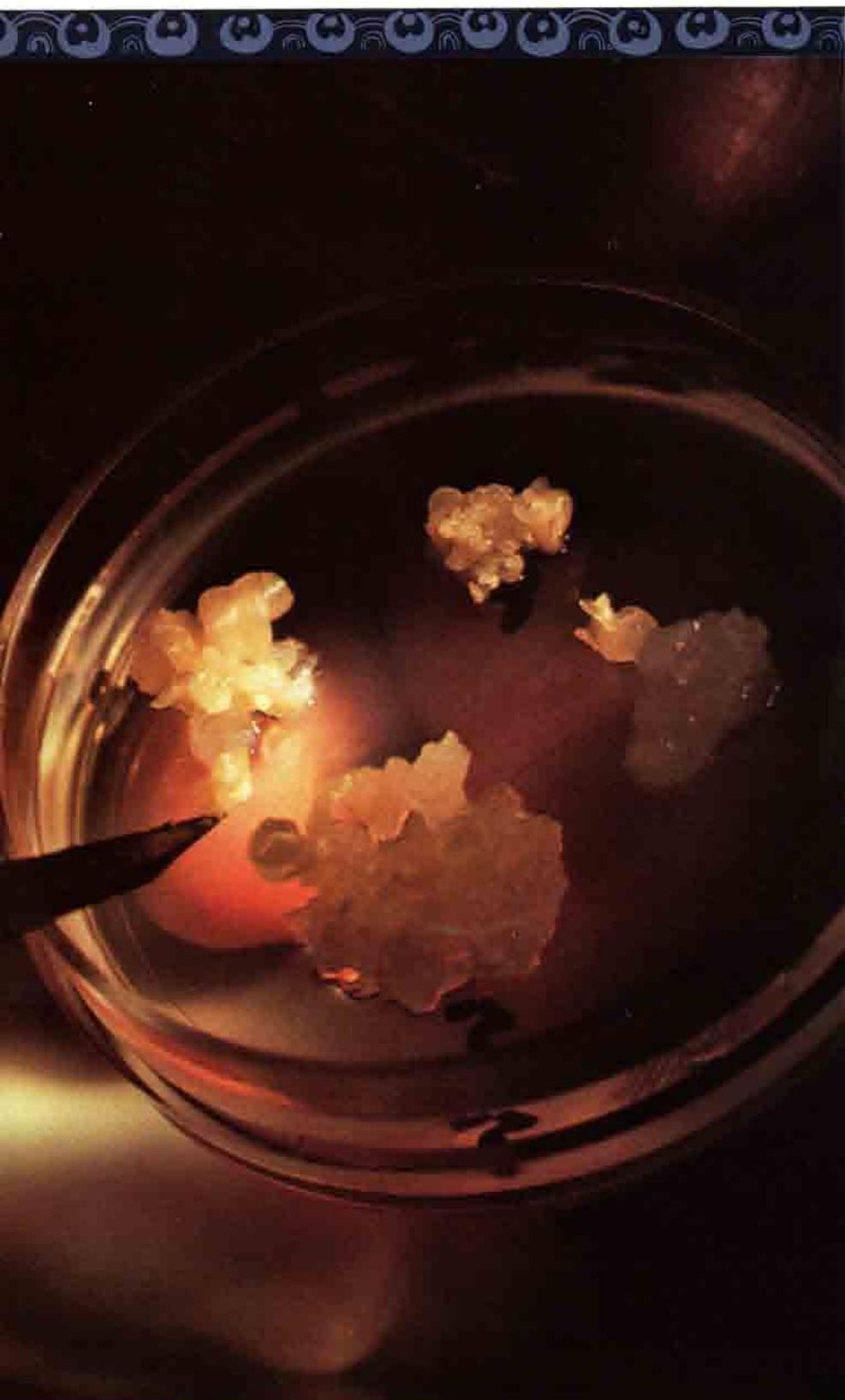
Thomas Luba



Análisis del sector de productos y de las políticas

Los análisis del sector de productos cubren todos los aspectos de las tendencias a largo plazo en los precios, la oferta y la demanda del trigo y el maíz, incluida la influencia de las políticas, que influyen en la toma de decisiones para la investigación agrícola, ya sea en el CIMMYT o en los programas nacionales.

Servicios de apoyo



Son muy variadas las actividades de los servicios de apoyo del CIMMYT, que abarcan desde la evaluación de la utilidad para el fitomejoramiento de los métodos de la biotecnología hasta la preparación de los campos de siembra en las estaciones experimentales. Sin embargo, hay una serie de hebras comunes en la trama de lo que puede parecer una colcha hecha de parches.

Quizá una de las características más interesantes sea la evolución constante y consciente de las unidades de apoyo para mantenerse a la par de la cambiante concepción de la función y prioridades del Centro. Esta evolución es consecuencia de que las unidades identifican y fomentan, en sus respectivas áreas de competencia, procedimientos nuevos y útiles para que los programas de investigación generen sus materiales y servicios. Como se trata de una relación recíproca, los colegas de los programas en ocasiones devuelven el favor identificando y promoviendo estrategias y métodos mejorados para las actividades de respaldo. Las actividades que se destacan a continuación ilustran ambos tipos de colaboración, así como la transformación gradual y deliberada de los servicios de apoyo en respuesta a los asuntos más importantes que conforman la perspectiva del CIMMYT.

Investigación conjunta en biotecnología

Con el fin de proporcionar a sus fitomejoradores instrumentos para intensificar la eficiencia de su labor, el CIMMYT participa en dos proyectos conjuntos vinculados con la tecnología de los polimorfismos por fragmentos de longitud restringida (RFLP).

En la Universidad de Cornell, Nueva York (EUA), se inició un proyecto especial por tres años con el propósito de obtener un conjunto de sondas para los genomas del trigo y la cebada, con fondos del Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR) y el gobierno de los Países Bajos. El mapa de ligamientos y las sondas resultantes ayudarán al Programa de Trigo a identificar y combinar genes útiles provenientes de distintas variedades y a seleccionar para eliminar genes e interacciones génicas no deseados. Los investigadores también evaluarán importantes variedades de trigo y triticale del CIMMYT con la esperanza de localizar factores de resistencia significativos en el genoma del trigo.

El Programa de Maíz participa en la labor efectuada en la Universidad de Missouri (EUA) con el fin de utilizar los RFLP para identificar áreas del genoma vinculadas con la resistencia de los

materiales del CIMMYT a varias especies del barrenador del maíz, la principal plaga del cereal en las regiones tropicales. El proyecto, patrocinado por el gobierno de los Países Bajos, incluye la selección de 80 líneas del CIMMYT y constituye en parte el aporte del Centro a la red europea de investigación de los RFLP. Otro proyecto, financiado por la Fundación Rockefeller, es una actividad en colaboración con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional de México (IPN) para identificar marcadores RFLP vinculados con la tolerancia a la sequía.

En 1990, estará funcionando el laboratorio de biotecnología del CIMMYT, cuyo trabajo inicial se centrará en el empleo de marcadores moleculares para analizar los genomas del maíz, el trigo, especies de *Tripsacum* (parientes silvestres del maíz), el centeno y especies afines. Nuestros científicos producirán tecnologías que permitan hacer mejor uso de esos marcadores en la detección de fragmentos específicos. Las actividades proyectadas incluyen la obtención de métodos no radiactivos de detección, mayor eficiencia del manejo de las muestras y el diseño de programas de computación para ayudar a los fitomejoradores a evaluar los datos obtenidos en las investigaciones de genética molecular.

Para apoyar la futura labor de biotecnología y abordar varios problemas inmediatos de los programas, las unidades de cruza amplias de trigo y de maíz investigan técnicas para generar plantas viables a partir de tejidos vegetales normalmente no reproductores y de embriones no viables. La técnica, llamada cultivo de tejidos, se aplica para investigar en el trigo las transferencias de genes extraños (inducidas en callo), las translocaciones genómicas, la producción de polihaploides, la variación somaclonal y la selección para obtener la tolerancia a suelos salinos y con toxicidad por aluminio. Se espera que un proyecto que incluye estudios sobre medios adecuados de cultivo para el triticale resulte útil en la producción de triticales primarios y recombinantes. En el maíz, la investigación se concentra en determinar la eficacia del cultivo de callos y la regeneración de plantas en varias líneas endogámicas del Programa.

Labranza de conservación en parcelas de mejoramiento

La preocupación reciente por la conservación agroecológica en la agricultura ha llevado a una amplia reevaluación de la tecnología para la preparación del suelo. La labranza de conservación ha surgido como una alternativa adecuada en muchos medios de producción, pero se ha utilizado menos en las parcelas de experimentación. Ahora, en las estaciones experimentales del CIMMYT se estudia la viabilidad de su aplicación y, si bien se requieren más investigaciones, los resultados obtenidos hasta el momento son satisfactorios.

El personal de la estación de El Batán completó recientemente cuatro años de ensayos en una sola parcela usando dos variedades de maíz (una híbrida y otra de polinización libre) para comparar las prácticas de labranza tradicionales con las de conservación usando distintos tratamientos con fertilizante. Cuando aumentaron las cantidades de nitrógeno, los rendimientos con la labranza de conservación fueron superiores a los obtenidos mediante la preparación tradicional de la tierra y, además, el acame fue sistemáticamente menor. En ensayos similares efectuados este año durante dos ciclos en la estación de Poza Rica, los rendimientos de maíz fueron más o menos semejantes con los dos sistemas de labranza.

De acuerdo con los resultados preliminares de estos estudios, dos científicos del CIMMYT que trabajan con poblaciones de maíz basadas en materiales adaptados a zonas altas, sembraron algunos de sus ensayos de 1989 en El Batán, usando la labranza de conservación.

Son varias las posibles ventajas de emplear este método para los experimentos en las estaciones:

- El menor número de operaciones de cultivo facilita la oportunidad y la eficiencia de los experimentos.
- Es considerable el ahorro de maquinaria, instalaciones, insumos, uso de agua y mano de obra.
- Se reduce la erosión y mejora la estructura del suelo, lo que prolonga la vida operativa de la estación.

Se requieren extensas investigaciones interdisciplinarias para aclarar interrogantes en cuanto a los efectos a largo plazo de la labranza de conservación sobre las plagas, las enfermedades y la maleza, y para determinar si ese tipo de labranza es apropiado para las parcelas experimentales donde se cultiva trigo solo o en rotación con el maíz. El interés por este método de labranza para el fitomejoramiento se manifiesta en la creación o adquisición de equipo por el Centro: el personal de las estaciones experimentales ha diseñado y construido una pequeña sembradora directa de hilera que puede usarse para la labranza cero en los campos de experimentación, o ser empleada por los agricultores en los países en desarrollo; el Programa de Maíz ha adquirido una sembradora de cuatro hileras para usarla, entre otras cosas, en un sistema de labranza de conservación en las parcelas experimentales.

El uso de la labranza de conservación en los campos de las estaciones experimentales sería una innovación valiosa para un centro internacional como el CIMMYT. Sin embargo, a los programas fitotécnicos de escasos recursos en los países en desarrollo les puede convenir aún más examinar la idoneidad de esta tecnología para sus condiciones.

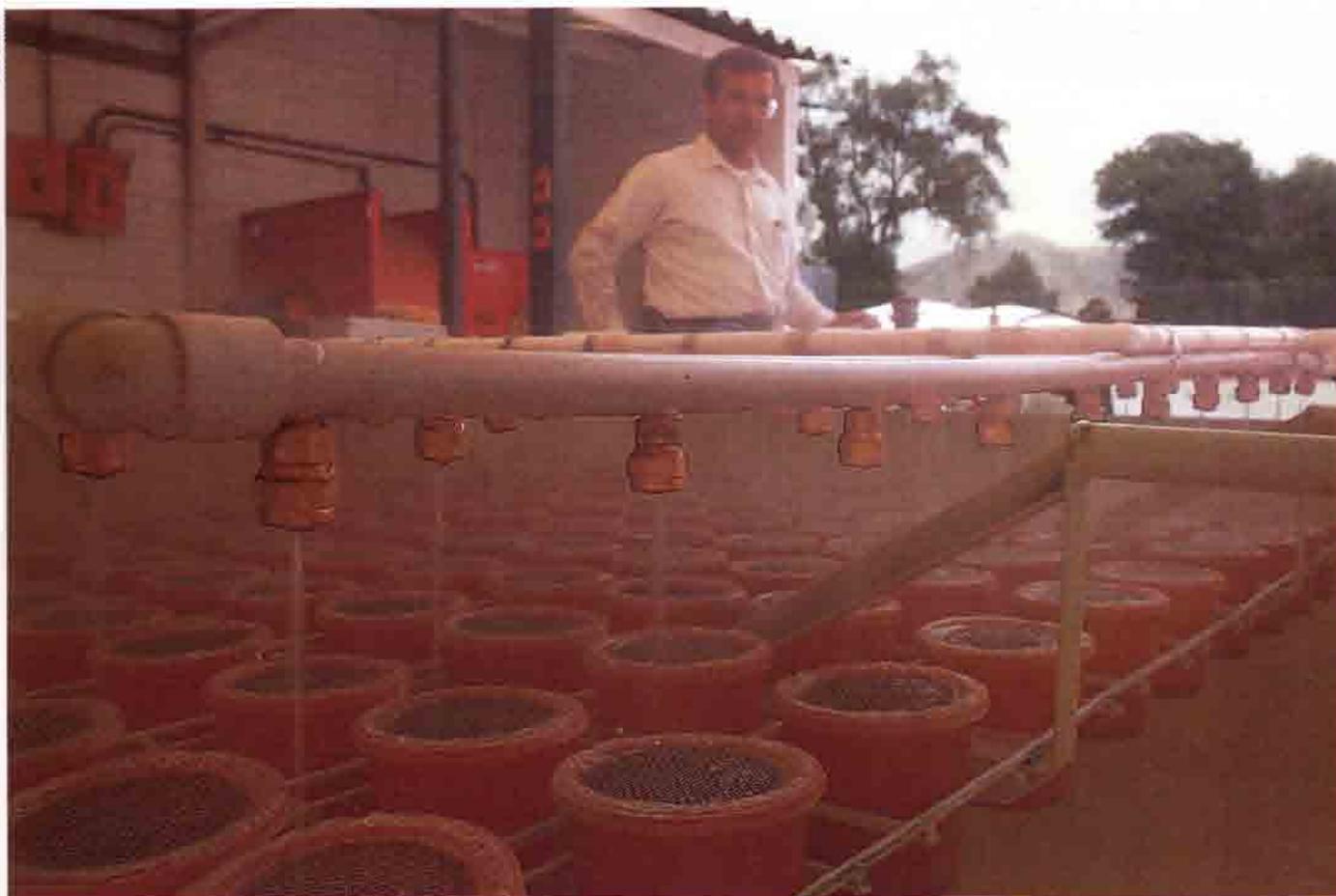
Un tratamiento sencillo para el carbón parcial

El libre intercambio de germoplasma en beneficio de los agricultores de todo el mundo es una función importante de instituciones como el CIMMYT, y depende en gran medida de la confianza de los colaboradores en la calidad y la sanidad de la semilla que reciben. Como parte de nuestros esfuerzos para conservar esa confianza, la Unidad de

Sanidad de Semillas desarrolla un tratamiento sencillo y poco costoso que garantice que la semilla distribuida por el Centro está exenta del carbón parcial (*Tilletia indica*), una enfermedad para la cual existen disposiciones cuarentenarias que pueden afectar seriamente el movimiento mundial de la semilla de trigo.

El tratamiento incluye lavar la semilla, sumergirla en una solución cuyo ingrediente activo es el hipoclorito de sodio y secarla. Si bien continúan las investigaciones para perfeccionar el procedimiento, los experimentos indican que el tratamiento podría quitar o destruir todas las teliosporas de *T. indica* presentes en la superficie de semillas no infectadas. El personal de las estaciones experimentales colabora con la Unidad de Sanidad de Semillas en el diseño y ensayo de sistemas para tratar semillas en las cantidades requeridas por el Programa de Trigo.

TIFF Harris



Un tratamiento nuevo ideado por el personal del Centro que utiliza una solución de hipoclorito de sodio y detergente y el secado al aire para remover o destruir las teliosporas de *Tilletia indica*, asegurará que la semilla enviada por el CIMMYT satisfaga las disposiciones fitosanitarias estrictas respecto al carbón parcial.

Panorama de los servicios de apoyo

Tiff Harris



Estaciones Experimentales

Supervisan las operaciones de campo en unas 800 ha correspondientes a varias estaciones de investigación y otros sitios de experimentación.

Sergio Pastén



Unidad de Biometría

Proporciona apoyo matemático y estadístico a los investigadores de los programas en el diseño de los ensayos y el análisis de los resultados.

Servicios de Información

Ayudan al personal en la comunicación de los resultados de la investigación, facilitan el acceso a los resultados de investigaciones externas, elaboran materiales didácticos y apoyan a la administración en su función informativa.

Sistemas y Servicios de Computación

Elaboran programas de computación, instalan y supervisan la operación del equipo y de las redes locales, y son responsables de la infraestructura general de computación.

Sergio Pastén



Laboratorio de Biotecnología

Evalúa y adapta técnicas de la biotecnología para analizar y mejorar el germoplasma de maíz y de trigo.

Laboratorios de Servicios Generales

Analizan muestras de tejidos vegetales y de suelos presentadas por los programas fitotécnicos y las estaciones experimentales.

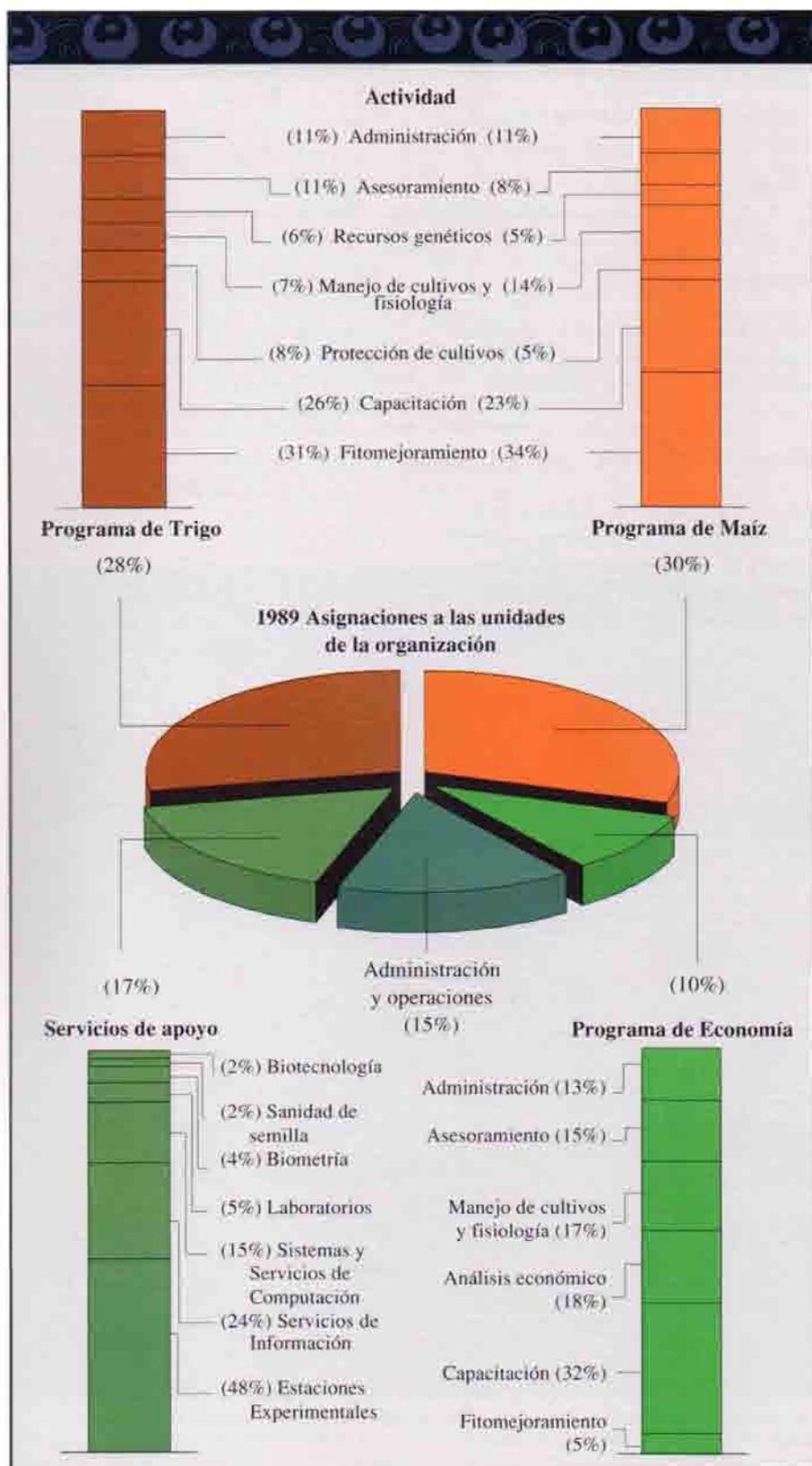
Archivo del CIMMYT



Unidad de Sanidad de Semillas

Vigila y trata toda la semilla importada o exportada por el CIMMYT con el fin de reducir al máximo el riesgo de patógenos transmitidos por la semilla.

Reseña financiera 1989



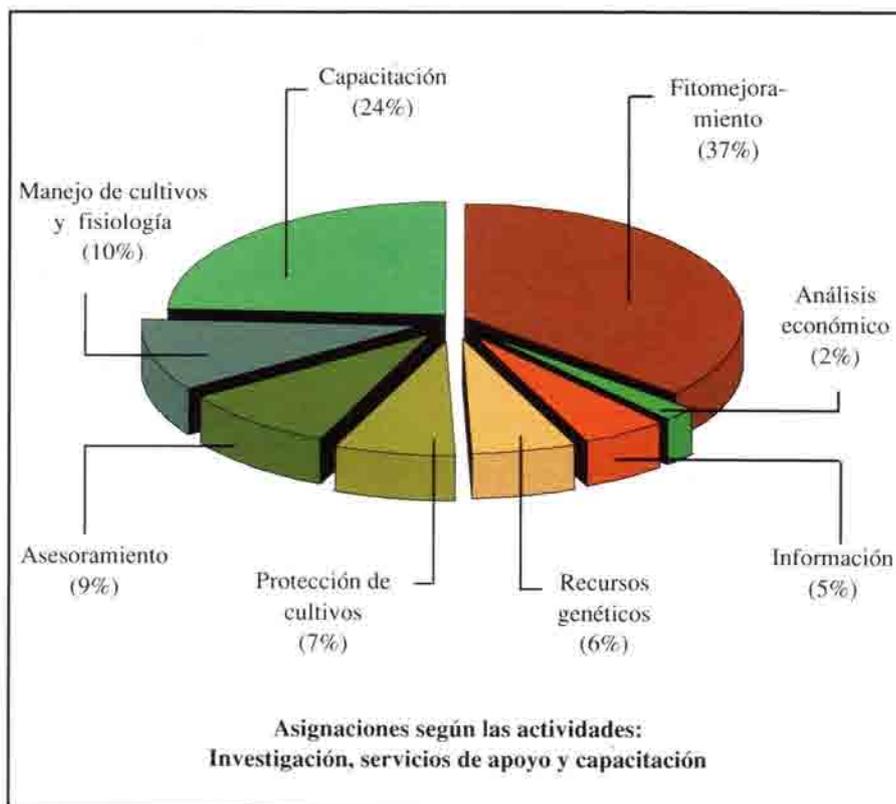
El CIMMYT distribuye sus recursos económicos entre las cinco principales unidades de la organización, y éstas a su vez los asignan a distintas actividades. Como es de esperarse, gran parte de nuestros recursos se destinan a la investigación del maíz y del trigo, y de los aspectos económicos relacionados con esos cultivos.

El Comité Asesor Técnico (Technical Advisory Committee, TAC) del CGIAR define las actividades a las que cada programa asigna recursos. El mejoramiento de germoplasma es la más importante de ellas, pues consume en este momento cerca del 37% de los recursos de la investigación del Centro (véase el diagrama a la derecha). La capacitación es también una actividad fundamental que hoy día absorbe alrededor del 24% del presupuesto. Las investigaciones sobre el manejo de los cultivos, la fisiología, la protección de los cultivos y los recursos genéticos, así como la investigación económica, ocupan el 25%, y el asesoramiento y la información reciben lo demás.

Las asignaciones relativas ilustradas en los diagramas en estas páginas se modificarán un poco en los próximos años, de acuerdo con las pautas establecidas en nuestro plan estratégico (*Toward the 21st Century: CIMMYT's Strategy*) y detalladas en nuestro presupuesto quinquenal (*Five Year Budget, 1990-1994*). Estos dos documentos, publicados en inglés en 1989, son esenciales para nuestra planificación financiera futura. El presupuesto propone también un incremento moderado de los recursos del Centro en los próximos cinco años.

La capacidad del CIMMYT de cumplir con sus obligaciones de efectuar investigación y capacitación en el mundo en desarrollo depende de las contribuciones de los donadores al presupuesto básico y a los proyectos especiales. A partir de 1980, 15 donadores nuevos se han comprometido a darnos su apoyo. En 1989, el Gobierno de la República Islámica de Irán hizo una contribución al presupuesto básico para actividades de capacitación en el maíz y el triticale. Asimismo, el Fondo para la Asistencia Privada al Desarrollo Internacional aportó fondos para respaldar otras actividades de investigación del maíz en Zimbabwe.

(continúa en la p. 59)

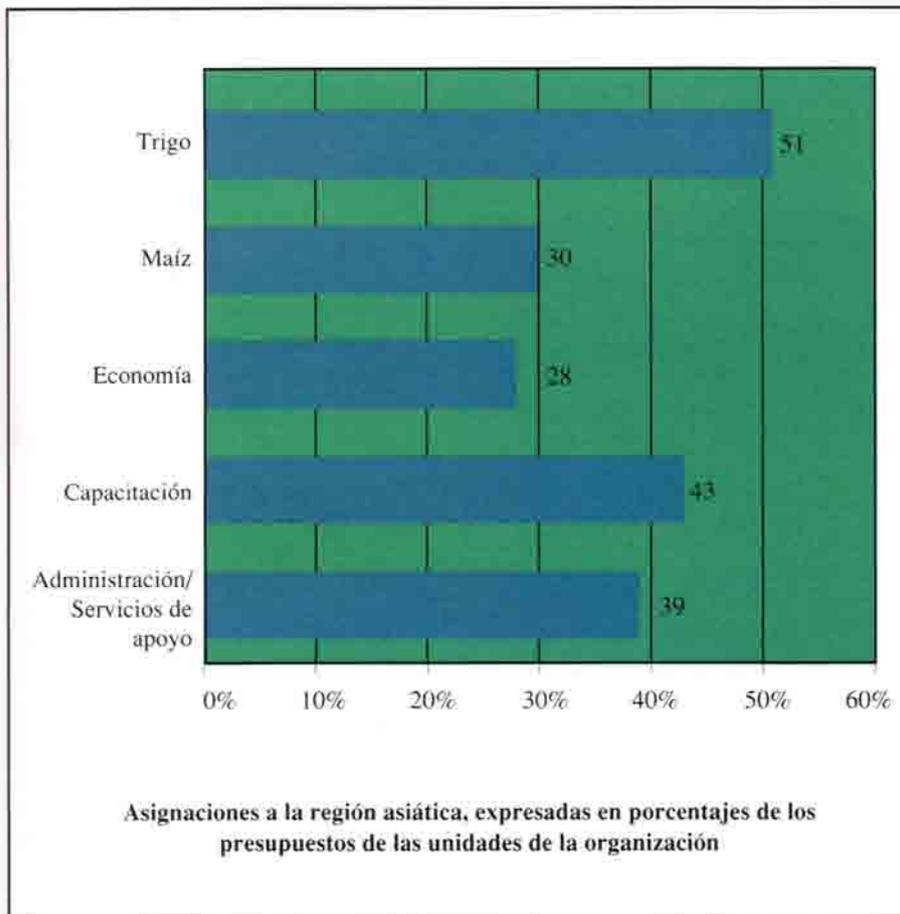


Balance	Dólares de EUA (miles)	
	Año finalizado al 31 de diciembre 1989	1988
Activo	33,905	28,917
Efectivo e inversiones a corto plazo	2,487	5,863
Cuentas por cobrar	8,790	1,984
Inventarios	118	132
Propiedades, planta y equipo	22,510	20,938
Pasivo	8,762	6,117
Cuentas por pagar y otros pasivos	2,960	718
Beneficios acumulados al personal	889	598
Pago anticipado de los donadores	4,913	4,801
Fondos	25,143	22,800
Propiedades, planta y equipo	22,510	20,938
Capital	1,980	1,100
Operativo	2,765	2,765
Servicios auxiliares	361	485
Efecto acumulado en conversión de moneda	(2,473)	(2,488)
Total pasivo y fondos	33,905	28,917

Contribuciones de donadores

Dólares EUA (miles)

	Sin restricción	Con restricción	Cooperativa	Total
Alemania, Gobierno de	435		267	702
Australia, Gobierno de	652		59	711
Austria, Gobierno de	240			240
Banco Mundial	2,850			2,850
Bélgica, Gobierno de			166	166
Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional	1,427		1,664	3,091
Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional	569		92	661
Agencia Estadounidense para el Desarrollo	5,250		1,474	6,724
Agencia Noruega para el Desarrollo Internacional	221		19	240
Banco Interamericano de Desarrollo	4,610			4,610
Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional			13	13
China, República Popular de	50			50
Comunidad Económica Europea	1,752	1,230		2,982
Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos			24	24
España, Gobierno de	115			115
Filipinas, Gobierno de las	17			17
Finlandia, Gobierno de	947		72	1,019
Fondo de la OPEP para el Desarrollo Internacional		60		60
Fondo para la Asistencia Privada al Desarrollo Internacional			53	53
Francia, Gobierno de		426	89	515
Fundación Ford	100			100
Fundación Rockefeller			83	83
India, Gobierno de	55			55
Instituto Internacional de Investigaciones sobre Cultivos en los Trópicos Semiáridos			378	378
Italia, Gobierno de		238	131	369
Japón, Gobierno de		1,800	253	2,053
Países Bajos, Gobierno de los		227	124	351
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo		1,889	8	1,897
Reino Unido, Gobierno del	1,232			1,232
República Islámica de Irán, Gobierno de la			27	27
Suiza, Gobierno de		628	478	1,106
Contribuciones varias para capacitación y desarrollo			1,076	1,076
Total	20,522	6,498	6,550	33,570



Nuestro estado financiero de este año muestra un incremento en el activo total. Este aumento se refleja en el mejoramiento de los activos fijos, así como las cuentas por cobrar a los donadores. Constituyeron una parte significativa de las mejoras a las instalaciones físicas la construcción y la dotación de equipo del laboratorio de biotecnología que comenzará sus operaciones en 1990. En cambio, el balance de las cuentas por cobrar a los donadores llegó a un nivel inusitadamente alto al final del año y quedaron pendientes varias importantes contribuciones al presupuesto básico. Un resultado de este hecho fue una reducción global en el disponible de efectivo, en comparación con el de 1988.

Las contribuciones de los donadores que se hacen en monedas que no sean dólares estadounidenses son convertidas a dólares al tipo de cambio de la fecha de depósito. Este año, el valor del dólar se fortaleció respecto a otras monedas importantes, lo que resultó en ingresos en dólares menores de lo esperado de las donaciones hechas en otras monedas. En cuanto al peso mexicano, el efecto combinado del tipo de cambio y la tasa de inflación en México continúa afectando nuestro manejo financiero, aunque en 1989 el efecto global fue mucho menor que el de 1988. Los menores ingresos en dólares, en combinación con la inflación nacional, hicieron necesario que recurriéramos al fondo de estabilización del CGIAR.

Se ha publicado por separado un documento sobre el estado financiero del CIMMYT en 1989, que puede obtenerse en el Centro. La presente reseña financiera resume la asignación de recursos en el Centro. Como se muestra en la gráfica en esta página, una parte significativa de nuestro presupuesto se destina a la investigación y capacitación en Asia. Las asignaciones planeadas para el futuro reflejan los numerosos problemas que la región afronta, y la importancia que éstos seguirán teniendo para el CIMMYT y para los donadores.

Publicaciones del personal

Publicaciones del CIMMYT

Las siguientes son algunas de las publicaciones que el CIMMYT distribuyó en 1989. Se puede obtener una lista más completa en los Servicios de Información.

- CIMMYT. 1989. *Informe Anual 1988: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*. México, D.F. (También lo hay en inglés.)
- _____. 1989. *CIMMYT's Five-Year Budget: 1990-1994*. México, D.F.
- _____. 1989. Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT: Informe final de 1987. México, D.F.
- _____. 1989. *1987-88 CIMMYT Hechos y tendencias mundiales relacionados con el trigo. Nuevamente, la revolución del trigo: Tendencias recientes y retos futuros*. México, D.F. (También lo hay en inglés.)
- _____. 1989. *Formulation de recommandations à partir de données agronomiques: Manuel méthodologique d'évaluation économique*. Edición totalmente revisada. México, D.F.
- _____. 1989. *Formulation de recommandations à partir de données agronomiques: Cahier d'exercices*. México, D.F.
- _____. 1989. *Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop*. México, D.F.
- _____. ed. 1989. *Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. México, D.F.
- _____. 1989. *Toward the 21st Century: CIMMYT's Strategy*. México, D.F.
- _____. 1989. *Toward the 21st Century: Strategic Issues and the Operational Strategies of CIMMYT*. México, D.F.
- _____. 1989. Informes sobre los ensayos internacionales de trigo y triticale (1986-87). México, D.F.
- Hettel, G.P. 1989. Avances en la producción de trigo en el coloso de América del Sur: Logros en 20 años de investigación conjunta Brasil/CIMMYT. CIMMYT hoy No. 18. México, D.F.: CIMMYT. (También lo hay en inglés.)
- Kohli, M.M., ed. 1989. *Taller sobre la fusariosis de la espiga en América del Sur*. México, D.F.: CIMMYT.
- Longmire, J. y J. Lugogo. 1989. The economics of small-scale wheat production technologies for Kenya. CIMMYT Economics Working Paper 89/01. México, D.F.: CIMMYT.
- Pakistan Agricultural Research Council/CIMMYT. 1989. *Maize Research and Development in Pakistan*. México, D.F.: CIMMYT.
- _____. 1989. *Wheat Research and Development in Pakistan*. México, D.F.: CIMMYT.
- Russell, N.C. 1989. Ghana's tradition makers: Changing patterns in food crops research, extension, and production. CIMMYT hoy No. 19. México, D.F.: CIMMYT. (También lo hay en francés.)
- Tripp, R. y J. Woolley. 1989. *La etapa de planificación de la investigación en campos de agricultores: Identificación de factores para la experimentación*. México, D.F. y Cali, Colombia: CIMMYT y CIAT. (También lo hay en inglés.)

Artículos en revistas científicas, monografías y capítulos de libros

- Bajet, N. y B.L. Renfro. 1989. Occurrence of corn stunt spiroplasma at different elevations in Mexico. *Plant Disease* 73(11):926-930.
- Bjarnason, M.S. 1989. Maíz. *Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern*. In: Vol. 4 *Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen*, 32-40.
- Brennan, J.P. 1989. An analytical model of a wheat breeding program. *Agricultural Systems* 31(4):349-366.
- _____. 1989. Spillover effects of international agricultural research: CIMMYT-based semidwarf wheats in Australia. *Agricultural Economics* 3(4):323-332.
- _____. 1989. An analysis of the economic potential of some innovations in a wheat breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Economics* 33(1):48-55.
- Broers, L.H.M. 1989. Influence of development stage and host genotype on three components of partial resistance to leaf rust in spring wheat. *Euphytica* 44:187-195.
- _____. 1989. Influence of post-infection temperature on three components of partial resistance in wheat to wheat leaf rust. *Euphytica* 44:215-224.
- _____. 1989. Partial resistance to wheat leaf rust in 18 spring wheat cultivars. *Euphytica* 44:247-258.
- _____. 1989. Race-specific aspects of partial resistance in wheat to wheat leaf rust. *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *Euphytica* 44:273-282.

- Broers, L.H.M. y T. Jacobs. 1989. The inheritance of host plant effect on latency period of wheat leaf rust in spring wheat. II: Number of segregating factors and evidence for transgressive segregation in F3 and F5 generations. *Euphytica* 44(3):207-214.
- Byerlee, D.R. 1989. Bread and butter issues in Ecuadorian food policy: A comparative advantage approach. *World Development* 17(10):1585-1596.
- Byerlee, D.R., P. Heisey y P.R. Hobbs. 1989. Diagnosing research and extension priorities for small farmers: Experiences from Pakistan. *Quarterly Journal of International Agriculture* 28(3):15.
- Byerlee, D.R., M. Iqbal y K.S. Fischer. 1989. Quantifying and valuing the joint production of grain and fodder maize fields: Evidence from Northern Pakistan. *Experimental Agriculture* 25(4):435-445.
- Byrne, P.F., L.L. Darrah, K.B. Simpson, A.J. Keaster, B.D. Barry y M.S. Zuber. 1989. Maize silk pH as an indicator of resistance to the corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 18(3):357-360.
- Ceballos, H. y V.E. Gracen. 1989. A dominant inhibitor gene inhibits the expression of Ht2 against Exserohilum race 2 in corn inbred lines related to B14. *Plant Breeding* 102(1):35-44.
- Crossa, J. 1989. Theoretical considerations for the introgression of exotic germplasm into adapted maize populations. *Maydica* 34(1):53-62.
- De León, C. y S. Pandey. 1989. Improvement of resistance to ear and stalk rots and agronomic traits in tropical maize gene pools. *Crop Science* 29(1):12-17.
- Dubin, H.J., R. Johnson y R.W. Stubbs. 1989. Postulated genes for resistance to stripe rust in selected CIMMYT and related wheats. *Plant Disease* 73(6):472-475.
- Duveiller, E. 1989. Research on *Xanthomonas translucens* of wheat and triticale at CIMMYT. *Bulletin of European Plant Protection Organization* 19:97-103.
- Duveiller, E., F. Snacken y H. Maraité. 1989. First detection of *Pseudomonas fuscovaginae* on maize and sorghum in Burundi. *Plant Disease* 73(6):514-517.
- Fischer, K.S., G.O. Edmeades y E.C. Johnson. 1989. Selection for the improvement of maize yield under moisture deficits. *Field Crops Research* 22(3):227-243.
- Fischer, R.A., I.B. Mason y G.N. Howe. 1988. Tillage practices and the yield of wheat in southern New South Wales: Yanco in a 425 mm rainfall region. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 28:223-236.
- Guindo, O. 1989. The role of adaptive research in increasing agricultural productivity: The experience from Haiti. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 37(3):11.
- Gustafson, J.P., J.E. Dillé y B. Skovmand. 1989. Wheat substitutions in hexaploid triticale. *Plant Breeding* 102(1):111-112.
- Hallan, A., R.M. Hassan y B. D'Silva. 1989. Measuring stochastic technology for the multi-product farm: The irrigated farms of Sudan. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 37(3):495-512.
- Hock, J., J. Kranz y B.L. Renfro. 1989. El complejo mancha de asfalto de maíz, su distribución geográfica, requisitos ambientales e importancia económica en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 7(2):11.
- Jacobs, T. y L.H.M. Broers. 1989. The inheritance of host plant effect on latency period of wheat leaf rust in spring wheat. I: Estimation of gene action and number of effective factors in F1, F2 and backcross generations. *Euphytica* 44(3):197-206.
- Morris, M.L. 1989. Wheat policy options in sub-Saharan Africa: The case of Zimbabwe. *Agricultural Economics* 3(2):115-129.
- Morris, M.L. y M.D. Newman. 1989. Official and parallel cereals markets in Senegal: Empirical evidence. *World Development* 17(12):1895-1906.
- Mujeeb-Kazi, A., S. Roldán, D.Y. Suh, N. ter Kuile y S. Farooq. 1989. Production and cytogenetics of *Triticum aestivum* L. hybrids with some rhizomatous Agropyron species. *Theoretical and Applied Genetics* 77(2):162-168.
- Peterson, C.J. y W.H. Pfeiffer. 1989. International winter wheat evaluation: Relationships among test sites based on cultivar performance. *Crop Science* 29(2):276-282.
- Pfeiffer, W.H. y H.J. Braun. 1989. Yield stability in bread wheat. In: *Variability in Grain Yields: Implications for Agricultural Research and Policy in Developing Countries*, Anderson, J.R. y P.B.R. Hazell, eds., 157-174. Baltimore, MD, EUA: IFPRI.
- Pham, H.N., S.R. Waddington y J. Crossa. 1989. Yield stability of CIMMYT maize germplasm in international and on-farm trials. In: *Variability in Grain Yields: Implications for Agricultural Research and Policy in Developing Countries*, Anderson, J.R. y P.B.R. Hazell, eds., 185-205. Baltimore, MD, EUA: IFPRI.
- Ransom, J.K., S.R. Waddington y M. Osmanzai. 1989. Effect of yellow-berry on field emergence of spring wheat. *Field Crops Research* 21(2):115-119.
- Raun, W.R., D.H. Sander y R.A. Olson. 1989. Nitrogen fertilizer carriers and their placement for minimum till corn under sprinkler irrigation. *Agronomy Journal* 81(2):280-285.
- Reskasem, B., D.A. Saunders y B. Dell. 1989. Grain set failure and boron deficiency in wheat in Thailand. *Chiang Mai University Journal of Agriculture* 5:1-100.

- Reynolds, M.P. y E.E. Ewing. 1989. Effects of high air and soil temperature stress on growth and tuberization in *Solanum tuberosum*. *Annals of Botany* 64(3):241-247.
- _____. 1989. Heat tolerance in tuber bearing *Solanum* species: A protocol for screening. *American Potato Journal* 66(1):63-74.
- Smith, R.C.G., H.D. Barrs y R.A. Fischer. 1988. Inferring leaf stomatal resistance from infrared measurements of foliage temperature. *Agriculture and Forest Meteorology* 42:183-198.

Trabajos publicados en memorias y resúmenes

- Aguiluz, A., R. Rodríguez, R. Urbina y H.S. Córdova. 1989. Avances en el programa de mejoramiento para resistencia al achaparramiento en dos poblaciones de maíz (22 y 73). *In: Compendio de Resúmenes de la XXXV Reunión Anual del PCCMCA*, 20. San Pedro Sula, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales.
- Bajet, N.B. y B.L. Renfro. 1989. The hopper-borne diseases of maize and control by vector resistance. *In: Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*, 156-162. México, D.F.: CIMMYT.
- Bekele, G.T. 1989. Historia de la participación del CIMMYT. *In: Taller sobre la Fusariosis de la Espiga en América del Sur* (memoria del taller celebrado en 1987 en Encarnación, Paraguay), ed. M.M. Kohli, 119-124. México, D.F.: CIMMYT.
- Bell, M.A. y H.R. Lafitte. 1989. The role of the harvest survey in agronomic diagnosis. *Agronomy Abstracts*, 50.
- Beltrán, M.C., R.J. Peña y A.A. Amaya. 1989. Comparison of breadmaking quality-related characteristics in complete and substitute triticales. *Abstracts of the LXXIV Annual Meeting of the American Association of Cereal Chemists*, 118.
- Bolaños, J.A. y G.O. Edmeades. 1989. La importancia del intervalo de la floración en el mejoramiento para la resistencia a sequía en maíz tropical. *In: Compendio de Resúmenes de la XXXV Reunión Anual del PCCMCA*, 14. San Pedro Sula, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales.
- Cantrell, R.P. 1989. Recent developments in the CIMMYT Maize Program. *In: Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*, 2-4. México, D.F.: CIMMYT.
- Celado, R., F. Navarro y H.S. Córdova. 1989. Evaluación de líneas S1 de maíz provenientes de las poblaciones 28 y 36 del CIMMYT resistentes al achaparramiento ciclo 2do. (*Zea mays* L.) República Dominicana. *In: Compendio de Resúmenes de la XXXV Reunión Anual del PCCMCA*, 4. San Pedro Sula, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales.
- Córdova, H.S. 1989. Efectos de aptitud combinatoria general e identificación de híbridos triples de maíz de grano amarillo en Centro América, Panamá y el Caribe. *In: Compendio de Resúmenes de la XXXV Reunión Anual del PCCMCA*, 2. San Pedro Sula, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales.
- Crossa, J. 1989. Theory and practice in determining sample size for conservation of maize germplasm. *In: Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop*, 149-154. México, D.F.: CIMMYT.
- Deutsch, J.A. 1989. Pre-release testing and seed production of insect resistant maize cultivars. *In: Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*, 267-270. México, D.F.: CIMMYT.
- Edmeades, G.O., J.A. Bolaños, M. Hernández y S. Bello. 1989. Underlying causes of reduced anthesis-silking interval in Tuxpeño sequía. *Agronomy Abstracts*, 111.
- Fischer, R.A. 1988. Plant breeding and some broader issues in agriculture. *In: Ninth Australian Plant Breeding Conference Proceedings*, eds. K.S. McWhirter, R.W. Downs y B.J. Read, 61-68. Sidney, Australia: Universidad de Sidney.
- González de León, D., D.A. Hoisington, D. Jewell y J.A. Deutsch. 1989. Genetic evaluation of inbred tropical maize germplasm using RFLP's. *Agronomy Abstracts*, 82.
- Harrington, L.W. 1989. An introduction to on-farm adaptive research. *In: Dynamics in On-Farm Research: Proceedings of a Workshop*, eds. Q.J. Laumans y A. Winarto, 8-15. Malang, Indonesia: MARIF.
- Harrington, L.W., M.D. Read, D.P. Garrity y R.B. Tripp. 1989. Approaches to on-farm client-oriented research: Similarities, differences y future directions. *In: Developments in Procedures for Farming Systems Research, Proceedings of an International Workshop*, eds. S. Sukmana, P. Amir y D.M. Mulyadi, 37-53. Jakarta, Indonesia: AARD.
- Hibon, A. 1989. Plenary discussion: Practical issues in implementing adaptive on-farm research. *In: Dynamics in On-Farm Research: Proceedings of a Workshop*, eds. Q.J. Laumans y A. Winarto, 88-89. Malang, Indonesia: MARIF.

- Lafitte, H.R. y G.O. Edmeades. 1989. Adaptive strategies in low N environments: A comparison of improved and unimproved maize genotypes. *Agronomy Abstracts*, 116.
- Lawn, D.A. y K.D. Sayre. 1989. Effects of crop rotation tillage and straw management on common root rot of wheat. Resúmenes de la reunión anual de la Sociedad Americana de Fitopatología en *Phytopathology* 79(10):1142.
- Mann, C.E. 1989. Breeding wheat for heat and drought tolerance. In: *Northeastern Seminar on Wheat* (memoria del seminario celebrado en 1989 en Khon Kaen, Thailand), Apéndice 3. Northeastern Wheat Council e IRRI.
- Maredia, K.M., J.A. Mihm y A.S. Tasistro. 1989. Maize weevil control. *Insecticide and Acaricide Tests* 14:207-208.
- Mihm, J.A. 1989. Evaluating maize for resistance to tropical stem borers, armyworms, and earworms. In: *Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*, 109-121. México, D.F.: CIMMYT.
- _____. 1989. Mass rearing stem borers, fall armyworms, and corn earworms at CIMMYT. In: *Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*, 5-21. México, D.F.: CIMMYT.
- Pfeiffer, W.H., K.D. Sayre, S. Rajaram y T.S. Payne. 1989. Empirical approaches to breeding for drought stress. *Agronomy Abstracts*, 95.
- Piedra, C.R. de la, B.W. López, J.L. Jiménez y A. Hibon. 1989. Case study 3: Maize on-farm research in La Fraylesca, Chiapas, México. In: *Dynamics in On-Farm Research* (memoria de la conferencia celebrada en 1988 en Malang, Indonesia), 58-75.
- Reynolds, M.P., E.E. Ewing y T.G. Owens. 1989. Photosynthesis at high temperature in tuber-bearing *Solanum* species: A comparison between accessions of contrasting heat tolerance. *Plant Physiology Supplement*, 24.
- Rosales, P.M. y S. Taba. 1989. A local germplasm bank information management system. In: *Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop*, 52-58. México, D.F.: CIMMYT.
- Sayre, K.D., I. Ortiz-Monasterio, W.R. Raun y M. McMahon. 1989. Effect of sub-soiling and incorporation of organic matter on irrigated wheat yields in northwestern Mexico. *Agronomy Abstracts*, 144.
- Smith, M.E., J.A. Mihm y D.C. Jewell. 1989. Breeding for multiple resistance to temperate, subtropical, and tropical maize insect pests at CIMMYT. In: *Toward Insect Resistant Maize for the Third World: Proceedings of the International Symposium on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*, 222-234. México, D.F.: CIMMYT.
- Soto, N., R. Rodríguez, L. Brizuela y H.S. Córdova. 1989. Determinación de la aptitud combinatoria general de líneas endogámicas y su efecto en la formación de nuevos híbridos triples de maíz (*Zea mays* L.) en Centro América. In: *Compendio de Resúmenes de la XXXV Reunión Anual del PCCMCA*, 4. San Pedro Sula, Honduras: Secretaría de Recursos Naturales.
- Taba, S. 1989. User-oriented bank management. In: *Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop*, 39-48. México, D.F.: CIMMYT.
- Torres, E. y E. Hesse de Polanco. 1989. Relevance and adequacy of crop protection information for wheat. In: *Crop Protection Information: An International Perspective*, eds. K.M. Harris y P.R. Scott, 67-86. Wallingford, RU: CAB International.
- Tusuz, M.A., N. Koc y S. Sriwatanapongse. 1989. Breeding for borer resistance in maize in Turkey. In: *International Congress of SABRAO* (memoria del congreso celebrado en 1989 en Adana, Turquía), 213-216.
- Vasal, S.K., G.C. Han y E.M. Elias. 1989. Development of nonconventional maize hybrids. *Agronomy Abstracts*, 103.
- Vasal, S.K. y S. Taba. 1988. Conservation and utilization of maize genetic resources. In: *Plant Genetic Resources: Indian Perspectives*, eds. R.S. Paroda, R.K. Arora y K.P.S. Chandel, 91-107. New Delhi, India: NBPGR.
- Villareal, R.L., R.P. Singh y S. Rajaram. 1989. Norin 10 dwarfing genes in the CIMMYT bread wheat breeding programs. *Agronomy Abstracts*, 104.
- Woolley, J.N. 1989. Integrating on-station and on-farm research. In: *Progreso en la Investigación y Producción del Frijol Común* (*Phaseolus vulgaris* L.), Publicación del CIAT No. 23, 449-456. Cali, Colombia: CIAT.

Otras publicaciones y ponencias

- Anandajayasekeram, P., G. Durr y G.M. Karanja. 1989. Challenges of the regional research centers in the generation, testing, and dissemination of appropriate technologies for small-holder farmers in Kenya. Annual Scientific Conference of the Kenya Agricultural Research Institute. Agosto, Nairobi, Kenya.

- Anandajayasekeram, P., A. Low y G. Durr. 1989. Economic evaluation and interpretation of intercropping trials. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Enero, Lilongwe, Malawi.
- Anandajayasekeram, P. y C.N. Murithi. 1989. The role and place of on-farm research with the farming systems perspective (OFR/FSR) in the National Agricultural Research Project (NARS) and its implications. Kenya Agricultural Research Institute National and Regional Research Programme Development Workshop. Diciembre, Nairobi, Kenya.
- Bell, M.A., D. Flores y A. Limón. 1989. A preliminary evaluation of the "harvest survey technique". *Annual Wheat Newsletter* 35:2.
- Burnett, P.A. y M. Mezzalama. 1989. Notes from the barley yellow dwarf program at CIMMYT. *Barley Yellow Dwarf Newsletter* 2:68-70.
- _____. 1989. Screening cereals for resistance to barley yellow dwarf in Mexico. Fourth International Plant Virus Epidemiology Workshop. Septiembre, Montpellier, Francia.
- _____. 1989. The barley yellow dwarf program at CIMMYT. ICARDA/ Agriculture Canada/Laval University Workshop on Barley Yellow Dwarf. Noviembre, Rabat, Marruecos.
- Byerlee, D.R. 1989. Food for thought: Technological challenges in Asia agriculture in the 1990's. Conference of Asian and Near East Bureau's Agricultural and Rural Development Officers, USAID. Febrero, Rabat, Marruecos.
- Byerlee, D.R. y M.L. Morris. 1989. An overview of economic issues in wheat research and development in sub-Saharan Africa. Sixth Regional Wheat Workshop. Octubre, Addis Abeba, Etiopía.
- Byerlee, D.R. y G.E. Sain. 1989. Ajuste estructural y precios relativos de alimentos básicos: Hallazgos preliminares en América Latina. El Comercio y el Efecto en la Agricultura de las Políticas Macroeconómicas en el Contexto del Ajuste Estructural en América Latina. Mayo, Santiago, Chile.
- Byerlee, D.R. y B. Triomphe. 1989. The use of integrated agronomic-economic surveys in the diagnostic stage of on-farm research. Workshop on the Design and Analysis On-Farm Trials. Febrero, Ibadán, Nigeria.
- Calhoun, D.S., P.A. Burnett, H. Vivar y L. Gilchrist. 1989. Field screening for *Diuraphis noxia* resistance. Second Russian Wheat Aphid Workshop. Octubre, Albuquerque, NM, EUA.
- Carney, J.A. 1989. Gender and rural transformation in the Gambia. Annual Meeting of the Association of American Geographers. Marzo, Baltimore, MD, EUA.
- Ceballos, H. y J. Deutsch. 1989. Estudio de la herencia de la resistencia a *Phyllachora maydis* en maíz. X Congreso ASCOLFI. Julio, Cali, Colombia.
- _____. 1989. Response to selection for resistance to *Exserohilum turcicum* in CIMMYT subtropical pools. North Central Corn Breeding Research Committee (NCR-2) Meetings. Febrero, Rosemont, IL, EUA.
- Crossa, J., P.N. Fox, W.H. Pfeiffer y S. Rajaram. 1989. Integrated statistical techniques for analyzing multilocation yield trials. XII EUCARPIA Congress, Science for Plant Breeding. Febrero, Gottingen, Alemania.
- Deutsch, J.A. y H. Ceballos. 1989. Combining ability estimates and heterotic patterns for selected tropical lines. North Central Corn Breeding Research Committee (NCR-2) Meetings. Febrero, Rosemont, IL, EUA.
- Duarte, E., M.M. Kohli y R. Pedretti. 1989. Resultados del octavo vivero de líneas avanzadas del Cono Sur (LACOS) 1988-89. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. CIMMYT.
- Dubin, H.J. 1989. CIMMYT's role in international rust research with special reference to the sub-continent. ACIAR/PARC/ICAR Workshop. Marzo, Islamabad, Pakistán.
- _____. 1989. CIMMYT regional pathology project in South Asia. Seminario celebrado en el Swiss Federal Institute of Technology. Julio, Suiza.
- Durr, G. y P. Anandajayasekeram. 1989. The role of social scientists in on-farm experimentation. Regional Technical Workshops on Issues Related to Planning Management and Evaluation of On-Farm Experiments. Diciembre, Arusha, Tanzania.
- Duveiller, E. 1989. Screening criteria for bacterial streak in bread wheat, durum wheat, and triticale. Seventh International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Junio, Budapest, Hungría.
- Gebrekidan, B. 1989. Introduction and background to the Third Regional Maize Workshop of Eastern and Southern Africa. Third Regional Maize Workshop of Eastern and Southern Africa. Septiembre, Nairobi, Kenya.
- Gebrekidan, B. y B. Gelaw. 1989. The maize megaenvironments of eastern and southern Africa and germplasm development. Third Eastern and Southern Africa Regional Maize Workshop. Septiembre, Nairobi, Kenya.
- Gelaw, B. 1989. The structure and function of CIMMYT's Maize Program in the SADCC Region. SACCAR/WINROCK Workshop on Integrating Research to Improve Agricultural Productivity and Natural Resources Management. Noviembre, Lilongwe, Malawi.

- González, C. 1989. The use of Genstat at the International Maize and Wheat Improvement Center. Sixth Genstat Conference. Septiembre, Edinburgo, Escocia.
- Guindo, O. 1989. La recherche en milieu paysan: L'expérience du CIMMYT en Haiti. Seminario presentado a la Facultad de Agronomía y Medicina Veterinaria. Diciembre, Port-au-Prince, Haití.
- Hesse de Polanco, E. y R. Herrera. 1989. An integrated systems approach to scientific information services at CIMMYT. Second CGIAR Documentation and Information Services Meeting. Enero, Hyderabad, India.
- Hibon, A. 1989. La investigación adaptativa con participación de los productores: Lecciones de una experiencia en México. Foro Nacional Sobre la Asistencia Técnica Integral al Campo. Septiembre, Querétaro, México.
- _____. 1989. Les sources de croissance de la production de maïs pluvial au Mexique: Quelle marge de manoeuvre pour la recherche agronomique tropicale? X seminario de economía y sociología del CIRAD. Septiembre, Montpellier, Francia.
- Hobbs, P.R., A. Razzaq, N.I. Hashmi, B.R. Khan y B.M. Khan. 1989. Wheat production and yields in Rawalpindi District of the Punjab from 1983 to 1986. PARC/CIMMYT Paper No. 89-2. PARC/CIMMYT, Islamabad, Pakistán.
- Hock, J. 1989. Requisitos ambientales para el desarrollo del "complejo mancha de asfalto" que ataca al maíz en México. X Congreso ASCOLFI. Julio, Cali, Colombia.
- _____. 1989. Evaluación de los parámetros que afectan la estimación de la severidad de la enfermedad foliar causada por *Phyllachora maydis* en el maíz mediante un diagrama estándar. XVI Congreso Nacional de la Sociedad de Fitopatología. Julio, Montecillo, México.
- Kohli, M.M. 1989. El estado actual del triticale, problemas y perspectivas. Tercera Reunión Brasileña del Triticale. Cascavel, Brasil.
- Lawn, D.A. 1989. Soilborne pathology. *Colorado State University Annual Newsletter* 35:99-110.
- Lothrop, J.E. 1989. The CIMMYT headquarters highland maize program. Third Eastern, Central and Southern Africa Regional Maize Workshop. Septiembre, Nairobi, Kenya.
- Low, A. y S.R. Waddington. 1989. On-farm research on maize production technologies for small-holder farmers in southern Africa: Current achievements and the future prospects. Third Eastern and Southern Africa Regional Maize Workshop. Septiembre, Nairobi, Kenya.
- Mann, C.E. 1989. Aspects and prospects of wheat production in the Philippines, or: What to do after the pilot project. Keynote address to the Philippine Wheat Workshop. Agosto, Los Baños, Filipinas.
- Mann, C.E. y P. Sirithunya. 1989. Report on yield data of the Thai national wheat and barley nurseries 1987/88. 1987/88 Wheat Research and Development Workshop. Agosto, Lampang, Tailandia.
- Maraite, H., M. Nibishimirwa y E. Duveiller. 1989. Epidemiology of sheath brown RCT of Graminae caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in tropical highlands. International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Junio, Budapest, Hungría.
- Mezzalama, M. y P.A. Burnett. 1989. Annual variation in isolates of barley yellow dwarf virus in cereals in the Toluca Valley of Mexico. Fourth International Plant Virus Epidemiology Workshop. Septiembre, Montpellier, Francia.
- _____. 1989. Cereal aphid transmission of barley yellow dwarf virus in the high valleys of Mexico. Fourth International Plant Virus Epidemiology Workshop. Septiembre, Montpellier, Francia.
- _____. 1989. Enanismo amarillo de la cebada: Virosis que afecta al trigo y otros cereales de grano pequeño en México. In: *Enfermedades del Maíz, Frijol, Trigo y Papa*, 76-80. Montecillo, México: Colegio de Posgraduados.
- Morris, M.L. 1989. Measuring comparative advantage: A review of CIMMYT's experience with DRC analysis. AAEE Annual Meeting. Julio, Baton Rouge, LA, EUA.
- Palmer, A.F.E. y P. Anandajasekeram. 1989. The KARI/Egerton/CIMMYT crop management research training initiative. Third Eastern and Southern Africa Regional Maize Workshop. Septiembre, Nairobi, Kenya.
- _____. 1989. The importance and application of site descriptors and farmer management practices in on-farm trial evaluation. Regional Technical Workshops on Issues Related to Planning Management and Evaluation of On-Farm Research Experiments. Diciembre, Arusha, Tanzania.
- Palmer, A.F.E. y R.A. Kirkby. 1989. Elements of an integrated intercropping research program. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Enero, Lilongwe, Malawi.
- Rajaram, S., R.P. Singh, W.H. Pfeiffer, M. Albarrán y R.J. Peña. 1989. Preharvest sprouting tolerance in CIMMYT bread wheat germplasm. Fifth International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals. Junio, Loen, Noruega.
- Ransom, J.K. 1989. Agronomic interpretation of on-farm research intercropping trials. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Enero, Lilongwe, Malawi.

- _____. 1989. Biological and social constraints to maize production in East Africa. Alumni Seminar Series, Department of Biological Sciences, Old Dominion University. Noviembre, Norfolk, VA, EUA.
- _____. 1989. Constraints to maize production in East Africa. International Programs in Agriculture Seminar Series, Purdue University. Octubre, West Lafayette, IN, EUA.
- _____. 1989. Striga on maize: Its growth, development, and control. Ninth Annual Maize and Cowpea Workshop. Febrero, Kumasi, Ghana.
- _____. 1989. Weed control in maize/legume intercrops. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Enero, Lilongwe, Malawi.
- Renkow, M. 1989. Differential welfare effects of technical change in developing countries: A simulation analysis. AAEA Annual Meeting. Julio, Baton Rouge, LA, EUA.
- Sharif, M., J.L. Longmire, M. Shafique y Z. Ahmad. 1989. Adoption of Basmati-385: Implications for time conflicts in the rice-wheat cropping systems of Pakistan's Punjab. PARC/CIMMYT Paper No. 89-1. PARC/CIMMYT, Islamabad, Pakistán.
- Tripp, R.B. 1989. Farmer participation in agricultural research: New directions or old problems? Discussion Paper No. 256. Institute of Development Studies, Brighton, RU.
- Vasal, S.K., G.C. Han, E.M. Elias y N. Vergara. 1989. Desarrollo de híbridos no convencionales de maíz. XIII Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Septiembre, Chiclayo, Perú.
- Villareal, R.L., E. del Toro y E.R. Olmedo. 1989. CIMMYT 1988 breeding/pathology in-service training course. *Annual Wheat Newsletter* 35:95.
- Waddington, S.R. 1989. Agronomic problems related to tillage in small-holder cereal production and some research opportunities. Workshop on Tillage, Past and Future. Noviembre, Harare, Zimbabwe.
- _____. 1989. On-farm experimentation with intercrops. Workshop on Issues Related to Planning Management and Evaluation of On-Farm Experiments. Diciembre, Arusha, Tanzania.
- Waddington, S.R. y P. Kunjeku. 1989. Potential technology and research needs for rainfed maize production in drought prone environments of southern Africa. *Farming Systems Bulletin* 3:28-41.
- Waddington, S.R., A. Low y P. Kunjeku. 1989. Planning of on-farm research intercrop trials. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume. Enero, Lilongwe, Malawi.
- Webby, G.N., R.M. Lister, M. Mezzalama y P.A. Burnett. 1989. Production of antisera to barley yellow dwarf virus from dried leaf tissue. ICARDA/Agriculture Canada/Laval University Workshop on Barley Yellow Dwarf. Noviembre, Rabat, Marruecos.
- Woolley, J.N. 1989. Implementation of on-farm intercrop experiments. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Enero, Lilongwe, Malawi.
- _____. 1989. The diagnosis of intercropping problems in farmers' fields and its relation to planning research. Workshop on Research Methods for Cereal/Legume Intercropping in Eastern and Southern Africa. Enero, Lilongwe, Malawi.
- Yirga, C., H. Beyene, L. Zewdie y D. Tanner. 1989. Initial results of an informal survey: Kulumsa mixed farming systems zone Chilalo Awraja, Arsi Region. IAR Working Paper No. 10. IAR, Addis Abeba, Etiopía.
- Zarco-Hernández, J., R.J. Peña, A.A. Amaya y G. Varughese. 1989. Evaluation of quality parameters for the characterization of the baking (bread) performance of complete and substitute triticales. XII EUCARPIA Congress, Science for Plant Breeding. Febrero, Goettingen, Alemania.

Consejo Directivo y personal principal en 1989

Consejo Directivo (mayo de 1990)

Burton C. Matthews, Presidente
(Canadá), Universidad de
Waterloo, Canadá

Peter Day (RU), Rutgers-la
Universidad Estatal de Nueva
Jersey, EUA

Seme Debela (Etiopía), Instituto de
Investigaciones Agrícolas, Etiopía

Donald N. Duvick (EUA), Universidad
Estatal de Iowa, EUA

Lloyd T. Evans (Australia),
Organización de Investigaciones
Científicas e Industriales del
Commonwealth (CSIRO),
Australia

Carlos Hank González (México),¹
Secretario de Agricultura y
Recursos Hidráulicos (SARH),
México

Khem Singh Gill (India), Universidad
Agrícola del Punjab, India

Ahmed Goueli (Egipto), Gobernador
de la Provincia de Damiett, Egipto

Gao Liangzhi (Rep. Pop. China),
Academia de Ciencias Agrícolas
de Kiangsu, República Popular
China

Ricardo Magnavaca (Brasil), Empresa
Brasileña de Investigaciones
Agrícolas (EMBRAPA), Brasil

Joseph M. Menyonga (Camerún),
Organización de la Unidad Africana
del SAFGRAD, Burkina Faso

Edgardo Moscardi (Argentina), Instituto
Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA), Argentina

W. Gerhard Pollmer (Alemania),
Universidad de Hohenheim,
Alemania

Lucio G. Reza (Argentina), Banco
Interamericano de Desarrollo, EUA

Sergio Reyes Osorio (México),¹ Instituto
Nacional de Investigaciones
Forestales y Agropecuarias
(INIFAP), México

Louisa van Vloten-Doting (Países
Bajos), Centro de Investigación
Fitogenética (CPO), Países Bajos

Donald L. Winkelmann (EUA),¹
CIMMYT, México

Hikoyuki Yamaguchi (Japón),
Universidad de Komazawa,
Japón

Oficina del Director General

Donald L. Winkelmann, EUA,
Director General

Paul Roger Rowe, EUA, Subdirector
General-Investigación*

Robert D. Osler, EUA, Subdirector
General y Tesorero**

Claudio Cafati, Chile, Subdirector
General Administrativo y de
Finanzas*

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, Servicio de
Visitantes

Hugo Alvarez V., México, Jefe de
Compras

Dorsey Burger, EUA, Asistente del
Director General

Alfredo Cedillo S., México, Jefe,
Recursos Humanos**

Javier Eissa O., México, Especialista en
Computación Administrativa**

Susana Eng, México, Supervisora, Depto.
de Contabilidad

José Luis Fonseca, México, Jefe,
Documentos Oficiales

¹ Miembro ex officio.

* Asignado en 1989.

** Renunció en 1989.

Marco Galicia O., México, Especialista en Computación Administrativa*
 María Garay A., México, Jefa, Cafetería y Alojamiento
 Armando Kegel S., México, Superintendente de Servicios**
 Jorge Martínez V., México, Jefe, Telecomunicaciones
 Roberto Martínez L., México, Jefe, Mantenimiento
 Barbara Sulanowski, EUA, Redactora/ Editora**

Programa de Maíz

Ronald Cantrell, EUA, Director
 Ripusudan Paliwal, India, Director Asociado
 David Beck, EUA, Mejorador, Germoplasma para Zonas Tropicales Bajas
 Magni Bjarnason, Islandia, Mejorador, Germoplasma Subtropical y Maíz con Calidad de Proteína
 James Deutsch, EUA, Mejorador, Germoplasma para Zonas Tropicales Bajas
 Dana Eaton, EUA, Mejorador, Mejoramiento de Poblaciones
 Gregory Edmeades, Nueva Zelanda, Fisiólogo
 David Jewell, Australia, Mejorador, Cruzas Amplias
 Renée Lafitte, EUA, Funcionaria de Capacitación y Fisióloga
 James Lothrop, EUA, Mejorador, Maíz para Zonas Altas
 John Mihm, EUA, Entomólogo
 Bobby Renfro, EUA, Patólogo
 Suketoshi Taba, Japón, Mejorador, Banco de Germoplasma
 Ching-Yan Tang, Hong Kong, Mejorador, Ensayos Internacionales**
 Surinder Vasal, India, Mejorador, Maíz Híbrido
 Willy Villena O., Bolivia, Capacitación
 Jonathan Woolley, RU, Capacitación

* Asignado en 1989.

** Renunció en 1989.

Región Andina (personal residente en Colombia)

Hernán Ceballos, Argentina, Mejorador
 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 Africa (personal residente en Kenya)

Brhane Gebrekidan, Etiopía, Mejorador
 A.F.E. Palmer, RU, Agrónomo
 Joel Ransom, EUA, Agrónomo

América Central y el Caribe (personal residente en Guatemala)

Hugo Córdova, El Salvador, Mejorador
 William Raun, EUA, Agrónomo

Norte de Africa/Oriente Medio (personal residente en Turquía)

Sutat Sriwatanapongse, Tailandia, Mejorador

Sur de Africa (personal residente en Zimbabwe)

Bantayehu Gelaw, Etiopía, Mejorador
 Stephen Waddington, RU, Agrónomo

Programa Cooperativo con IITA en Africa Occidental (personal residente en Cote d'Ivoire)

Alpha Diallo, Guinea, Mejorador

Estación de Maíz para Altitudes Medias en Zimbabwe

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

Ghana

Francisco R. Arias M., El Salvador, Agrónomo

Científicos Asociados

Héctor Barreto, Colombia, Capacitación
 Julien Berthaud, Francia, Genetista*
 Jorge Bolaños, Nicaragua, Fisiólogo
 Patrick Byrne, EUA, Mejorador

Elias Elias, EUA, Mejorador
 Antonella Furini, Italia, Cultivo de Tejidos
 Diego González de León, México, Genetista (reside en la Universidad de Missouri, EUA)*
 Gengchen Han, China, Mejorador
 Yves Savidan, Francia, Citogenetista*
 Bernard Triomphe, Francia, Agrónomo

Pre y Posdoctorados

Wolfgang Drepper, Alemania, Patólogo**
 Keith Ess, EUA, Mejorador*
 Jens Hock, Alemania, Patólogo**
 Daniel Jeffers, EUA, Patólogo*
 Karimbhai Meredia, India, Entomólogo**
 Mario Morales, Guatemala, Mejorador
 Eric Scopel, Francia, Agrónomo*
 Catherine Thome, EUA, Mejorador*

Programa de Trigo

R.A. Fischer, Australia, Director (y Jefe Interino, Protección de Cultivos, y Manejo de Cultivos y Fisiología)
 George Varughese, Director Asociado (y Jefe Interino, Recursos Genéticos)
 Osman S. Abdalla, Sudán, Jefe, Trigo Duro
 Maximino Alcalá S., México, Jefe, Ensayos Internacionales
 Arnoldo Amaya C., México, Jefe, Laboratorios de Calidad Industrial de Trigo
 Mark Bell, Australia, Capacitación
 Pedro Brajcich, México, Jefe, Trigo Duro**
 Peter A. Burnett, Nueva Zelanda, Virólogo/Entomólogo
 Paul Fox, Australia, Mejorador/ Estadístico, Ensayos Internacionales
 Lucy Gilchrist S., Chile, Patóloga/ Funcionaria de Capacitación
 Matthew A. McMahan, Irlanda, Agrónomo**
 A. Mujeeb-Kazi, EUA, Jefe, Cruzas Amplias
 Wolfgang H. Pfeiffer, Alemania, Jefe, Triticale
 Sanjaya Rajaram, India, Jefe, Mejoramiento de Germoplasma, y Jefe, Trigo Harinero

Ricardo Rodríguez R., México, Jefe,
Enriquecimiento de Germoplasma
Kenneth D. Sayre, EUA, Agrónomo
Ravi P. Singh, India, Genetista/Patólogo
Bent Skovmand, Dinamarca, Jefe, Banco
de Germoplasma
Enrique Torres, Colombia, Patólogo**
Maarten van Ginkel, Países Bajos,
Mejorador de Trigo Harinero
Reynaldo L. Villareal, Las Filipinas,
Capacitación
Hugo Vivar, Ecuador, Jefe, Cebada
ICARDA/CIMMYT

Región Andina (personal residente en Ecuador)
Santiago Fuentes S., México, Patólogo

Este de Africa (personal residente en Etiopía)
Douglas G. Tanner, Canadá, Agrónomo

Sur de Asia (personal residente en Nepal)

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

Sureste de Asia (personal residente en Tailandia)
Christoph E. Mann, Alemania, Mejorador

Cono Sur (personal residente en Paraguay)
Girma Bekele, Etiopía, Patólogo
Man Mohan Kohli, India, Mejorador
Patrick C. Wall, Ireland, Agrónomo

Programa Cooperativo CIMMYT/ICARDA (personal residente en Siria)
Byrd C. Curtis, EUA, Mejorador
M. Miloudi Nachit, Alemania, Mejorador
Guillermo Ortiz Ferrara, México,
Mejorador

Bangladesh

David A. Saunders, Australia, Agrónomo

Programa de Trigo de Invierno CIMMYT/Turquía (personal residente en Turquía)

Hans-Joachim Braun, Alemania,
Mejorador/Patólogo
Eugene Saari, EUA, Patólogo

Científicos Asociados

Sufi Ahmed, Bangladesh, Mejorador*
Leon Broers, Países Bajos, Patólogo/
Mejorador*
Etienne Duveiller, Bélgica, Patólogo
Sirikka Immonen, Finlandia, Triticale*
Anatole F. Krattiger, Suiza,
Biotecnología de Granos Pequeños
Satvinder Kaur Mann, India, Patólogo*
Monica Mezzalama, Italia, Patóloga**
Roberto J. Peña B., México, Tecnología
de Cereales
L.T. van Beuningen, Países Bajos (reside
en Paraguay), Patólogo

Pre y Posdoctorados

Efrem Bechere, Etiopía, Mejorador
D. Steven Calhoun, EUA, Mejorador
Jon Arne Dieseth, Noruega, Mejorador**
Guillermo Fuentes Dávila, México,
Patólogo
Dennis Lawn, EUA, Patólogo
María Teresa Nieto-Taladriz, España,
Mejoradora**
Iván Ortiz Monasterio, México,
Agrónomo*
Thomas S. Payne, EUA, Mejorador
Robert Raab, EUA, Capacitación**
Matthew Reynolds, RU, Fisiólogo*
Nitschka ter Kuile, EUA, Cultivo de
Tejidos
Richard Trethowan, Australia, Mejorador

Programa de Economía

Derek Byerlee, Australia, Director
Robert Tripp, EUA, Subdirector
Michael Morris, EUA, 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

Ponniah Anandajayasekeram, Sri Lanka,
Economista (reside en Kenya)
Rashid Hassan, Sudán, Economista
(reside en Kenya)*
Paul Heisey, EUA, Economista (reside en
Malawi)
Wilfred Mwangi, Kenya, Economista
(reside en Etiopía)
Allan Low, RU, Economista (reside en
Zimbabwe)

Sureste de Asia (personal residente en Tailandia)

Larry Harrington, EUA, Economista

Haití

Ousmane Guindo, Canadá, Economista

México

Albéric Hibon, Francia, Economista

Pakistán

James Longmire, Australia, Economista

Científicos Asociados

Judith Carney, EUA, Geógrafa**
Mitchell Renkow, EUA, Economista

Pre y Posdoctorados

Daphne S. Taylor, Canadá, Economista*
Gregory Traxler, EUA, Economista

Investigador Visitante

John Brennan, Australia, Economista**

* Asignado en 1989.

** Renunció en 1989.

Biometría

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

Estaciones Experimentales

John A. Stewart, RU, Jefe de Estaciones y
Gerente Ejecutivo del CIMMYT
Hannibal A. Muhtar, Líbano, Coordinador
Armando S. Tasistro S., Uruguay,
Agrónomo/Funcionario de
Capacitación
Roberto Varela S., México, Coordinador
Abelardo Salazar, México,
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
Rodrigo Rascón, México, Superintendente
de Campo, Cd. Obregón
Gonzalo Suzuki, México, Superintendente
de Campo, Estación Experimental
Tlaltizapán
Daniel Villa H., México, Jefe de Taller**
Juan García R., México, Jefe de Taller*

* Asignado en 1989.

** Renunció en 1989.

Servicios de Información

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

Laboratorio de Genética Molecular Aplicada

David Hoisington, EUA, Jefe

Laboratorios Generales

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

Sanidad de Semillas

Larry Butler, EUA, Jefe
Clarisa Sánchez, México, Laboratorista

Sistemas y Servicios de Computación

Russell Cormier, Canadá, Jefe
Neal Bredin, Canadá, Científico
Asociado**
Miguel Cooper, México, Administrador
de Redes y Minicomputadoras**
Guillermo Ibarra, México, Administrador
de Redes y Minicomputadoras*
Hector Nuñez C., México, Líder de
Proyectos, Computación Científica*
Henrik Schou, Dinamarca, Analista de
Programas*
Marco van den Berg, Países Bajos,
Científico Asociado**
Jesús Vargas G., México, Administrador
de Sistemas y Operaciones

Direcciones del CIMMYT (abril de 1990)

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
Telefax INTL: 525-954-1069
Telefax NATL: 915-954-1069

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:CGI077 (CIMMYT
MAIZE)
Telex: 5769 CIATCO
Telefax: 57-23-647243

CIMMYT
Apartado 55
2200 Coronado, San José
COSTA RICA
E-mail:157:CGI066
Telex: 2144 IICA
Telefax: 506-29-4741

CIMMYT
IITA 01 B.P. 2559
Bouake 01
COTE D'IVOIRE
E-mail: WARDA (CGI125)
Telex: 69138 ADRAOCI

CIMMYT
c/o INIAP
Apdo. 2600
Quito
ECUADOR
Telex: 00308 2532 INIAP ED

CIMMYT
c/o ILCA
P.O. Box 5689
Addis Ababa
ETIOPIA
Telex: 21207 ILCA ET

CIMMYT
c/o Canadian High Commission
Box 1639
Accra
GHANA
Telex: DOMCAN 2024 (Canadian High
Commission in Ghana)
or 3036 BTHIO GH (Kumasi)

CIMMYT
c/o ICTA
Apto. Postal 692-A
Ave. Reforma 8-60 Zona 9
Edif. Galerías Reforma, 3er Nivel
Guatemala City
GUATEMALA
E-mail: 157:CGI303 (CIAT)
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: CIP/CIMMYT 10074:CGU017
Telex: 22040 ILRAD

CIMMYT
P.O. Box 30727
Lilongwe 3
MALAWI
Telex: 43055 ROCKFND MI
Telefax: 731014

CIMMYT
P.O. Box 5186
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
Telefax:(595-21) 91-346

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

CIMMYT
P.O. Box 9-188
Bangkok 10900
TAILANDIA
E-mail: 157:CGI205
Telex: 84478 INTERAG TH
Telefax: (0066/2) 579-4377

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

CIMMYT
P.O. Box MP163 or MP154
Mount Pleasant
Harare
ZIMBABWE
E-mail: 157:CGI237
Telex: 22462 CIMMYT ZW

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es una organización internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y la capacitación. Tiene su sede en México y lleva a cabo, a nivel mundial, un programa de investigación sobre el maíz, el trigo y el triticale, orientado a mejorar la productividad de los recursos agrícolas en los países en desarrollo. El CIMMYT es uno de los 13 centros internacionales sin fines de lucro, que realizan investigaciones agrícolas y capacitación con el apoyo del Grupo Consultivo sobre la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), que a su vez cuenta con el patrocinio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El CGIAR está compuesto por un grupo de 40 donadores, entre los que figuran países, organismos tanto internacionales como regionales y fundaciones privadas. A través del CGIAR, el CIMMYT recibe fondos para su presupuesto básico de varias fuentes, como lo indica la sección financiera de este *Informe anual*.

El CIMMYT es el único responsable de esta publicación.

Cita correcta: CIMMYT. 1990. *Informe anual 1989 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). Más allá de la subsistencia: Nuevas opciones para los agricultores de Asia.* México, D.F.: CIMMYT.

Edición en español: Alma McNab.

Redacción/edición en inglés: Tiffin D. Harris, Nathan Russell, Kelly Cassaday, Michael Listman, Alma McNab y Gene Hettel.

Diseño: Miguel Mellado E. y Anita Albert (consultora).

Asistente en el diseño: María Concepción Castro Aragón.

Recopilación bibliográfica: Edith Hesse de Polanco, Lourdes Romero y Miguel Angel López.

