

# CIMMYT

Informe anual 1998-1999

Ciencia para  
sustentar a la gente  
y el medio ambiente



CIMMYT

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

# ÍNDICE

## MENSAJE DEL DIRECTOR GENERAL

### CIENCIA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

- 6 Asegurar la semilla en América Central: Del desastre al desarrollo
- 10 En todo el mundo siguen creciendo los impactos del trigo
- 13 El maíz del CIMMYT brinda opciones a los pequeños agricultores en América Latina
- 16 Más fuerte que la suma de sus partes, la colaboración promueve el avance de la biotecnología
- 20 Nueva vida para el trigo en Asia Central y el Cáucaso

### CIENCIA PARA PROTEGER LOS RECURSOS NATURALES

- 24 Trigo más agua: ¿Una ecuación que desaparece?
- 27 Labranza reducida para el maíz tropical y el trigo: Del arado de volteo al mantillo
- 31 ¿Son compatibles la diversidad genética y el desarrollo agrícola?
- 34 Los marcadores moleculares ayudan a crear una combinación invencible de resistencia y tolerancia

### CIENCIA PARA ALIVIA LA POBREZA

- 38 El maíz con calidad de proteína: El alimento de los pobres se convierte en una fuente de proteínas accesible y de bajo costo
- 40 La investigación participativa: Convertir a los agricultores en colaboradores para el desarrollo
- 44 Se prepara el resurgimiento del maíz en el Perú

### ACTUALIZACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN

- 48 Elogios a una tecnología "poderosa" en Shandong, China
- 49 Los rendimientos de trigo duro establecen una nueva marca
- 50 AMBIONET hace avanzar la biotecnología en Asia
- 53 Un control eficiente de los áfidos que no dañan el medio ambiente
- 55 La pérdida de la diversidad genética: ¿Podemos correr el riesgo?
- 58 El proyecto centroamericano encuentra remedios a la degradación de la tierra
- 60 Ciclos alternados de fertilización mejoran la eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo
- 62 Los científicos aplican en el campo lo que han aprendido en los cursos de biotecnología
- 64 Los agricultores trabajan con los principios y las prácticas de la biodiversidad

## RESEÑA FINANCIERA, 1998-1999

## CONSEJO DIRECTIVO Y PERSONAL PRINCIPAL

## DIRECCIONES DEL CIMMYT

# CIMM

en

## NUESTRA MISIÓN

El CIMMYT es un centro internacional de investigación agrícola y capacitación, sin fines de lucro, dedicado a ayudar a los pobres de los países de escasos ingresos. Contribuimos a aliviar la pobreza aumentando la rentabilidad, la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de maíz y de trigo.

## OBJETIVOS

Nuestro trabajo se centra en el maíz y el trigo, dos cultivos importantísimos para la seguridad alimentaria, pues proporcionan alrededor de una cuarta parte de los alimentos (calorías totales) consumidos en los países de escasos ingresos, son fundamentales para la alimentación de los pobres y constituyen una importante fuente de ingresos para los agricultores de escasos recursos.

## COLABORADORES

El personal de nuestros programas de investigación de maíz, trigo, economía, recursos naturales y biotecnología trabaja con colegas de los programas nacionales de investigación agrícola, universidades y otros centros de excelencia de todo el mundo, así como de la comunidad de donadores y las organizaciones no gubernamentales.

# Y T el mundo...



[www.cimmyt.cgiar.org](http://www.cimmyt.cgiar.org)

## Actividades

- Desarrollo y distribución a nivel mundial de maíz y trigo de alto rendimiento, con resistencia genética a enfermedades importantes, insectos y otros factores que reducen el rendimiento.
- Conservación y distribución de los recursos genéticos de maíz y de trigo.
- Investigación estratégica sobre el manejo de los recursos naturales en los sistemas de cultivo basados en el maíz y el trigo.
- Generación y documentación de conocimientos nuevos acerca del maíz y el trigo.
- Desarrollo de métodos de investigación más eficaces.
- Capacitación de diversos tipos.
- Asesoramiento técnico.
- Más de 21 millones de hectáreas en los países en desarrollo (alrededor del 50% de la superficie dedicada a variedades mejoradas) están sembradas con variedades de maíz vinculadas con el CIMMYT.
- Las variedades de trigo y de maíz vinculadas con el CIMMYT representan más de tres mil millones de dólares (dólares de 1990) en producción adicional de granos cada año en el mundo en desarrollo.
- Más de 9,000 investigadores de todo el mundo han egresado de los programas de capacitación del CIMMYT.
- Los productos de nuestras redes de información e investigación aumentan la eficiencia de los investigadores en más de 100 países.

## Impactos

- Más de 60 millones de hectáreas en los países de bajos ingresos están sembradas con variedades de trigo vinculadas con el CIMMYT, que constituyen un poco menos de dos tercios de la producción total. Se estima que esas variedades aportan más de 10 millones de toneladas adicionales de granos cada año.

## Ubicación

Nuestra sede está en México, pero las actividades y los impactos del CIMMYT se extienden por todo el mundo por conducto de 17 oficinas regionales (véase la información en la página 72).

# MENSAJE DEL DIRECTOR GENERAL

EL MENSAJE DEL INFORME ANUAL DE ESTE AÑO ES SENCILLO,

PERO MERECE SER REPETIDO: EN EL CIMMYT

REALIZAMOS CIENCIA PARA SATISFACER LAS

NECESIDADES ESENCIALES DE LAS PERSONAS EN CUANTO

A ALIMENTOS, INGRESOS Y UN MEDIO AMBIENTE SALUDABLE.

Junto con nuestros colaboradores realizamos ciencia no por la ciencia en sí sino en bien de millones de personas que no tienen otra salida más que luchar para permanecer vivos. Es verdad que las naciones del mundo producen juntas alimentos suficientes para alimentar a cada habitante de la tierra, pero la sociedad mundial no es equitativa. Cientos de millones de personas no pueden comprar ni producir alimentos suficientes para su sustento. Hasta que de algún modo cambie la compleja ecuación que rige su acceso a los alimentos, estas personas continuarán luchando por el derecho a sobrevivir.

En el CIMMYT sabemos que la ciencia puede modificar la ecuación.

## Ciencia para los Pobres: Un Ejemplo

Cualquiera que dude de las repercusiones de la investigación agrícola en la seguridad alimentaria, el alivio de la pobreza y la protección de los recursos naturales, debe visitar zonas rurales de Guizhou, una de las provincias más pobres de China.

Recientemente recorrí esos lugares y presencié un cambio decisivo y casi milagroso en la vida de los pobres. El origen de ese cambio fue la introducción de híbridos de maíz con calidad de proteína (QPM) como parte de un esfuerzo gubernamental por aliviar la hambruna. El maíz con calidad de proteína tiene un alto contenido de dos aminoácidos esenciales, la lisina y el triptófano, que son fundamentales para el crecimiento de los niños y el ganado no rumiante. Por ejemplo, 175 gramos de QPM cubren las necesidades diarias de proteína de un niño, cantidad equivalente a 250 gramos de maíz normal.



Las variedades de maíz usadas en Guizhou fueron desarrolladas mediante una prolongada colaboración entre la Academia China de Ciencias Agrícolas (CAAS) y el CIMMYT. Los productos de su investigación –usados hoy en los campos de los agricultores- son híbridos que en general tienen una línea progenitora proveniente del CIMMYT y una línea progenitora china. Todos los científicos chinos involucrados en esta investigación han asistido a cursos de capacitación en el CIMMYT.

En la aldea Maoli, donde la finca típica tiene unas 0.7 hectáreas, los ingresos anuales estaban por debajo de los 50 dólares per cápita hasta hace poco. Por períodos de hasta tres meses al año, las familias virtualmente no tenían alimentos. Los híbridos de QPM han tenido rendimientos alrededor de 10% más altos que los otros híbridos y proporcionan además grano con mayor calidad nutricional. Si bien parte de este grano es consumido directamente por las familias de los agricultores, se lo ha usado básicamente en la producción porcina. Nuevas empresas de producción de animales han aumentado la

seguridad alimentaria y los ingresos de todas las familias involucradas.

Una agricultora de edad avanzada explicó: “Siempre hemos trabajado duro, pero esto sólo bastaba para mantenernos vivos hasta que llegó el QPM. Gracias por ayudarnos. Ahora mi familia es feliz, tenemos una buena casa, buenas ropas y puedo viajar a la ciudad.” Tenía 78 años y evidentemente había sufrido muchas penurias. Además de las familias de Maoli, otras 20,000 familias de la provincia de Guizhou han recibido beneficios similares.

Mi día en la aldea de Maoli fue un ejemplo de los grandes privilegios de trabajar para el CIMMYT. Los escépticos me dirán: “Pero no tienes datos iniciales. ¿Cómo puedes medir los impactos reales?” A ellos les diría: “Vayan y escuchen. Una vez que hayan visto a los agricultores y hayan hablado con ellos, se fortalecerá su fe en la investigación para el desarrollo.” Ver para creer.

## TEMAS ABORDADOS

### EN ESTE INFORME

Nuestro propósito en este informe anual es ayudar a la gente a ver y comprender –por medio de las experiencias de los científicos y los agricultores– cómo nuestra investigación promueve la seguridad alimentaria, protege los recursos naturales y ayuda a aliviar la pobreza en todo el mundo. Las secciones siguientes abordan una serie de temas: la inminente escasez de agua en la agricultura; el restablecimiento de la semilla para los agricultores centroamericanos después de un huracán devastador; los retos para los investigadores y productores de trigo en Asia Central, quienes tienen que trabajar dentro de una economía totalmente nueva e imprevisible; la notable contribución de la semilla de maíz y de trigo del CIMMYT al fitomejoramiento y la seguridad alimentaria en todo el mundo; las técnicas moleculares de mejoramiento que permiten al trigo vencer a un virus transmitido por áfidos; y muchos otros avances de la investigación.



UNA AGRICULTORA DE

EDAD AVANZADA EXPLICÓ:

“SIEMPRE HEMOS

TRABAJADO DURO, PERO

ESTO APENAS NOS

MANTENÍA VIVOS— HASTA

QUE LLEGÓ EL QPM.

GRACIAS POR  
AYUDARNOS.

AHORA MI FAMILIA ES

FELIZ, TENEMOS UNA

BUENA CASA, BUENA

ROPA Y PUEDO VIAJAR

A LA CIUDAD”.

## RESEÑA DE 1998-1999

Si bien el espacio de que disponemos no nos permite enumerar todos los acontecimientos de este último año en el CIMMYT, me gustaría destacar algunos.

Durante el evento denominado *Día de la India y el CIMMYT* celebrado en abril de 1998, nos reunimos con colegas de ese subcontinente para festejar una de las asociaciones para la investigación más perdurables y productivas del mundo. Una meta de la reunión era examinar las perspectivas de una mayor colaboración. El estado de ánimo imperante fue expresado por M.V. Rao, ex Director del Proyecto de Trigo y ex Director General Especial del Consejo para la Investigación Agrícola de la India (ICAR): “Pienso que la mayor y única esperanza para millones y millones de pequeños agricultores son los programas humanitarios colaborativos, como el de la India y el CIMMYT”.

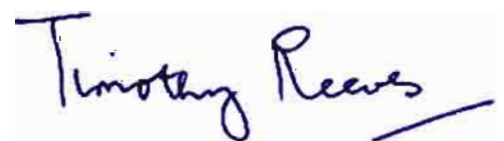
La investigación del CIMMYT es realizada por equipos multidisciplinarios. En enero de 1999, nuestra primera Semana de Informes de Proyectos reunió a todo el personal en la sede del CIMMYT para que los jefes de los proyectos informaran sobre los avances logrados y los equipos pudieran planear la investigación del año venidero. La Semana de Informes fue una excelente oportunidad para que el personal conociera los retos y logros de los demás y apreciara la investigación tan variada que realizamos.

El año se caracterizó también por los premios y distinciones otorgados a personal del CIMMYT. Se destaca el Premio a la Amistad, la distinción más alta que concede China a un extranjero, otorgado a Sanjaya Rajaram, Director del Programa de Trigo, en el Gran Salón del Pueblo en Beijing.

Muchos otros integrantes del personal recibieron distinciones profesionales similares, incluyendo premios por artículos publicados en revistas científicas y por la participación en sociedades profesionales. Estamos en extremo orgullosos de pertenecer a una institución cuyos miembros han trabajado tanto en bien de los demás.

Hay que mencionar otros dos acontecimientos de 1998-1999. En primer lugar, después de una revisión de las actividades de tecnología de la información, hemos incorporado todas las funciones vinculadas con la bioinformática y la biotecnología en el Programa de Biotecnología Aplicada y Bioinformática. En segundo, en un intento por hacer más objetivas y útiles las evaluaciones del personal, continuamos buscando métodos de evaluación basada en múltiples fuentes (un trabajo iniciado mediante el Programa el Género y la Diversidad del CGIAR).

Por último, es importante agregar que este año documentamos los impactos de nuestra investigación. Tenemos los datos y, de nueva cuenta, vemos que el CIMMYT, sobre todo en lo concerniente a la investigación fitogenética de trigo, no tiene rivales en cuanto a producir beneficios en los campos de los agricultores. Los resultados de nuestros estudios se presentan con más detalles en este informe, pero me gustaría subrayar aquí la dimensión humana de este logro. Estos resultados impresionantes son el producto de mucho esfuerzo por parte de nuestros investigadores y colaboradores, que trabajan largas horas con presupuestos limitados. Con demasiada frecuencia esta labor no es reconocida con premios y ceremonias, pero no se debe subestimar su importancia, ya que permite a millones de seres humanos escapar del hambre y la pobreza.



Ciencia para la

# Seguridad alimentaria



# ASEGURAR LA SEMILLA EN AMÉRICA CENTRAL:

## DEL DESASTRE AL DESARROLLO

COMO SECUELA DEL HURACÁN MITCH, MUCHAS FAMILIAS CAMPESINAS HONDUREÑAS Y NICARAGÜENSES ENCONTRARON QUE HABÍAN ESCAPADO CON VIDA, PERO HABÍAN PERDIDO SUS MEDIOS DE SUBSISTENCIA. LA TORMENTA DESTRUYÓ LOS CULTIVOS Y LA SEMILLA ALMACENADA EN ESTOS PAÍSES, INCLUIDOS IMPORTANTES DEPÓSITOS DE SEMILLA DEL GOBIERNO. SIN SEMILLA PARA SEMBRAR EN EL PRÓXIMO CICLO DE CULTIVO, ¿CÓMO SOBREVIVIRÍAN ESAS FAMILIAS?

“Hubo 23 derrumbes sólo en mis tierras. El huracán arrasó con todo: la cosecha, el camino, las cercas... ¡todo!” El productor de maíz Félix Láinez estaba de pie bajo el cielo azul en una soleada tarde de marzo. El sol calentaba los cerros y las hondonadas. La paz de este lugar, al este de Choluteca, en el sur de Honduras, hacía difícil imaginar la devastación provocada por el huracán Mitch en el pasado mes de octubre.

Durante tres días de furia destructora, la tormenta descargó millones de metros cúbicos de lluvia sobre las zonas montañosas de Honduras y Nicaragua. Cinco meses más tarde, los efectos aún eran visibles en todo el campo: huellas de erosión en las laderas; escombros esparcidos por bancos de arena donde una vez hubo poblaciones ribereñas; pequeñas cruces de madera que marcan los sitios donde las aguas arrastraron víctimas. De toda América Central, Honduras fue la nación más duramente golpeada por Mitch

—se estima que las pérdidas agrícolas llegaron a 800 millones de dólares— pero el daño también fue considerable en las zonas montañosas del norte de Nicaragua, cerca de la frontera con Honduras. Como suele suceder, los efectos del huracán fueron más calamitosos para la gente de escasos recursos, muchos de ellos pequeños agricultores que viven en la pobreza y poseen poco efectivo y escasas reservas de alimentos.

Láinez tuvo suerte: él y su familia escaparon con vida, con su modesta casa, algunos kilogramos de maíz y ahorros que les han permitido comprar más grano. Sin embargo, él y sus compañeros en Honduras cultivaron poco maíz durante el ciclo de invierno de 1999, ya que dedicaron la mayoría de sus esfuerzos a actividades de socorro o limpieza.



## DE LAS RUINAS SURGE UN PROGRAMA NACIONAL

Una consecuencia en potencia más grave a largo plazo para los agricultores hondureños fue la devastación sufrida por la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). La DICTA, fuente primaria de la semilla básica que los proveedores multiplican y distribuyen a los agricultores, perdió grandes reservas de semilla, casi todos los sembradíos de maíz mejorado y la mayor parte de la maquinaria e infraestructura en varias estaciones experimentales importantes. En Nicaragua, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) sobrevivió a la tormenta virtualmente intacto, pero tuvo que intensificar la producción de granos básicos en zonas de cultivos invernales para contrarrestar la escasez de maíz y frijoles. En ambos países, se vio la oportunidad de convertir el desastre en desarrollo ofreciendo a los agricultores semilla de versiones mejoradas de sus variedades tradicionales de maíz y frijol, para sustituir a las variedades más antiguas y menos productivas perdidas en el huracán.

Para aprovechar esta oportunidad, el CIMMYT ha ayudado al programa de producción de semilla y mejoramiento de maíz de la DICTA a surgir de las ruinas y ha brindado apoyo crucial a las actividades de desarrollo y producción de semilla del INTA. Las actividades del CIMMYT, parte de su participación en "Semillas de Esperanza para América Central"—iniciativa de ayuda dirigida por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)—y en el Programa Regional de Maíz (PRM) para América Central y el Caribe, una red financiada por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, incluyó lo siguiente:

- En noviembre de 1998, el CIMMYT envió a la DICTA casi media tonelada de semillas de diversas variedades mejoradas y líneas endogámicas escogidas por su alto rendimiento, adaptación regional y tolerancia a factores desfavorables.

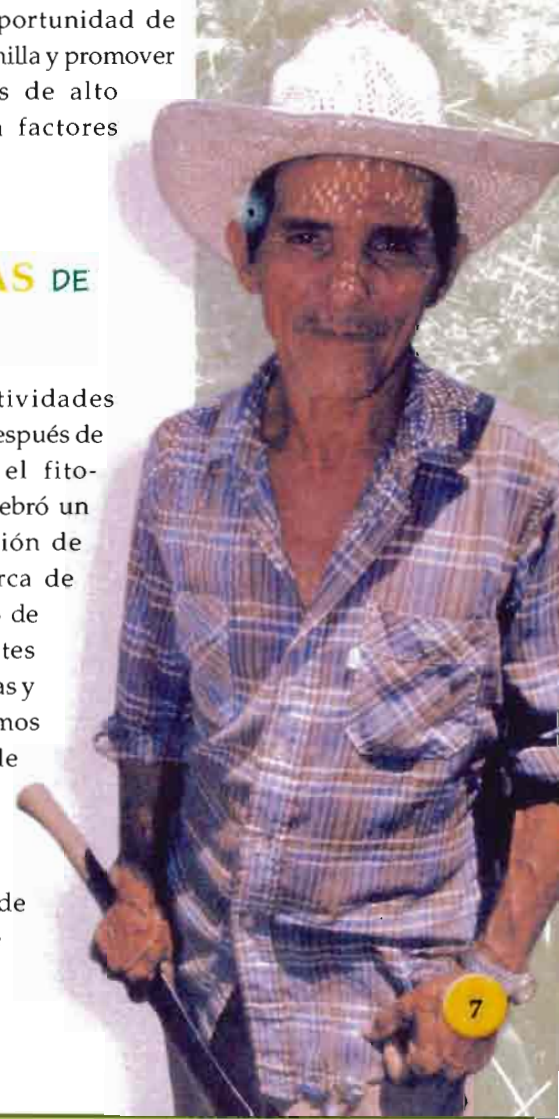
- El Centro y el personal del PRM trabajaron directamente con la DICTA en planear y ejecutar el restablecimiento de los materiales de mejoramiento de maíz.
- El CIMMYT y el PRM se unieron a representantes de organismos patrocinadores, instituciones de investigación de todos los niveles, organizaciones no gubernamentales y otras entidades para organizar y coordinar la asistencia en Honduras, Nicaragua y las zonas afectadas por la tormenta en otras partes de América Central.

"Estamos complacidos y sorprendidos por la celeridad de la respuesta y el apoyo del CIMMYT", dice Norberto Urbina, Subdirector de Generación de Tecnología de la DICTA. "El maíz es el cultivo número uno en Honduras: lo producen en todas partes principalmente pequeños propietarios, en tierras marginales y con bajos rendimientos. Mitch destruyó los cultivos de maíz, pero este desastre nos ha dado la oportunidad de purificar las existencias de semilla y promover la siembra de variedades de alto rendimiento, tolerantes a factores desfavorables."

## NUEVAS SEMILLAS DE ESPERANZA

Para destacar las actividades relacionadas con la semilla después de Mitch y los avances en el fitomejoramiento, la DICTA celebró un día de campo en su estación de investigación Playitas, cerca de Comayagua, el 25 de marzo de 1999. Entre los participantes figuraron autoridades políticas y representantes de organismos patrocinadores, Semillas de Esperanza, el CIMMYT y el PRM. Durante la ceremonia introductoria, los oradores describieron el programa de investigación agrícola de Honduras y las actividades

EL PRODUCTOR DE MAÍZ FÉLIX LÁINEZ HA RETIRADO LOS ESCOMBROS QUE DEJÓ MITCH EN SUS CAMPOS. DESPUÉS DE LA TORMENTA, ESTÁ LISTO PARA EMPEZAR DE NUEVO.



UNA VEZ CRECIÓ EL MAÍZ AQUÍ. ESTA EXPANSIÓN CUBIERTA DE DUNAS ES LO QUE QUEDA DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL LA LUJOSA, CHOLUTECA, AL SUR DE HONDURAS. EL JEFE DE LA ESTACIÓN, RONY ALBERTO BUSTILLO REYES, ESTÁ DE PIE DELANTE DE LO QUE UNA VEZ FUE UNA PARCELA DE MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA DE MAÍZ. ALIMENTADO POR LAS TORRENCIALES LLUVIAS DE MITCH, EL CAUDAL DEL CERCANO RÍO CHOLUTECA CRECIÓ MÁS DE 10 METROS E INUNDÓ LA LUJOSA, ARRASTRANDO GENERADORES, CAMINOS, SISTEMAS DE RIEGO, MAQUINARIA AGRÍCOLA, CERCAS, BODEGAS, ENSAYOS Y PARCELAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA. "PODRÍAMOS HABER HECHO MUCHO PARA REDUCIR EL DAÑO AQUÍ", DICE BUSTILLO. "PERO TODO EL PERSONAL Y LOS VEHÍCULOS ESTABAN OCUPADOS EN ACTIVIDADES DE RESCATE EN LA CIUDAD DE CHOLUTECA."



colaborativas para afrontar la crisis provocada por Mitch y el Subsecretario de Agricultura, Miguel Angel Bonilla, agradeció oficialmente al CIMMYT y el PRM: "Nuestro programa fue prácticamente destruido. Ahora estamos reconstruyendo, ensayando variedades seleccionadas provenientes del CIMMYT, de mayor rendimiento y mejor comportamiento agronómico".

En el campo, los participantes recorrieron parcelas de maíz, frijoles, arroz, papa y viñedos sometidas a observación o destinadas a la multiplicación de semilla. Gran parte del maíz provenía del envío de semilla del CIMMYT, que incluía variedades y líneas endogámicas similares a los materiales ya existentes pero superiores en rendimiento y comportamiento agronómico. Según Jorge Bolaños, agrónomo del CIMMYT y coordinador del PRM, esto representa la sustitución casi total de las antiguas variedades hondureñas por genotipos nuevos y mejores. "Todos los materiales ya habían sido sometidos a numerosas pruebas en los ensayos regionales del PRM, que incluyeron sitios en Honduras", dice Bolaños. "Podrían haber sido usados de inmediato por los agricultores, pero primero deben ser aprobados por el sistema nacional de certificación de semilla." Además del potencial de alto rendimiento, la semilla presentaba características valiosas tales como tolerancia a la sequía, resistencia a enfermedades foliares y pudrición de la mazorca o una mejor calidad proteínica. El PRM aportó 20,000 dólares para los gastos de siembra y manejo. "Esta semilla básica fue sembrada entre Navidad y Año Nuevo, en condiciones muy difíciles, por los agrónomos de la DICTA, entre ellos Leopoldo Alvarado, Gustavo López, Oscar Cruz y Elio Durón", dice Bolaños.

Un material que se destacó en el día de actividades de campo fue la versión sustituta de Guayape, variedad con renombre nacional parcialmente derivada de la Población 43 del CIMMYT. "Esta variedad es tan competitiva que produce rendimientos similares a los de los híbridos", dice López, mientras descubre una gran mazorca de granos blancos en la parcela de ensayos de Guayape. Líneas seleccionadas de todos los materiales serán sometidas a amplias pruebas en finca y en la estación el próximo año. Las mejores llegarán a manos de los agricultores mediante las actividades de extensión asistidas por organizaciones no gubernamentales y programas de semillas. Salvo que haya otros desastres o situaciones imprevistas, Bolaños espera un gran incremento en la productividad de maíz en Honduras en los próximos años, a medida que los agricultores comiencen a

cultivar los materiales nuevos. “Lograremos grandes avances, en particular con agricultores que nunca antes sembraron variedades mejoradas y perdieron su semilla a causa de Mitch. Algo bueno resultará de la catástrofe”, concluye.

## AUMENTO DE LAS PERSPECTIVAS EN NICARAGUA

En Nicaragua, las actividades de reposición de semilla tuvieron tanto éxito que la producción de maíz se duplicó y la de frijol se triplicó, gracias a la vigorosa y bien concebida respuesta de los funcionarios gubernamentales y la oportuna asistencia del CIMMYT, el PRM, el CIAT y PROFRIJOL (una red de frijol financiada por Suiza), entre otros.

“El inmediato y oportuno apoyo técnico y económico proporcionado por el CIMMYT y el PRM nos permitieron elaborar y ejecutar un plan de producción de semilla para reponer la semilla perdida a causa del huracán”, comenta Róger Urbina, Director General del INTA.

“He visto semilla proveniente de este esfuerzo sembrada en lugares muy remotos, a los que sólo se puede llegar por avión y luego navegando durante horas en bote”, dice Jerome Fournier, becario de predoctorado en el PRM. Se refiere a la reserva natural de BOSAWAS, hogar de los indígenas miskitos, en el nordeste de Nicaragua, cerca de la frontera con Honduras. “Todo el mundo quiere ver los resultados de la investigación; con la reposición de semilla, es fácil constatarlos, pues haciendo relativamente poco esfuerzo hemos obtenido grandes impactos”, dice Fournier. “Hemos logrado algo significativo a raíz de Mitch.”

## LA IMPORTANCIA DE QUE EL SECTOR PÚBLICO TENGA ACCESO A LA SEMILLA

Muchos miembros del personal del CIMMYT han colaborado en las actividades en Honduras y Nicaragua: Hugo Córdova, mejorador de maíz, Gustavo Sain, economista en América Central, y Héctor Barreto, ex agrónomo del CIMMYT asignado al Proyecto para las Laderas del CIAT, para nombrar sólo a algunos.

Según Bolaños, la crisis de Mitch subraya la necesidad vital de apoyar las actividades conjuntas en granos básicos efectuadas por los institutos públicos de investigación, de tal modo que los gobiernos tengan acceso a la semilla –un recurso estratégico– y puedan proporcionarla a los agricultores. “Los centros del CGIAR, como el CIMMYT y el CIAT, y redes de investigación como el PRM, dan acceso gratuito e inmediato a germoplasma de calidad a los países en desarrollo donde la semilla protegida por los derechos de propiedad intelectual puede no ser la mejor opción para la mayoría de los agricultores”, dice.

Para más  
información:

[j.bolanos@ns.guate.net](mailto:j.bolanos@ns.guate.net)

EL AGRÓNOMO DE MAÍZ JORGE  
BOLAÑOS HA ENCABEZADO LAS  
ACTIVIDADES DE  
REABASTECIMIENTO DE SEMILLA  
EN AMÉRICA CENTRAL,  
INICIADAS A RAÍZ DE  
MITCH.



# EN TODO EL MUNDO SIGUEN CRECIENDO LOS

## IMPACTOS DEL TRIGO

UN NUEVO ESTUDIO QUE DOCUMENTA LOS IMPACTOS MUNDIALES DE LA INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE TRIGO NUEVAMENTE DEJA CONSTANCIA DE LOS LOGROS DEL CIMMYT. LAS ACTIVIDADES DE MEJORAMIENTO DE TRIGO DEL CIMMYT Y SUS COLABORADORES CONTINÚAN LLEGANDO A MILLONES DE AGRICULTORES, ELEVANDO LOS RENDIMIENTOS POR TODO EL MUNDO Y REDUCIENDO LOS PRECIOS DE LOS ALIMENTOS PARA LOS CONSUMIDORES TANTO RURALES COMO URBANOS.

No es exageración afirmar que es enorme el aporte del CIMMYT a la producción mundial de trigo. En un estudio reciente de los impactos mundiales del trigo, los economistas del CIMMYT Paul Heisey y Mina Lantican, junto con Jesse Dubin, Director Asociado del Programa de Trigo, informan que el 62% de la superficie total de trigo en los países en desarrollo está sembrada con variedades relacionadas con el CIMMYT, y un poco menos del 50% de la superficie total corresponde a variedades que son cruza del CIMMYT o tienen por lo menos un progenitor proveniente del Centro.

Al examinarlas de cerca, las cifras son aun más impresionantes. El trigo harinero de primavera (el trigo más cultivado en el mundo en desarrollo) se siembra en 68 millones de hectáreas en países tan diversos como Etiopía, China y Brasil. En 1997, entre el 80% y el 90% de la superficie dedicada a este trigo en el mundo en desarrollo fuera de China estaba sembrada con variedades cuyas genealogías incluían materiales del CIMMYT (Figura 1). Sólo en China aproximadamente 33% de la superficie de trigo harinero de primavera se sembraba con germoplasma relacionado con el CIMMYT.

También son sorprendentes los datos acerca del trigo duro de primavera y el trigo de invierno o facultativo. Si bien en el pasado el CIMMYT hacía hincapié en el trigo harinero de primavera, en este último estudio se documenta la considerable adopción de trigos duros de primavera del CIMMYT. En la región del Oeste de Asia/Norte de África (OANA), donde se cultiva el 80% del trigo duro de primavera del mundo, más del 50% de la superficie está sembrada con cruza del CIMMYT. En América Latina, más del 90% de la superficie cultivada con trigo duro de primavera corresponde a cruza del CIMMYT.

En el transcurso de los años, la contribución del CIMMYT al mejoramiento de trigo de invierno en los países en desarrollo ha sido mucho menor que sus aportes al mejoramiento de trigo de primavera. "Es significativo que esta contribución haya aumentado considerablemente desde 1990", dice el economista Heisey.

# LOS TRIGOS DEL CIMMYT CONTINÚAN SIENDO UN RECURSO VALIOSO PARA LOS PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO

Gran parte de los datos sobre los impactos de la investigación de trigo provienen de colegas de los sistemas nacionales de investigación agrícola, quienes proporcionaron información sobre el lanzamiento de variedades nuevas de trigo (véase "Extracción de datos sobre el trigo", p. 12). Entre 1991 y 1997:

- El 56% de los trigos harineros de primavera lanzados por los programas nacionales eran cruza del CIMMYT;
- Un 28% adicional tenían por lo menos un progenitor del CIMMYT; y
- Otro 5% tenían algún antepasado proveniente del CIMMYT.

"El porcentaje de trigos de primavera provenientes de cruza del CIMMYT o por lo menos un progenitor del CIMMYT fue más alto que en los períodos anteriores," observa Heisey, "lo cual indica que el uso del germoplasma del CIMMYT no ha disminuido en los últimos años" (Figura 2).

"En comparación con los trigos harineros de primavera," dice Lantican, coautora del estudio, "una proporción más grande de trigos duros de primavera y trigos de invierno lanzados durante 1991-1997 por los programas nacionales contenía germoplasma del CIMMYT." De los 52 lanzamientos de trigo duro efectuados en ese período, el 77% eran cruza del CIMMYT, un 19% adicional tenía un progenitor del CIMMYT y otro 2% eran cruza de los programas nacionales con ancestros del CIMMYT (Figura 3). De los 106 lanzamientos de trigo de invierno, el 19% eran cruza del CIMMYT y otro 13% tenían un progenitor proveniente del Centro.

"Si nos basamos en los datos sobre los lanzamientos de variedades y la superficie sembrada," señala Heisey, "es evidente que el CIMMYT sigue desempeñando una función importante en la investigación de trigo en los países en desarrollo."

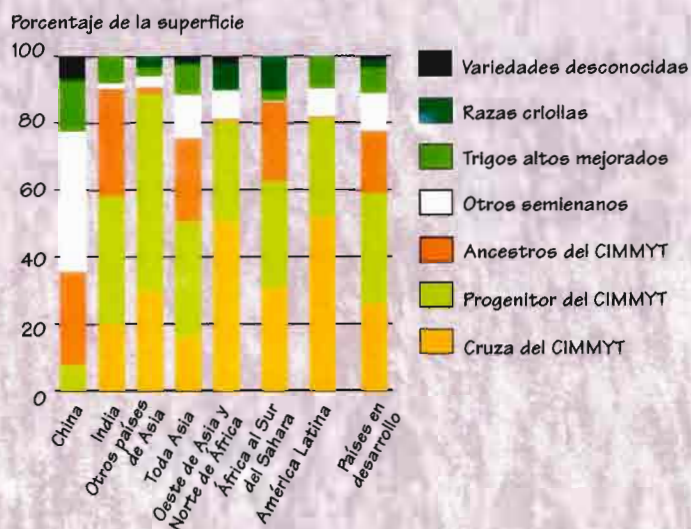


FIGURA 1. SUPERFICIE SEMBRADA CON TRIGO HARINERO DE PRIMAVERA EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO, 1997.

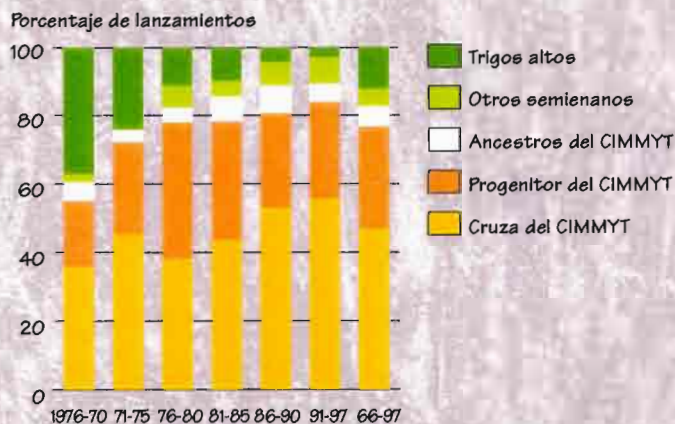


FIGURA 2. LANZAMIENTOS DE TRIGO HARINERO DE PRIMAVERA EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO, POR PERÍODO.

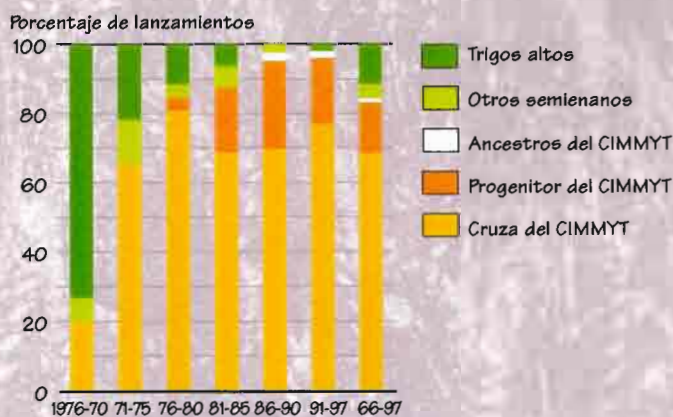


FIGURA 3. LANZAMIENTOS DE TRIGO DURO DE PRIMAVERA EN LOS PAÍSES EN DESARROLLO, POR PERÍODO.

### SOBRE EL TRIGO

Reunir datos sobre los impactos del trigo y ordenarlos en una forma coherente que se preste al análisis exigió un esfuerzo concertado del equipo de investigación del CIMMYT y sus colaboradores. Se enviaron cuestionarios a cada uno de los 41 países del mundo en desarrollo que produce 20,000 o más toneladas de trigo al año (excluyendo los países de Asia Central y el Cáucaso). Se recibieron respuestas de 36 países, que representan un poco menos del 99% de la producción total de trigo en los países en desarrollo. Para obtener las respuestas, la mayoría de las veces fue necesario un seguimiento personal en el país en cuestión. El equipo de investigación agradece el apoyo del Programa de Trigo del CIMMYT, de muchos colegas de los programas nacionales y del Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Áridas (ICARDA), quienes ayudaron a reunir esta información.

Hubo obstáculos como el volumen de actividades en países grandes como China e India, donde no es posible que una sola persona tenga toda la información requerida. Aun así, el alcance de este último estudio de los impactos del trigo fue mayor que el abarcado por el estudio anterior. En esta ocasión se reunieron bastante más datos de China, el mayor productor de trigo del mundo, lo cual da a los economistas y a los encargados de formular las políticas una visión mucho más completa de la situación mundial del trigo.

## TENDENCIAS EN LA INVESTIGACIÓN Y LA ADOPCIÓN DEL TRIGO

Durante el período transcurrido desde el último estudio sobre los impactos de nuestra investigación de trigo, surgieron varias tendencias significativas. “Ha habido un cambio de la siembra de cruza directa del CIMMYT a la siembra de cruza que tienen progenitores del Centro” observa Dubin, Director Asociado del Programa de Trigo, y agrega que “esto se podría explicar en gran medida por cierta reducción en la siembra de cruza directa en países como la India y Turquía, donde los programas nacionales han aumentado sus actividades de mejoramiento y usan con mucha frecuencia una variedad del CIMMYT como uno de los progenitores.” Una tendencia inesperada fue el incremento de la siembra de trigos de invierno del CIMMYT, que pasó de un nivel insignificante en 1990 a una respetable presencia en 1997 en la región del OANA, una importante zona de cultivo de ese cereal. Además, se documentaron algunos avances en China, donde un poco menos de tres millones de hectáreas se siembran con trigo de invierno que tienen ancestros provenientes del CIMMYT.

Dos tendencias preocupantes identificadas en el estudio fueron la lenta reposición de variedades en la mayoría de los países y un ritmo más lento en los aumentos de rendimiento en los campos de los agricultores. En cuanto a la reposición de variedades, Heisey señala que aumentó entre 1990 y 1997 la edad media de las variedades sembradas en los campos de los agricultores en 19 de los 31 países donde se pudo hacer la comparación. En otras palabras, el rezago entre el momento del lanzamiento y el de la adopción puede estar creciendo, muy probablemente porque los agricultores carecen de acceso a semilla mejorada. “Si continúa esta tendencia,” advierte, “dependiendo de las condiciones ambientales, es posible que las epidemias de roya u otras enfermedades causen un serio problema en algunos países en un futuro cercano.”

Según Heisey, son numerosos y complejos los factores que influyen en la desaceleración de los aumentos de rendimiento en los campos de los agricultores durante los últimos 10 a 15 años en regiones avanzadas de los países en desarrollo, como el noroeste de México y el Punjab de la India y Pakistán, pero los problemas del manejo agronómico y la degradación ambiental probablemente contribuyen mucho a esta inquietante tendencia.



# EL MAÍZ DEL CIMMYT BRINDA

## OPCIONES A LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES

### EN AMÉRICA LATINA

UN NUEVO ESTUDIO DE LOS IMPACTOS DE LA INVESTIGACIÓN DE MAÍZ EN AMÉRICA LATINA PONE DE RELIEVE LOS RETOS QUE ENFRENTAN LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES Y LOS INVESTIGADORES.

Los investigadores que estudian los impactos del trigo afrontan problemas distintos a los que encuentran los economistas que investigan los impactos del maíz, según Michael Morris, economista del CIMMYT y autor, junto con el economista Miguel Ángel López Pereira, de *Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina, 1996-1997*.<sup>1</sup>

Cuando se trata de evaluar las repercusiones de la investigación, explica Morris, hay dos tipos de problemas que distinguen al maíz del trigo: los problemas de la medición técnica y los del acceso a los datos. Los problemas de la medición técnica se originan en la misma planta de maíz.

“Como el maíz es una planta de polinización libre, existe mucha contaminación natural en los campos que hace mucho más difícil definir lo que es ‘germoplasma mejorado’”, dice Morris. “Y cuando hay problemas en definir lo que constituye germoplasma mejorado, también es difícil medir la superficie sembrada con ese germoplasma. No tenemos esos problemas con el trigo.”

También hay menos problemas en obtener datos sobre el trigo que sobre el maíz. Mucha, si no la mayor parte de la investigación de maíz, se realiza en el sector privado, y por ende es necesario obtener información detallada sobre qué están haciendo las empresas privadas en sus programas de mejoramiento para averiguar cómo se usa el germoplasma del CIMMYT.

“Es natural que las empresas se muestren reacias a darnos información que es valiosa desde el punto de vista comercial,” dice Morris, “y el problema se agrava por las dificultades vinculadas con los derechos de propiedad intelectual. Esto contrasta con el caso del trigo, pues la genealogía de todos los trigos comerciales está a disposición del público y, por lo tanto, es fácil rastrear sus antecedentes genéticos.” No obstante, los investigadores del CIMMYT pudieron obtener suficientes datos para producir resultados confiables, señalando el beneficio final de esos estudios para las empresas y dando garantías de que se respetaría la confidencialidad de la información. (Véase “Estudio de los impactos del maíz en América Latina: Logística y objetivos”, p. 15.)

<sup>1</sup> CIMMYT (1999). Están en prensa estudios individuales de los impactos del maíz en África al Sur del Sahara y en Asia, así como un estudio global que sintetiza los resultados obtenidos en las tres regiones.

## ALGUNOS RESULTADOS SORPRENDENTES

Los resultados más importantes del estudio tal vez sean que (1) la producción de semilla comercial está casi totalmente en manos del sector privado y (2) el 75% de la semilla comercial en América Latina (y una proporción similar de la superficie sembrada con materiales mejorados) contiene germoplasma del CIMMYT (Figuras 1 y 2).

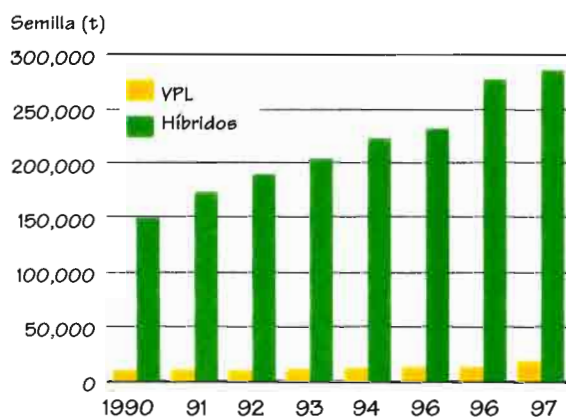


FIGURA 1. VENTAS DE SEMILLAS DE VARIETADES MEJORADAS DE MAÍZ DE POLINIZACIÓN LIBRE (VPL) E HÍBRIDOS, AMÉRICA LATINA.

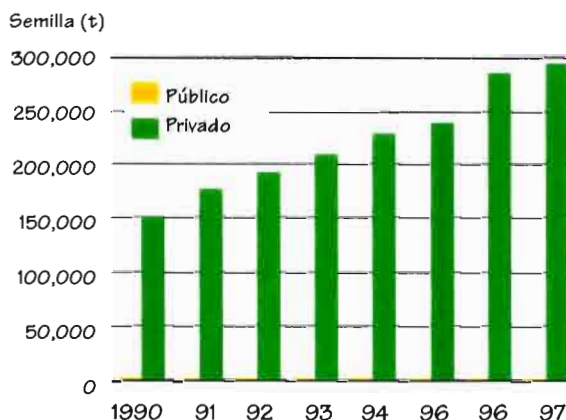


FIGURA 2. VENTAS DE SEMILLAS DEL SECTOR PÚBLICO Y EL SECTOR PRIVADO, AMÉRICA LATINA.

Morris subraya el mensaje que transmiten estos resultados. “A menudo se dice que el sector privado puede encargarse del mejoramiento de maíz y que no es necesaria una institución pública para cumplir esa función. Si eso es cierto, ¿por qué el 75% de los materiales vendidos por el sector privado contienen germoplasma del sector público? El sector público debe estar realizando una función útil y nuestros productos sí tienen valor, puesto que se están usando.”

Un resultado particularmente sorprendente del estudio fue que las variedades mejoradas no han sido adoptadas más ampliamente en México y América Central en los seis años desde la última encuesta. Cerca del 80% de la superficie de maíz en esas regiones todavía está sembrada con razas criollas (variedades locales).

“Es evidente que los programas de mejoramiento no han llegado a zonas grandes e importantes de esas regiones”, comenta Morris. Si bien la industria semillera ha crecido mucho en América Latina en los últimos años, ésta se concentra en las zonas de producción comercial y no trata de expandir su cobertura al gran número de agricultores que siguen sembrando variedades locales.

Morris concluye que, en este momento, los productores de semilla comercial sencillamente no están interesados en el otro 80% de la superficie de maíz. “No ganarían dinero vendiendo semilla a esos agricultores”, dice. “La demanda está demasiado dispersa en una superficie muy extensa, con malos caminos y estructuras de distribución deficientes. Además, esos agricultores trabajan en muy pequeña escala, generalmente no tienen dinero para pagar la semilla y aún no saben manejar los híbridos. Las empresas semilleras saben dónde pueden ganar dinero e incluso a veces pierden dinero por un tiempo con tal de desarrollar un mercado. Pero en este caso nuestros datos indican que, por el momento, las empresas no vislumbran siquiera la posibilidad de generar utilidades en esas zonas.”



## ¿TENDENCIAS INQUIETANTES PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES?

Dado que el sector público en América Latina ha dejado casi totalmente de producir semilla desde comienzos de los años 90 (otra revelación importante de este estudio), surgen serios interrogantes acerca de quién proporcionará materiales mejorados a los pequeños agricultores de la región. Además de este dilema, el estudio encontró una marcada tendencia a remplazar semilla de variedades de polinización libre, que pueden ser sembradas durante varios ciclos sin pérdidas excesivas de rendimiento, con semilla híbrida, que no puede ser reciclada con tanta facilidad. Esta es otra repercusión más de la fuerte tendencia a la privatización de la industria semillera.

Si bien la tendencia a la privatización puede interpretarse como la maduración de la industria semillera, Morris y López Pereira descubrieron otro hecho inquietante. “Un resultado inesperado del estudio es el grado de concentración de la industria semillera en muchos países”, dice Morris. “Encontramos, por ejemplo, que es común que las tres empresas más importantes en un determinado país controlen el 80%, o hasta el 90%, del mercado total de semilla comercial. Los resultados preliminares indican que lo mismo sucede en África y Asia. Surge entonces la pregunta de si los agricultores tendrán pocas opciones en el futuro y tal vez tengan que aceptar lo que se les ofrezca, al precio que sea, aunque sin duda no siempre será así. Ciertamente es algo que debemos ponderar y vigilar con mucho cuidado en el futuro.”

Para más  
información:  
[m.morris@cgiar.org](mailto:m.morris@cgiar.org)

## ESTUDIO DE LOS IMPACTOS DEL MAÍZ EN AMÉRICA LATINA: LOGÍSTICA Y OBJETIVOS

En su trabajo sobre los impactos en América Latina, Morris y López Pereira realizaron amplias entrevistas a representantes de 36 organismos públicos de producción de semilla de maíz y 172 empresas privadas en 18 países latinoamericanos. La intensa búsqueda de datos en el sector privado superó con mucho los esfuerzos realizados en la encuesta de 1992. En conjunto, los organismos que participaron en la encuesta producían el 97% de la semilla comercial de maíz vendida en la región en 1996. Los objetivos de la investigación eran claros:

- Documentar el uso del germoplasma vinculado con el CIMMYT;
- Estimar la adopción de variedades modernas (VM) a nivel de finca;
- Identificar los factores que afectan la adopción de VM; y
- Generar información que ayude a establecer las prioridades de la investigación.



# MÁS FUERTE QUE LA SUMA DE SUS

# PARTES, LA COLABORACIÓN PROMUEVE

# EL AVANCE DE LA BIOTECNOLOGÍA

LA COLABORACIÓN DE INSTITUCIONES AUSTRALIANAS DE INVESTIGACIÓN AVANZADA, CUYA MISIÓN ES MEJORAR EL ALTAMENTE EVOLUCIONADO SECTOR AGRÍCOLA DE ESE PAÍS, CON EL CIMMYT, CUYO OBJETIVO ES AYUDAR LOS AGRICULTORES POBRES DEL MUNDO EN DESARROLLO, PUEDE PARECER UNA ASOCIACIÓN ALGO DISPAREJA, PERO, DE HECHO, FUNCIONA MUY BIEN.

**“NINGÚN INSTITUTO TIENE  
TODOS LOS RECURSOS”**

Cuando el CIMMYT se convirtió en miembro fundador<sup>1</sup> del Centro Australiano de Investigación Conjunta para el Fito-mejoramiento Molecular (CRC-MPB) hace apenas dos años, se abrigaban grandes esperanzas de que este organismo sería productivo dados los beneficios que podrían resultar de las respectivas capacidades de los integrantes del CRC-MPB. Al examinar la colaboración científica y los avances logrados durante 1998-1999, parece que esas aspiraciones estaban bien fundadas.

“Ningún instituto del sector público o privado tiene todos los recursos, la tecnología y los

conocimientos científicos que necesitamos para hacer más eficiente nuestra labor”, dice David Hoisington, Director del Centro de Biotecnología Aplicada del CIMMYT (ABC). “Sobre todo en el caso del trigo, el objetivo fundamental de nuestras actividades en el CRC-MPB, a causa de su genoma grande, su complejidad y lo poco que se ha invertido en su investigación en el pasado.”

“Al trabajar con los institutos australianos del CRC-MPB,” continúa Hoisington, “colaboramos con líderes internacionales de la investigación de trigo y también con expertos en el análisis genético-molecular del trigo. Aprovechar esos conocimientos y experiencias nos permitirá generar productos que beneficiarán a nuestros clientes.”

HUGH WALLWORK, PATÓLOGO SÉNIOR,  
SARDI, AUSTRALIA.

Ya se han generado beneficios para Australia, según Hugh Wallwork, jefe del programa del CRC-MPB sobre factores bióticos desfavorables y patólogo sénior en el Instituto de Investigación y Desarrollo de Australia Meridional (SARDI). La asociación con el CIMMYT, dice, ha promovido el acceso a conocimientos especializados en el ABC y el Programa de Trigo, y al mismo tiempo ha generado “vínculos sólidos con otros organismos y personas en el plano internacional”. Observa que las relaciones estrechas creadas por el CRC-MPB permitirán a Australia hacer un mayor uso de la extensa colección de germoplasma de trigo del CIMMYT y también aportarán resultados en el campo de la bioinformática, ya que el CIMMYT es un actor fundamental en el desarrollo del Sistema Internacional de Información sobre los Cultivos (ICIS).

Hoisington y Wallwork coinciden en que el consorcio ha creado una situación provechosa para todos sus miembros, ejemplificada por la labor con marcadores moleculares de la resistencia a enfermedades y la transformación para inducir resistencia a las enfermedades del trigo provocadas por hongos.

## MARCADORES DE LA RESISTENCIA A ENFERMEDADES

El mejoramiento para obtener resistencia a las enfermedades no es algo nuevo, pero el cambio estratégico de no ya basar la resistencia en genes mayores sino en grupos de genes menores que crean resistencia más durable ha vuelto mucho más difícil la tarea de los investigadores. Los marcadores moleculares –los señalizadores del DNA que indican la

presencia de genes específicos- constituyen un poderoso instrumento que permite a los científicos identificar fuentes de resistencia menor a nivel molecular, lo cual hace posible lograr una resistencia más durable. Estos marcadores también contribuyen a un mejor conocimiento del control genético de la resistencia en general.

Manilal William, genetista molecular del CIMMYT patrocinado por el CRC-MPB, se dedica a la tarea de identificar marcadores de genes menores durables que juntos confieren resistencia prolongada a la roya de la hoja (*Puccinia recondita*) y la roya lineal o amarilla (*P. striiformis*), enfermedades importantes en muchos países en desarrollo. La roya de la hoja no es un problema grave en Australia, que también tiene variedades de trigo resistentes a la roya lineal, pero el encontrar marcadores de genes menores dará a los mejoradores y agricultores una línea defensiva adicional en el caso de que fracasaran las resistencias de los trigos australianos.

## BÚSQUEDA DE MARCADORES EN UNA ESPECIE COMPLEJA

“Encontrar marcadores moleculares de la resistencia a las enfermedades en general es una tarea difícil,” dice William, “y el trigo, con su genoma grande, lleno de secuencias repetitivas de DNA, no es una especie particularmente ‘propicia’ para ese trabajo. Sin embargo, hemos avanzado bastante hacia nuestros objetivos.”

ALESSANDRO PELLEGRINESCHI, BIÓLOGO CELULAR, DESARROLLÓ UN SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN DEL TRIGO QUE CUADRUPlicó LA EFICIENCIA DE ESTE PROCEDIMIENTO CRÍTICO.



<sup>1</sup> Los otros son la Universidad de Adelaida, la Universidad Southern Cross, el Instituto de Investigación y Desarrollo de Australia Meridional (SARDI) y el Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Victoria.

Se está logrando un buen avance hacia la identificación de marcadores usando el análisis de materiales segregantes en masa (BSA). Empleando datos de ensayos de resistencia a la roya de la hoja y a la roya lineal del Programa de Trigo, los científicos del proyecto seleccionan 10 de los trigos más resistentes y 10 de los más susceptibles y ponen cantidades iguales del DNA de cada trigo en una mezcla “resistente” o “susceptible” de materiales. Estas dos mezclas de materiales se analizan junto con las líneas progenitoras de los trigos usando distintos sistemas de marcadores para detectar variaciones a nivel molecular (polimorfismos), que son la base de esta tecnología. Hasta el momento, el equipo ha analizado mezclas de materiales usando más de 330 microsatélites y 235 polimorfismos por segmentos de longitud restringida (RFLP).

Recientemente William identificó un marcador AFLP (polimorfismo por segmentos de longitud amplificada), que indica la presencia de un locus génico estrechamente asociado con la resistencia a la roya de la hoja y a la roya lineal. Ahora trata de establecer la localización del marcador dentro del genoma. Desde entonces se han observado con otros marcadores polimorfismos adicionales en distintas poblaciones, los cuales proporcionan la base para identificar otras resistencias menores. William también está elaborando los mapas genéticos de poblaciones provenientes de cruces de Avocet, un trigo australiano susceptible, con tres trigos del CIMMYT resistentes a la roya. El material genético de estas poblaciones es crítico para perfeccionar la localización de los genes identificados con el BSA, y para una mejor caracterización molecular de los mecanismos de la resistencia.

En el futuro se efectuarán actividades similares de identificación de marcadores para el tizón foliar causado por *Septoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) y el carbón parcial (*Tilletia indica*), enfermedades frecuentes en el mundo en desarrollo y, en el caso de *Septoria*, también en Australia. Dentro de poco, un estudiante de doctorado patrocinado por el CRC-MPB comenzará a trabajar con William en la identificación de factores genéticos asociados con la tolerancia a la sequía en el trigo.

## ACELERACIÓN DE LA TASA DE TRANSFORMACIÓN

A veces en el trabajo científico los grandes beneficios surgen de componentes tangenciales de un proyecto. Según Alessandro Pellegrineschi, biólogo celular del CIMMYT, esto sucedió en el trabajo financiado por el CRC-MPB sobre la introducción de genes de resistencia a patógenos fúngicos y la caracterización de los efectos de éstos. En el camino hacia esa meta, se desarrolló un sistema de transformación del trigo que cuadruplicó la eficiencia de este procedimiento crítico en el laboratorio del ABC.

“Cuando entré en el proyecto,” dice Pellegrineschi, “nuestras tasas de transformación –en términos comunes y corrientes ‘el porcentaje de plantas en el cual logramos introducir genes nuevos’- eran inadecuadas para lo que estábamos haciendo. Necesitábamos un sistema confiable de transformación antes de poder trabajar en la resistencia.”

Comenzando con una tasa de transformación de menos del 0.2%, en ocho meses Pellegrineschi la elevó a 0.9-1.0%. Se logró esto mediante mejoras en el protocolo de transformación, incluyendo criterios más precisos de selección para los embriones usados en el bombardeo de partículas con la pistola de genes y el empleo de un DNA “limpiador”. Pellegrineschi incluso determinó que las temperaturas a las que se mantienen en el invernadero las plantas que proporcionan los embriones influyen en la eficiencia de la transformación.

Elevar la tasa de transformación es fundamental para poder usar plantas transgénicas en un programa de mejoramiento. Dice Pellegrineschi: “Si aumentamos nuestras tasas a 5%, que es nuestra meta, disparando a 1,200 embriones de trigo a la semana podríamos producir 60 transformaciones, suficientes para ensayar un constructo génico y producir al menos una planta viable capaz de transferir el carácter a su progenie. En el transcurso de un año, podríamos insertar más de 50 genes diferentes en las plantas, que los mejoradores pueden usar en su búsqueda de características nuevas.”

## EXPLORAR LA RESISTENCIA A LOS HONGOS USANDO PLANTAS TRANSGÉNICAS

Aunque sigue avanzando hacia la meta de transformación del 5%, el equipo del CIMMYT ha compartido su método perfeccionado de transformación con los científicos del CRC-MPB y ha comenzado a trabajar en la resistencia a los hongos. Pellegrineschi busca introducir en el trigo genes que produzcan proteínas relacionadas con los patógenos (PR) como la b-1,3 glucanasa, la quitinasa y la proteína inhibidora ribosómica, que han mostrado que pueden retrasar o detener el crecimiento de los hongos en algunos cereales. Una vez que se hayan creado plantas transgénicas que incorporen éstas y otras proteínas PR, deben ser "caracterizadas" para establecer los efectos que tiene el gen sobre la planta. En otras palabras, los científicos observan si la planta muestra resistencia a los hongos y, si es así, a cuáles de ellos y qué grado de resistencia; si existen efectos secundarios, como la esterilidad; si hay reducción del rendimiento, etc. Un segundo estudiante de doctorado patrocinado por el CRC-MPB comenzará la tarea de caracterización a fines de 1999.

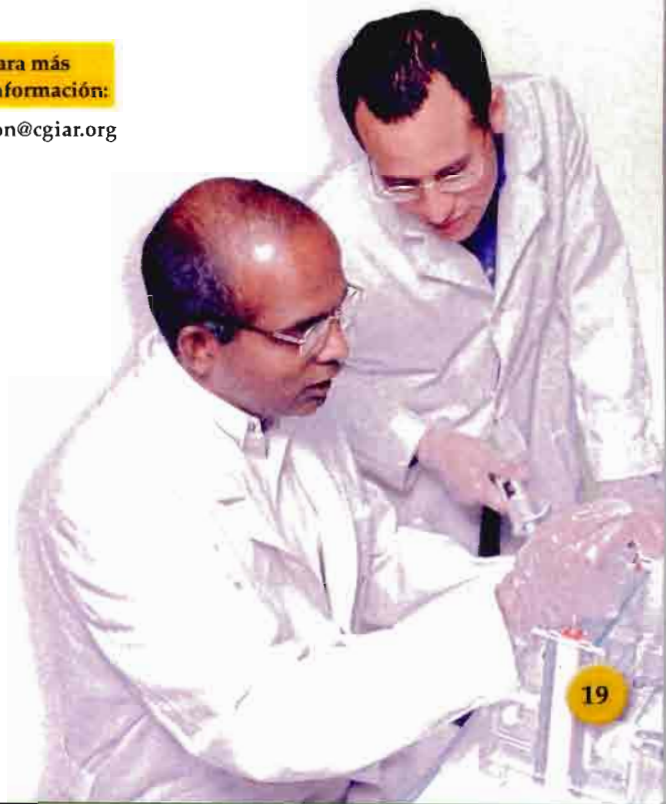
No obstante, caracterizar las plantas modificadas tal vez sea sólo el primer paso en el desarrollo de una estrategia de resistencia y plantas complementarias de trigo, explica Pellegrineschi. Las proteínas PR quizás funcionen mejor con un "promotor inducible", de tal modo que la planta produzca las proteínas sólo cuando es afectada por un determinado factor biótico. "Otro método es hacer que las proteínas se expresen únicamente en determinados tejidos" dice, y observa que, cuando un gen se expresa, siempre hay un costo metabólico para la planta. "Puede ser largo el camino que estamos recorriendo," agrega, "pero nuestros primeros pasos son alentadores."

## UN MODELO PARA LA COLABORACIÓN

Para Hoisington, del ABC, también son alentadores los primeros pasos que han dado los miembros del CRC-MPB. "Ésta es la primera vez que el ABC ha establecido un acuerdo como éste con institutos de países desarrollados y la experiencia ha sido muy positiva. De hecho, podría servir de modelo de cómo interactuar con otras universidades, e incluso con el sector privado, en forma tal que se cree un acervo de conocimientos no exclusivos que produzca beneficios para nuestros clientes respectivos."

Lo más importante es que, dice Hoisington, "demuestra que los institutos de investigación del mundo industrializado, tan fuertes en los aspectos teóricos de la tecnología, pueden trabajar con una institución como el CIMMYT, que representa a los países en desarrollo y que tiene una actitud práctica hacia esas tecnologías. El resultado es la aplicación práctica de esos instrumentos a problemas de la vida real en el mundo en desarrollo."

Para más  
información:  
[d.hoisington@cgiar.org](mailto:d.hoisington@cgiar.org)



"EL TRIGO NO ES UNA  
ESPECIE  
PARTICULARMENTE  
PROPICIA PARA ESTE  
TRABAJO", DICE EL  
GENETISTA  
MOLECULAR MANILAL  
WILLIAM (ASISTIDO  
AQUÍ POR JUAN JOSÉ  
OLIVARES). "SIN  
EMBARGO, HEMOS  
AVANZADO BASTANTE  
HACIA NUESTROS  
OBJETIVOS."

# NUEVA VIDA PARA EL TRIGO EN ASIA CENTRAL Y EL CÁUCASO

“MUCHOS CIENTÍFICOS BIEN CALIFICADOS HAN ABANDONADO LA INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA”, DICE YURIY ZELENSKIY, MEJORADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE CEREALES DE KAZAJSTÁN.

LOS PAÍSES DE ASIA CENTRAL Y EL CÁUCASO CAYERON EN UNA PROFUNDA CRISIS ECONÓMICA A COMIENZOS DE LOS AÑOS 90, CUANDO SE DESINTEGRÓ LA UNIÓN SOVIÉTICA. LA CRISIS AGRÍCOLA HA SIDO IGUALMENTE PROFUNDA. EN UNA REGIÓN DONDE ALGUNOS INVESTIGADORES GANAN MENOS DE UN DÓLAR AL DÍA, ¿CÓMO SE PUEDE REVITALIZAR EL DESARROLLO AGRÍCOLA Y ECONÓMICO?

Los rendimientos de los cultivos alimentarios básicos y de exportación en Asia Central y el Cáucaso (CAC) han caído dramáticamente en los últimos años. Los países de CAC –Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazajstán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán- ya no producen alimentos suficientes para satisfacer la demanda interna. La situación fue exacerbada por la pérdida del acceso a los mercados regionales cuando los países de la región erigieron barreras comerciales. La importación de alimentos no es una opción, puesto que ni los países ni las personas pueden comprar alimentos a los precios internacionales.

La modernización agrícola es un elemento crítico del desarrollo general en CAC, tanto para asegurar la disponibilidad de alimentos como para promover el crecimiento económico. Según A. Satybaldin, Director General del Centro Académico Nacional de Investigación Agrícola de Kazajstán,

“Una producción cerealera sustentable significa, en primer término, seguridad alimentaria, pero tenemos que cumplir ciertos requisitos económicos, científicos y técnicos esenciales si queremos alcanzar esa meta.”

La dificultad de cumplir estos requisitos no debe ser subestimada. Los organismos que generan tecnología y sirven a los agricultores han sido diezmados. Las instituciones de investigación no están preparadas para responder a las necesidades de los agricultores bajo una economía de mercado; tampoco desarrollan ni lanzan variedades nuevas para reponer variedades susceptibles a las plagas y enfermedades. En esta región, donde el sistema de producción de trigo es el más importante, el CIMMYT y los institutos colaboradores esperan poner en marcha el crecimiento económico renovando la red de investigación y mejorando la productividad del trigo.



## UN NUEVO COMIENZO EN KAZAJSTÁN

Dos científicos del CIMMYT, uno de ellos oriundo de Kazajstán, han sido asignados a la región. Trabajan desde Almaty, en Kazajstán, el más grande productor de trigo en CAC. Por esta razón y porque las condiciones en Kazajstán se asemejan a las del resto de la región, el CIMMYT optó por iniciar allí sus actividades.

El Programa de Economía del CIMMYT encomendó en 1998 un estudio del sector de trigo en Kazajstán con el fin de conocer la investigación agrícola y la infraestructura de producción local y orientar correctamente la investigación. Como complemento de ese estudio, en julio de 1999 el Programa de Trigo del CIMMYT envió un grupo multidisciplinario de investigadores a la región para realizar un taller itinerante en las zonas de cultivo de trigo en Kazajstán y el sur de Siberia. Científicos de distintas instituciones de investigación de esas zonas participaron en el taller y tuvieron la oportunidad de visitar estaciones de investigación y establecer vínculos con colegas. Los científicos del CIMMYT se concentraron en familiarizarse con las condiciones y los problemas más apremiantes que limitan la producción de trigo en la región; sus datos se sumaron a la información reunida mediante el estudio del Programa de Economía.

## DURAS REALIDADES PARA LOS AGRICULTORES Y LOS INVESTIGADORES

El taller itinerante reveló las duras realidades que enfrentan los agricultores y los investigadores. Kazajstán produce trigo principalmente en condiciones de temporal, con un rendimiento medio de menos de una tonelada por hectárea. La capacidad de producir trigo para el consumo interno y la exportación se ha desgastado a causa de los largos años en que se ha explotado la tierra sin aplicar insumos. Desde que desapareció la agricultura subvencionada por el estado, los agricultores han carecido de dinero en efectivo y créditos para invertir en maquinaria nueva y otras tecnologías.

También la investigación y la extensión del sector público han sufrido la falta de fondos. Entre 1991 y 1997 se efectuó muy poca investigación agrícola. Desde 1990, el programa nacional de investigación agrícola de Kazajstán ha perdido a la mitad de sus científicos y el ánimo de los investigadores que quedan ha decaído, ya que prevén que habrá otros recortes presupuestarios y pérdida de empleos. “Muchos científicos bien calificados han abandonado la investigación agrícola, lo cual ha limitado el alcance de nuestra labor y reducido su calidad”, dice Yuriy Zelenskiy, mejorador en el Instituto de Investigación de Cereales A.I. Baraev de Kazajstán. Se está produciendo una fuga similar en otros países de CAC, como Azerbaiyán, donde un fitogenetista con un doctorado gana menos de un dólar al día.

Kazajstán heredó muchas de sus instituciones de la Unión Soviética y la transición a una forma nueva de hacer las cosas ha variado en los distintos sectores de la economía. Los sistemas de comercialización del trigo y distribución de insumos a los agricultores siguen siendo insuficientes, pese a que ahora los agricultores pagan los precios del mercado por los insumos y reciben precios del mercado por sus cultivos, cuando logran venderlos. La antigua red de granjas colectivas y estatales fue privatizada en 1993 y, para 1997, habían surgido nuevas entidades agrícolas: asociaciones, empresas de acciones mancomunadas, cooperativas y granjas familiares campesinas. Ahora se otorgan títulos de propiedad de la tierra, pero los bancos no los aceptan como colateral y los agricultores no tienen créditos para comprar insumos y cubrir otros costos de operación. Los agricultores han recurrido al trueque, usan pocos o ningún insumo y emplean a menos personas.

“La menor intensidad de la agricultura actual probablemente es consecuencia del cambio a una economía basada en el mercado”, comenta Jim Longmire, economista que realizó el estudio del sector de trigo. “Los agricultores kazakos afrontan considerables riesgos en materia de precios y producción y no tienen los créditos ni el apoyo financiero para enfrentarlos.” Longmire señala que la recuperación del sector agrícola dependerá del establecimiento de políticas y precios adecuados, así como de la investigación, el desarrollo agrícola y mejores circunstancias para la agricultura.

# REVERTIR EL DESCENSO

## DE LA PRODUCCIÓN

Los científicos agrícolas de Kazajstán tienen una buena idea de lo que hay que hacer para revertir la tendencia declinante, pero no está en sus manos la aplicación de soluciones. “Hacen lo más que pueden con lo que tienen”, comenta Iván Ortiz Monasterio, miembro del grupo de trigo que visitó la región. “Ya están practicando la labranza reducida y la retención de residuos. Lo que realmente cambiaría las cosas sería pasar de la labranza reducida a la labranza cero. El reto es lograr que los agricultores la adopten.”

La labranza cero contribuiría a conservar la humedad del suelo, recortar los costos de producción, aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo y producir rendimientos más altos aun en los años secos. La tecnología también requeriría que los agricultores usaran herbicidas para combatir las malezas, pero éstos no pueden obtenerlos ni pagarlos. “Una solución sería persuadir a empresas privadas del mundo industrializado a entregar sus productos a cambio de grano en CAC, como hizo recientemente un fabricante estadounidense de maquinaria”, dice Ortiz Monasterio.

La semilla mejorada también ayudaría. Muchas variedades ampliamente cultivadas se han vuelto susceptibles a las enfermedades y no satisfacen plenamente las necesidades de los productores. Los agricultores necesitan variedades más rendidoras que sean resistentes a enfermedades como tizones, carbones y royas, y estén bien adaptadas a la región. Los trigos de primavera

deben tener tolerancia a la sequía, madurez precoz y una calidad superior de grano, y los de invierno deben poseer mayor potencial de rendimiento, mejor resistencia a enfermedades y

buena calidad de grano. Se han recogido líneas progenitoras en Kazajstán y se están efectuando cruces con progenitores elite en la sede del CIMMYT en México, con la esperanza de obtener trigos de alto rendimiento y resistentes a enfermedades que se adapten a las condiciones de temporal de CAC.

Podrían ayudar a revertir la degradación del suelo cultivar la tierra con menos frecuencia, así como diversificar los cultivos y cambiar a la labranza cero. Durante años los científicos de Kazajstán han trabajado en métodos de conservación del suelo, como el uso de arados de cuchilla, la retención del rastrojo, los cultivos que cortan el viento y arar en la nieve. Se requiere más investigación para estimular a los agricultores a adoptar esos métodos y hacer rotación de cultivos y pastizales.

## REINVENTAR LOS SISTEMAS DE INVESTIGACIÓN

Los sistemas de investigación fuertes son un componente esencial para mejorar la producción de trigo en CAC, donde los científicos todavía están aislados de la comunidad científica mundial y hasta de otros investigadores de la región. Gracias al reciente taller itinerante, los investigadores kazakos tuvieron la oportunidad de ponerse en contacto con colegas de toda la región e identificar los problemas que podían abordar en forma conjunta.

Los profesionales agrícolas de CAC también participan en la capacitación fitotécnica en el CIMMYT, México. En 1999, cuatro investigadores—dos de Kazajstán, uno de Azerbaiyán y uno de Uzbekistán—asistieron por primera vez al curso. Se espera que éste y otros cursos y las becas para científicos visitantes, fortalecerán los vínculos y la colaboración no sólo con el CIMMYT sino también con muchos otros países e instituciones.

MAQUINARIA  
AGRÍCOLA SIN  
UTILIZAR EN  
KAZAJSTÁN. LA  
LABRANZA CERO Y  
LAS VARIETADES  
SUPERIORES DE TRIGO  
PODRÍAN ELEVAR LOS  
RENDIMIENTOS MÁS  
ALLÁ DEL PROMEDIO  
ACTUAL DE MENOS DE  
UNA TONELADA POR  
HECTÁREA.





Ciencia para proteger los  
**Recursos naturales**



# TRIGO MÁS AGUA: ¿UNA

## ECUACIÓN QUE DESAPARECE?

LA TIERRA ES EL PLANETA AZUL, SU COLOR UN REFLEJO DE LAS VASTAS EXTENSIONES DE AGUA SOBRE SU SUPERFICIE. UN ESPECTADOR QUE VIERA NUESTRO GLOBO AZUL DESDE EL ESPACIO SIDERAL NUNCA IMAGINARÍA QUE LA ESPECIE PREDOMINANTE EN LA TIERRA PADECE ESCASEZ DE ESTE RECURSO TAN ABUNDANTE. EL HECHO DE QUE ASÍ SEA SUSCITA UNA GRAN INQUIETUD ACERCA DE LOS EFECTOS DE ESA ESCASEZ EN LA AGRICULTURA AHORA Y EN EL FUTURO.

He aquí los hechos. El agua cubre el 70% de la superficie terrestre, pero el 97.5% de esa agua es salada. Sólo el 2.5% de toda el agua del planeta es agua dulce y casi el 70% está congelada en los casquetes polares y glaciares, o en profundos depósitos subterráneos. Una proporción ínfima (0.007%) del total del agua en la tierra es agua dulce aprovechable.<sup>1</sup>

Esta pequeña proporción de agua (según la ONU, menos de un millón de kilómetros cúbicos) es insuficiente para satisfacer las numerosas necesidades de la población de la tierra. Mientras la población crece al increíble ritmo de 100 millones de habitantes al año, la relativamente pequeña cantidad de agua dulce disponible se reduce en forma proporcional. Algunos datos demuestran lo grave de la situación:

- En el siglo XX, el consumo de agua en el mundo ha aumentado dos veces más rápido que su población y continúa aumentando en forma acelerada en muchas regiones.
- Desde los años 70, la cantidad de agua per cápita teóricamente disponible en el mundo ha disminuido en casi un 40%.

- Actualmente alrededor de un tercio de la población mundial vive en zonas afectadas por escasez de agua entre moderada y severa.
- A menos que se tomen medidas, dos tercios de la población mundial (cerca de 5.5 mil millones de personas) padecerán la escasez del vital líquido para el 2025.

### El Agua en la Agricultura

La escasez de agua ya produce efectos negativos en la agricultura, el mayor usuario del agua en el mundo. Causa gran preocupación lo que esto implica para la provisión mundial de alimentos, dado que una gran parte de la alimentación humana se basa en los cereales y otros cultivos. (Otra preocupación son los efectos sobre las mujeres que trabajan en la agricultura; véase la sección "Un suministro adecuado de agua para mujeres y niños".) Al mismo tiempo que consume una mayor proporción de las provisiones de agua dulce, la creciente

<sup>1</sup> Agradecemos a nuestros colegas del Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) sus contribuciones a esta sección.

población mundial requiere más y más alimentos para subsistir. El aumento de la población también impulsa el desarrollo urbano y la industria, que absorben cantidades cada vez mayores de agua y dejan menos para producir alimentos.

Estas crecientes e incompatibles demandas de agua han provocado un período de severa escasez en muchos países. Es posible que aquellos que padecen escasez (en el Oeste de Asia y el Norte de África, por ejemplo) tengan que utilizar el agua de riego para satisfacer las necesidades domésticas e industriales y verse forzados a importar alimentos. La escasez se podría resolver mediante nuevas fuentes de agua y un uso más racional de ésta en todos los sectores, como el del riego, de la industria, del abastecimiento de agua potable y del medio ambiente. Para el 2025, será preciso crear nuevas fuentes de abastecimiento de agua para todos los sectores.

Las principales fuentes de agua de riego son los ríos, los lagos y las presas construidas por los gobiernos. Se ha extraído agua de depósitos subterráneos profundos con bombas gigantes, pero el bombeo masivo, una vez considerado una solución, en realidad empeora la situación, ya que agota estas aguas subterráneas, que pueden tomar décadas en recuperarse. Por tanto, esta estrategia a la larga podría reducir las reservas mundiales de alimentos.

## CÓMO AYUDA EL CIMMYT

El CIMMYT se ocupa de los problemas del agua en muchos entornos diferentes como parte de su investigación para mejorar la agricultura de los países en desarrollo. Según los analistas, el riego utiliza casi el 66% de toda el agua dulce en el mundo, pero debido al derroche y el manejo inapropiado, menos del 50% de esa agua llega a los cultivos. La creación de métodos que mejoren la

eficiencia en el uso del agua de riego es sólo una de las áreas de investigación vinculadas con el agua en que trabaja el CIMMYT, donde hay conciencia de que la escasez de agua se está convirtiendo en el factor más importante que impide aumentar la producción de alimentos en muchas partes del mundo.

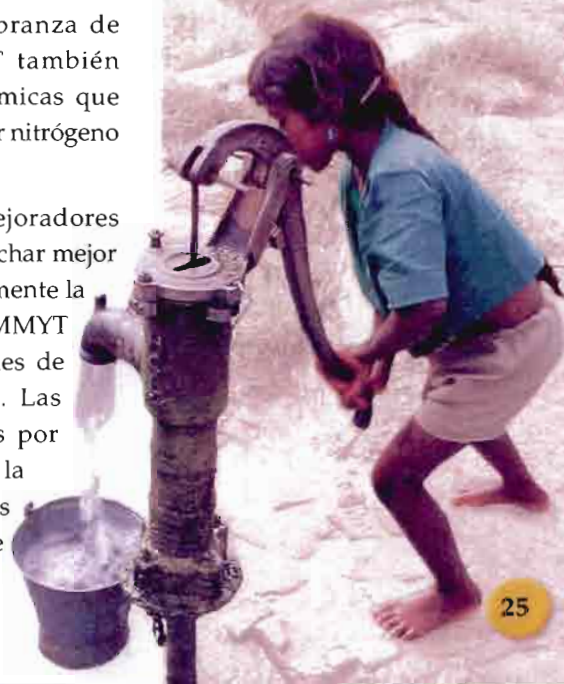
Por esta razón, el Programa de Trigo ha trabajado desde hace unos años en el desarrollo de prácticas agronómicas que ayuden a los agricultores a solucionar el problema de la escasez de agua. (Nuestro Programa de Maíz ha efectuado extensas investigaciones para generar maíz tolerante a la sequía; véase "Avances en la generación de variedades tolerantes a la sequía para África", en la página siguiente.) Los investigadores han descubierto que sembrar trigo en camas permanentes mejora la eficiencia en el uso del agua. Los científicos que ensayan esta tecnología en los sistemas de producción con riego en el sur de Asia informan que obtuvieron un ahorro de agua del 30%. En ambientes marginales, la conservación parcial o total de los residuos, junto con la labranza reducida y la rotación de cultivos, contribuyen a conservar la humedad del suelo. La labranza de conservación disminuye el escurrimiento de agua valiosa. Por ejemplo, en un ensayo a largo plazo efectuado por el CIMMYT se quintuplicó la infiltración del agua en el suelo con la labranza de conservación. El CIMMYT también desarrolla prácticas agronómicas que reduzcan la contaminación por nitrógeno a los sistemas de agua.<sup>2</sup>

Por su parte, los fitomejoradores ayudan a las plantas a aprovechar mejor el agua mejorando constantemente la capacidad de los trigos del CIMMYT de rendir bien en condiciones de sequía y en suelos salinos. Las variedades que rindan más por unidad de agua aumentarán la productividad en zonas áridas (véase "Los rendimientos de trigo duro establecen una

## UN SUMINISTRO ADECUADO DE AGUA PARA MUJERES Y NIÑOS

Es imperativo asegurar que las mujeres y los niños, quienes más que nadie padecen las consecuencias de la falta de agua o del suministro de aguas contaminadas, reciban la cantidad y calidad de agua que necesitan. Además de dedicar largas horas a acarrear agua, las mujeres y niños reciben menos agua para su higiene personal y son quienes más sufren por la mala calidad del agua y las enfermedades transmitidas por ésta. Cada año, 3.9 millones de niños del mundo en desarrollo mueren por enfermedades transmitidas por el agua, y cada ocho segundos sucumbe un niño por esta causa.

Los expertos estiman que cada año las mujeres y niñas del mundo en desarrollo dedican un total de 10 millones de años-persona a acarrear agua desde fuentes distantes y a menudo contaminadas. En muchas partes del mundo en desarrollo, las mujeres no gozan de los mismos derechos al agua que los hombres, incluidas muchas agricultoras que tienen poco o ningún derecho al agua para riego. Al aumentar el número de mujeres dedicadas a la agricultura, este problema tendrá repercusiones aún mayores para el bienestar de sus familias, en especial de sus hijos.



<sup>2</sup> Véase *El CIMMYT en 1997-1998*, p. 10.

## AVANCES EN LA GENERACIÓN DE VARIETADES TOLERANTES A LA SEQUÍA PARA ÁFRICA

En el sur de África, el maíz es un alimento básico indispensable para los pequeños agricultores que carecen de recursos, pero la sequía con frecuencia amenaza o destruye sus milpas. Los científicos del CIMMYT colaboran con mejoradores del sur de África en generar variedades e híbridos de maíz con adaptación local, que, en condiciones de sequía severa, produzcan más grano que las variedades actuales. También se mejora el maíz tolerante para que produzca rendimientos más altos y estables en suelos infértiles y responda bien a condiciones favorables. En los primeros ensayos efectuados en las estaciones experimentales de la región, los híbridos de maíz provenientes del CIMMYT rindieron en condiciones de sequía un 25-50% más que los híbridos populares con adaptación local.

Para más información, véase *El CIMMYT en 1997-1998*, p. 22; comunicarse con [m.banziger@cgiar.org](mailto:m.banziger@cgiar.org).

nueva marca", p. 49). La sequía ocurre en momentos distintos, por ejemplo, a comienzos o a fines del ciclo de cultivo. Por eso, los mejoradores están trabajando en generar variedades de madurez precoz que eludan la falta de humedad al final del ciclo y trigos de madurez tardía que retrasen su desarrollo para aprovechar las lluvias tardías cuando hay sequía a comienzos del ciclo. Los mejoradores también trabajan en el desarrollo de variedades que se adapten a la siembra en camas.

Cuando pensamos en problemas de agua, en general lo primero que nos viene a la mente es su escasez. No obstante, el exceso de agua también puede crear problemas. En grandes zonas de India y Pakistán, donde viven millones de las personas más pobres del planeta, el trigo se cultiva bajo riego. El aumento de salinidad de los suelos a causa de drenaje inadecuado o del alto nivel de la capa freática representa una grave amenaza para la futura producción de trigo. La solución de este problema (por ejemplo, mediante un mejor drenaje) exigirá grandes obras de ingeniería. Entretanto, las variedades tolerantes a la sal podrían contribuir a mantener los rendimientos hasta que se ponga en práctica una solución más permanente. En las zonas donde no son viables esas soluciones radicales, las variedades tolerantes a la sal quizá sean el único medio de mantener los rendimientos. Por estas razones, en el CIMMYT se han efectuado estudios orientados a generar tolerancia a la sal en variedades de trigo adaptadas a las regiones afectadas.

## UNA MIRADA AL FUTURO

El agua es un recurso renovable pero mal distribuido y finito. Se requieren soluciones ingeniosas para asegurar que cada habitante de la tierra tenga agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas. Tal vez se encuentre la manera de derretir el agua congelada en los casquetes polares y usarla para complementar los recursos existentes, o quizá métodos nuevos y baratos de desalinización nos permitan aprovechar la cantidad prácticamente inagotable de agua de los océanos. La eficiencia en el uso de agua podría mejorar mediante el riego por goteo (donde esta tecnología sea económica) o reciclando las aguas negras para la producción de cultivos. Éstas y otras soluciones son viables, pero, en última instancia, el mayor reto tal vez no sea descubrir nuevas fuentes de agua o usarla mejor sino encontrar formas de distribuir los recursos hídricos de manera más equitativa.

La crisis de agua que afronta el mundo tomará años para resolverse dadas sus dimensiones e intensidad, y aún no está claro si podrá ser resuelta. El problema es complejo y multifacético y en él participan muchos actores. Quizá lo mejor que podamos esperar sea asegurarnos de tener agua suficiente para garantizar la supervivencia de nuestra especie. Si no lo hacemos, el planeta azul seguirá girando alrededor del sol, pero muy probablemente dejará de estar dominado por una especie que necesite agua dulce para sobrevivir.

 Para más  
información:  
[s.rajam@cgiar.org](mailto:s.rajam@cgiar.org)

## TRIGO: DEL ARADO DE VOLTEO AL MANTILLO

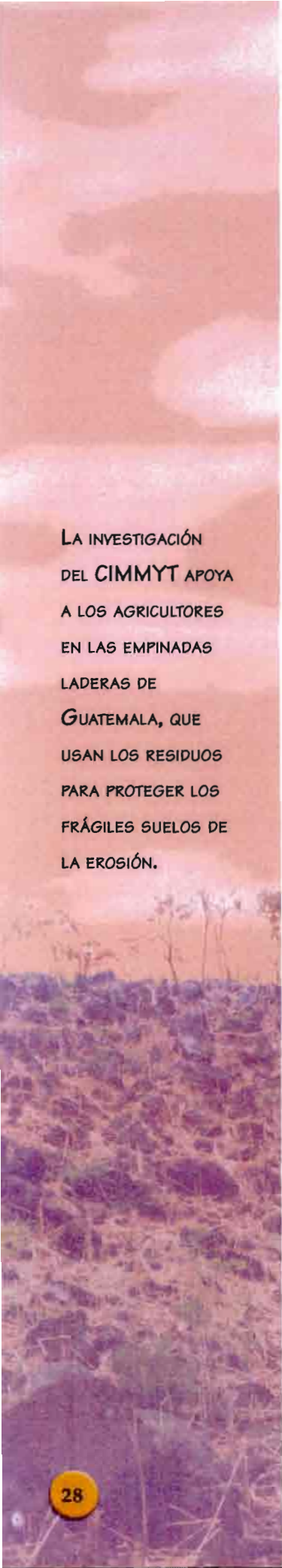
LA LABRANZA TRADICIONAL REQUIERE TRABAJO INTENSIVO, EN EL CUAL, POR CADA HECTÁREA QUE SE CULTIVA, CIENTOS DE TONELADAS DE TIERRA SON DESMENUZADAS Y REMOVIDAS PARA SEMBRAR A LO SUMO CIENTO KILOGRAMOS DE SEMILLA. ¿HAY UNA MEJOR FORMA DE CULTIVAR LOS CAMPOS?

Algunos de los beneficios de la labranza tradicional son facilitar el control de la maleza, aportar residuos orgánicos al suelo, airear las capas superiores y mezclar uniformemente el fertilizante al formar una buena cama de siembra. No obstante, una persona parada bajo el sol en un campo arado en forma tradicional en la región central de México en el mes de marzo –por lo menos un mes antes de que lleguen las lluvias- que contempla cómo los vientos levantan nubes de tierra seca de la superficie del suelo, se preguntará si no habrá una mejor forma de cultivar los campos.

Muchos investigadores agrícolas piensan que existen otras formas de cultivar. Hay gran interés en la labranza de conservación para los sistemas de cultivo en zonas tropicales debido a que el crecimiento demográfico exige que se produzcan más alimentos en tierras que ya están sobreexplotadas. El término “labranza de conservación” describe una serie de prácticas que abarcan desde las extremadamente sencillas hasta las bastante complejas que

pueden ser aplicadas en diferentes formas en distintos lugares. La mayoría de los métodos implican reducir o eliminar el uso del arado de volteo –que remueve el suelo y lo expone a la erosión- y recomiendan dejar los residuos de los cultivos como mantillo protector. Sus ventajas incluyen menor erosión, ahorro de trabajo y combustible, una preparación de la tierra más oportuna, mejor infiltración y retención del agua, una bioactividad benéfica y el aumento de la materia orgánica.

El CIMMYT ha catalizado la investigación sobre la labranza reducida con colaboradores de todo el mundo en desarrollo, trabajando junto a los agricultores, creando distintas técnicas de labranza y manejo de residuos, evaluando el comportamiento biofísico de las distintas tecnologías, y anticipando (mediante modelos) y midiendo (mediante el monitoreo) los efectos a largo plazo en la productividad y la conservación de recursos. El volumen de trabajo impide describirlo en este informe, pero unos cuantos ejemplos revelarán importantes actividades, logros y desafíos.



LA INVESTIGACIÓN  
DEL CIMMYT APOYA  
A LOS AGRICULTORES  
EN LAS EMPINADAS  
LADERAS DE  
GUATEMALA, QUE  
USAN LOS RESIDUOS  
PARA PROTEGER LOS  
FRÁGILES SUELOS DE  
LA EROSIÓN.

## AGUA PARA EL MAÍZ DE TEMPORAL EN MÉXICO

Seis años de investigaciones efectuadas por el CIMMYT en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de México (INIFAP) y el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), Francia, en un sitio de escasa precipitación en la región occidental de México, han revelado que la labranza de conservación tiene considerables efectos en la sostenibilidad del sistema. Después de cinco años de labranza de conservación reteniendo cantidades moderadas de residuos (de 1.5 a 4.5 t/ha de residuos de maíz), a corto plazo la infiltración del agua aumentó en 50 a 80% en comparación con otras técnicas de labranza, reduciendo notablemente el escurrimiento y la evaporación. "La precipitación media es de sólo 400 mm por ciclo de cultivo, así que reducir las pérdidas de agua a la mitad es un logro importante", dice Eric Scopel, investigador del CIRAD asignado al CIMMYT, que dirigió la investigación.

Los efectos a más largo plazo fueron igualmente notables. Gracias a que hay más materia orgánica en la superficie y al menor movimiento del suelo, la población de lombrices se multiplicó de 5 a 10 veces, según la cantidad de residuos retenidos; su actividad y la de otra fauna no microbiana mejoraron mucho la porosidad del suelo sin aumentar las plagas transmitidas por éste. La erosión —causada por el escurrimiento asociado con episodios de precipitación intensa— se redujo por lo menos a la mitad, en comparación con la labranza tradicional. La materia orgánica en la capa superior del suelo se incrementó de apenas el 1% a casi el 3% en cinco años.

## LA "SOSTENIBILIDAD" TIENE QUE SER RENTABLE

Pese a los convincentes datos biofísicos, la labranza de conservación quizá no sea adecuada para todos los agricultores. Damien Jourdain, economista del CIRAD en el CIMMYT, analizó los aspectos económicos de las prácticas de labranza de conservación usadas por los agricultores en Jalisco, México. "Los estudios de costos y beneficios muestran aumentos de la productividad y la estabilidad de los sistemas de maíz en zonas secas donde se usan semilla mejorada, fertilizante y otros insumos", dice Jourdain. "Se redujo el riesgo en un promedio del 35% y se duplicaron las utilidades de las inversiones."

Jourdain advierte que, en los sistemas tradicionales donde no se emplean insumos mejorados, la adopción de labranza de conservación sola no aumentó las utilidades y, de hecho, incrementó el riesgo. "En esta situación, la labranza de conservación ahorra lo que más tienen los agricultores, mano de obra, y requiere lo que menos tienen, dinero en efectivo", explica Jourdain. "Además, en el sistema tradicional los agricultores intercalan frijoles o calabaza, pero la labranza de conservación requiere la aplicación de herbicidas y esto mataría el cultivo intercalado. Por último, sin semilla mejorada o cultivos intercalados para aprovechar la humedad ahorrada, se gana muy poco."

Según Jourdain, hay una enseñanza en todo esto: las tecnologías que conservan los recursos no pueden beneficiar al medio ambiente a menos que los agricultores las usen. Se produce la adopción sólo cuando los agricultores perciben que la tecnología tiene una utilidad clara a corto plazo, como en algunas partes de Chiapas, México, donde los agricultores practican una forma tradicional de labranza de conservación.

## ORIENTACIONES FUTURAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN MÉXICO

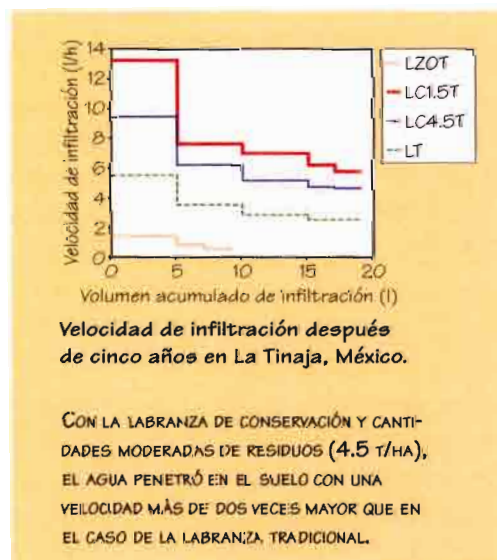
Para capitalizar estos resultados y abordar los problemas que plantean, el CIMMYT, el INIFAP y el CIRAD comenzarán una nueva etapa de investigación sobre la labranza de conservación del maíz en el 2000. "Entre otras cosas, consideraremos la diversificación de los sistemas de producción y de manejo, el desarrollo o adaptación de sembradoras especiales y los impactos a corto y largo plazos de la labranza de conservación en la sostenibilidad del sistema y el medio ambiente", dice Bernard Triomphe, el investigador del CIRAD que sucedió a Scopel en julio de 1999. Las opciones de manejo que se evaluarán incluyen el manejo integrado de la biomasa, los sistemas de forraje, las rotaciones y las asociaciones con leguminosas y cultivos de cobertura.


"Una estrategia clave consistirá en aumentar la participación de los distintos interesados", dice Triomphe. "Involucraremos a los agricultores y sus asociaciones, los servicios de extensión, las empresas privadas, los economistas agrícolas y los gobiernos locales en el diseño y ensayo de las nuevas opciones." En esta forma, Triomphe y sus colegas esperan promover la adopción de prácticas de labranza de conservación del maíz adecuadas en distintos sitios de México donde el método puede producir beneficios.

## OTROS SISTEMAS DE SIEMBRA Y LABRANZA PARA EL TRIGO

Como en toda empresa, los agricultores pueden aumentar sus utilidades incrementando la productividad, reduciendo los costos de producción o haciendo ambas cosas. Para unos 10,000 productores de trigo del noroeste de México, la reducción de costos es una parte crucial de un sistema de labranza que crearon, en el cual siembran su cultivo en camas elevadas separadas por surcos para riego. "Los agricultores cambiaron a la siembra en camas –aunque siguieron con la labranza- porque el sistema ofrece mayor eficiencia en el control de la maleza, el manejo del agua y del fertilizante, además de que hay menos acame e, incluso, cierta reducción de la labranza", dice Kenneth Sayre, agrónomo de trigo del CIMMYT que ha observado este sistema desde hace tiempo. Los agricultores que usan el sistema informan que los rendimientos aumentan en al menos 10% y los costos de producción se reducen en 25-35%.

La labranza de conservación es la próxima innovación en la siembra en camas, según Sayre. En los últimos seis años Sayre ha trabajado en el diseño de sembradoras y equipo que permitan a los agricultores mantener camas "permanentes" y retener los residuos de los cultivos, lo cual da a la siembra en camas una de las ventajas de la labranza de conservación. "Las notables reducciones de la labranza, combinadas con un manejo apropiado de residuos, disminuirán los costos entre 20 y 25% adicional y crearán un sistema de producción más sustentable", pronostica Sayre.





Sayre y otros investigadores del CIMMYT colaboran con científicos de Asia en adaptar el sistema a ambientes donde se cultiva el trigo bajo riego, comenzando en ciertos casos con la siembra en camas y la labranza tradicional, como en México, y agregando luego las camas permanentes y la labranza reducida. Han encontrado que, además de los beneficios ya mencionados, la siembra en camas requiere casi un 33% menos de agua que los sistemas tradicionales de cultivo con riego por inundación, una gran ventaja en una región donde la demanda de agua crecerá en forma espectacular en los próximos 20 años. Existe un gran interés en la práctica (véase "Elogios a una tecnología 'poderosa'", p. 48) e investigadores de todo el mundo han venido a trabajar con Sayre en México para adquirir experiencia directa con el nuevo sistema de siembra.

## LA SIEMBRA OPORTUNA DEL TRIGO EN BANGLADESH

Después de seis años de promover la labranza mínima y efectuar más de 1,000 demostraciones en los campos de los productores de trigo en el noroeste de Bangladesh, el Centro de Investigación de Trigo y el CIMMYT-Bangladesh recientemente obtuvieron pruebas de sus impactos. El Director Adjunto de Extensión para el Noroeste estimó que, en 1999, el 70% del cultivo del trigo en Bangladesh se realizó usando la labranza mínima.

¿Por qué es importante la labranza mínima? Hace apenas 30 años el trigo era un cultivo secundario en Bangladesh y las prácticas de labranza eran similares a las usadas con el arroz. A medida que se expandió la producción, aumentaron los conocimientos sobre el cultivo del trigo. "Antes los productores labraban la tierra lentamente después del arroz de los

monzones efectuando seis pasadas con un arado arrastrado por bueyes, y dejaban pasar de 15 a 25 días para obtener lo que consideraban una capa cultivable apropiada", dice Craig Meisner, agrónomo del CIMMYT en Bangladesh y miembro del Grupo de Investigación sobre Recursos Naturales (NRG). "Sin embargo, nuestra investigación con los colaboradores de la región ha demostrado que la siembra oportuna es más importante que la preparación de la cama. De hecho, los rendimientos disminuyen 1.3% por cada día que se retrasa la siembra del trigo."

Según Meisner, los agricultores redujeron la labranza a dos o tres pasadas del arado acortando el tiempo entre la cosecha del arroz y la siembra del trigo, lo cual aumenta la productividad de este último. Junto con variedades nuevas de alto rendimiento que poseen mayor resistencia a las enfermedades, prácticas agronómicas mejoradas y el aumento de la superficie, la siembra oportuna ha contribuido a la producción en los últimos años de cosechas abundantes de trigo. La producción en 1998 fue de unos dos millones de toneladas, casi el doble de la conseguida hace apenas cuatro años.

"Ahora que los productores comprenden la importancia de la siembra oportuna, tratamos de promover otras tecnologías, como la siembra superficial, que reducen más la labranza y facilitan la siembra oportuna del trigo", dice Meisner. La siembra superficial –sembrar el trigo sobre la superficie del suelo saturada de agua después de la cosecha del arroz– produce rendimientos de trigo iguales a los de la labranza tradicional, pero reduce mucho los costos.



Para más  
información:

[l.harrington@cgiar.org](mailto:l.harrington@cgiar.org);

[d.jourdain@cgiar.org](mailto:d.jourdain@cgiar.org);

[k.sayre@cgiar.org](mailto:k.sayre@cgiar.org)



# ¿SON COMPATIBLES LA DIVERSIDAD

## GENÉTICA Y EL DESARROLLO AGRÍCOLA?

LOS ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS CULTIVOS NO SE PUEDEN COMPRENDER SIN EXAMINAR ELECCIONES Y COMPORTAMIENTOS HUMANOS COMPLEJOS. **LOS ECONOMISTAS ESTUDIAN LAS DECISIONES DE LOS AGRICULTORES, LOS FITOMEJORADORES Y LOS ENCARGADOS DE FORMULAR LAS POLÍTICAS, QUE SON LOS GUARDIANES DE LA DIVERSIDAD DE NUESTROS CULTIVOS ALIMENTARIOS.** LA PREGUNTA FINAL QUE BUSCAN RESPONDER ES SI LA DIVERSIDAD GENÉTICA ES COMPATIBLE CON EL DESARROLLO AGRÍCOLA.

El manejo de la diversidad genética de los cultivos alimentarios, ya sea *ex situ* en bancos genéticos o en zonas dominadas por variedades modernas o razas criollas, es parte de la iniciativa mundial para conservar la biodiversidad. Los economistas, como otros investigadores que se ocupan de la diversidad genética de los cultivos, tienen una forma particular de pensar en ella. Los tipos de preguntas sobre la biodiversidad que se pueden investigar mediante el análisis económico son:

- En los sistemas donde se cultivan trigos modernos, ¿se asocia una mayor diversidad en las variedades cultivadas con una mayor o menor eficiencia económica?

- ¿Cuáles combinaciones de factores agroecológicos, técnicos, sociales y económicos influyen positivamente en la diversidad de las razas criollas que cultivan los agricultores en los centros de la diversidad de los cultivos?
- ¿La diversidad genética de los trigos del CIMMYT ha disminuido, permanecido constante o aumentado con el tiempo?

### UNA NUEVA TEORÍA ACERCA DE LA ECONOMÍA DE LA DIVERSIDAD

En el último año, los investigadores del CIMMYT y sus colaboradores de otras instituciones<sup>1</sup> se han acercado a la meta de relacionar las decisiones de los agricultores y los fitogenetistas con la diversidad genética, de manera que tenga sentido para los científicos biológicos y sociales y pueda interpretarse desde el punto de vista de las políticas. Han reunido los elementos metodológicos necesarios para analizar la diversidad genética desde el punto de vista de la economía.

<sup>1</sup> Equipo de investigación: Melinda Smale, Erika Meng, Mauricio Bellon (Programa de Economía del CIMMYT); Alfonso Aguirre (CIMMYT/INIFAP); Flavio Aragón (INIFAP); John Brennan (Instituto Agrícola Wagga Wagga); Jikun Huang, Hu Ruiifa (CCAF/CAAS); Scott Rozelle (Universidad de California-Davis); David Godden (Universidad de Sydney); investigadores de otros programas del CIMMYT, ONG, universidades y sistemas nacionales de investigación.



Número de grupos morfológicos por millón de ha

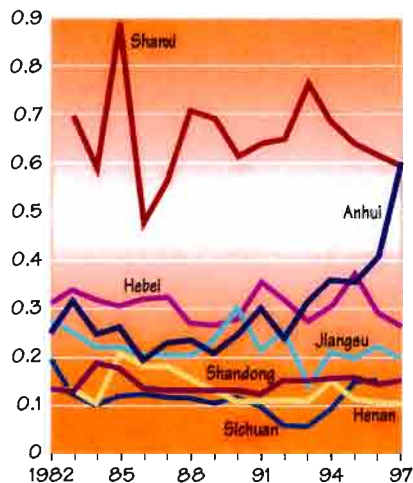


FIGURA 1. RIQUEZA DE GRUPOS MORFOLÓGICOS EN EL TRIGO (CHINA, ALGUNAS PROVINCIAS, 1982-1997).

Estos elementos son: el desarrollo de indicadores apropiados de la diversidad para emplearlos en modelos económicos; modelos de la toma de decisiones por los agricultores que vinculen variables económicas con variables biológicas; y modelos econométricos que permitan a los economistas poner a prueba hipótesis relacionadas con importantes aspectos de la conservación y posibles intervenciones mediante políticas. Los integrantes del equipo han adaptado los índices usados por los ecologistas en el estudio de la

diversidad de las especies y han aplicado técnicas estadísticas ganadoras de un premio creadas por la Unidad de Biometría del CIMMYT para clasificar las poblaciones de plantas (Figura 1). La cooperación interdisciplinaria e institucional entre los miembros del equipo de investigación ha sido un componente excepcional de la labor.

## LA INTEGRACIÓN DE LOS ÍNDICES DE LA DIVERSIDAD Y LA TOMA DE DECISIONES

“Para que los modelos económicos de la toma de decisiones humanas sean útiles en los análisis económicos, hay que integrar medidas o índices de la diversidad que tengan sentido para los biólogos”, explica Erika Meng, economista del CIMMYT e integrante del equipo de investigación. Para Meng y otros miembros del equipo, el reto es integrar los índices de la diversidad y los modelos económicos de manera que sea posible analizar cómo las políticas afectan la diversidad.

Melinda Smale, otra integrante del equipo de investigación, describe la naturaleza de este reto. “Con los marcadores moleculares, los investigadores pueden establecer la semejanza o la disimilitud genéticas entre dos líneas o poblaciones, pero los agricultores no pueden medir la diversidad de esta manera”, dice. “Las decisiones de los agricultores se basan en lo que ven, en las características de las plantas, resultado observable de la acción de los genes.” Aun cuando la información sobre las características

morfofenológicas que observan los agricultores se puede vincular con los datos genéticos extrayendo muestras de las poblaciones que ellos cultivan, y se pueden usar variables socioeconómicas para explicar la elección de variedades por los agricultores, los tamaños de las muestras para esos estudios son pequeños a causa de su elevado costo. Smale hace hincapié en que, para entender cómo influyen las políticas en la diversidad genética, se deben acumular o realizar e integrar muchos de esos estudios de casos en distintos niveles de análisis de los sistemas de producción.

## MODELOS PARA UNA SERIE DE AMBIENTES Y PREGUNTAS

Los investigadores del Programa de Economía del CIMMYT aplican los índices de la diversidad a los datos en distintos modelos de la toma de decisiones económicas. La estructura de los modelos es similar, pero su aplicación depende del nivel de análisis (por ejemplo, la familia, la provincia), el cultivo en cuestión, el material (razas criollas o variedades modernas) y el ambiente empírico (por ejemplo, una comunidad agrícola aislada, una región de producción comercial de trigo).

Los modelos ayudarán a responder a preguntas como las mencionadas anteriormente. Por ejemplo, algunos de ellos ponen a prueba las hipótesis acerca de los incentivos de los agricultores y los efectos de las políticas y del ambiente en las razas criollas a nivel local; se emplean en los estudios de casos. Otros tratan de determinar los efectos de la diversidad genética de los cultivos, medidos a nivel de un sistema nacional de producción con variedades modernas, sobre la productividad y la eficiencia económica. Estos modelos contribuyen al análisis de las políticas. (Véase “Preguntas sobre la diversidad”, en la página siguiente.)

# LA PREGUNTA FINAL: ¿SON COMPATIBLES EL DESARROLLO AGRÍCOLA Y LA DIVERSIDAD GENÉTICA?

Estos modelos y estudios innovadores ayudarán a orientar la elaboración de políticas al estimar los costos y beneficios de la conservación *in situ*, determinar si la diversidad en un sistema de producción de cultivos implica costos o beneficios e indicar cuáles medidas políticas influyen en la diversidad genética. “Estamos comenzando a captar cuáles aspectos constituyen interrogantes económicos importantes y cuáles son triviales”, dice Smale. “Nuestra labor del año pasado nos llevó a una pregunta más amplia y más difícil. En definitiva, nos gustaría saber en qué circunstancias mantener la diversidad genética en los campos de los agricultores es compatible con el desarrollo agrícola y cómo se puede lograr eso.”

Para más información:  
[e.meng@cgiar.org](mailto:e.meng@cgiar.org)  
[m.smale@cgiar.org](mailto:m.smale@cgiar.org)

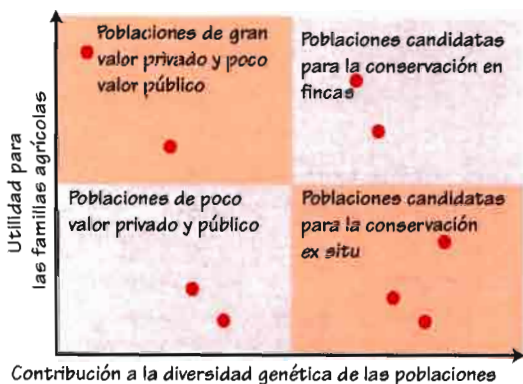


FIGURA 2. MARCO PARA ESCOGER POBLACIONES DE CULTIVOS QUE PUEDAN CONSERVARSE EN FINCAS Y *EX SITU*, EN UNA DETERMINADA REGIÓN DE REFERENCIA.

## PREGUNTAS SOBRE LA DIVERSIDAD

¿Cuál es la relación entre la diversidad y la productividad del trigo en China y Australia? Los investigadores del CIMMYT, con colegas de China y Australia, examinan las relaciones entre la diversidad genética del trigo y su productividad y eficiencia económica. El proyecto, financiado por el Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR), ha reunido datos a nivel regional y de las familias campesinas. En los estudios regionales, el análisis usa datos que combinan las características de las variedades con datos transversales en series cronológicas sobre la superficie sembrada con las distintas variedades, el empleo de insumos, los costos de la producción de trigo, el ambiente y factores de las políticas. Australia constituye un contraste interesante con respecto a China porque representa un sistema de producción de trigo totalmente comercial, orientado a las exportaciones. El estudio australiano también incluye una encuesta de las percepciones de los mejoradores acerca de la diversidad genética del trigo y las políticas correspondientes. La meta de la siguiente etapa de este proyecto es analizar las políticas de manera más específica.

¿Cómo pueden las encuestas entre las familias campesinas en China y Turquía ilustrar los vínculos existentes entre la diversidad y la productividad a varios niveles, empezando por el nivel local? El año pasado, los investigadores reunieron datos sobre el trigo a nivel de fincas mediante encuestas entre las familias campesinas de tres provincias chinas y seis provincias turcas. En China, los agricultores describieron las prácticas y las restricciones de la producción, así como las preferencias de los consumidores por variedades específicas de trigo. Los datos de estas encuestas proporcionarán información sobre los factores que influyen en las decisiones de los productores de trigo y permitirán a los investigadores examinar los vínculos entre la diversidad, el costo y la productividad a nivel de la familia y a nivel global.

El estudio en Turquía, realizado en colaboración con el Instituto de Investigaciones Económicas Agrícolas del Ministerio de Agricultura, evaluará la viabilidad económica de conservar recursos genéticos *in situ*, así como las posibles desigualdades entre las familias campesinas que podrían originarse del cultivo continuo de razas criollas. Este estudio es particularmente interesante por dos razones. En primer lugar, Turquía es un importante centro de diversidad y domesticación del trigo y aún se cultivan ampliamente razas criollas en algunas zonas. En segundo lugar, algunas de estas familias fueron entrevistadas en 1992, lo cual brindó a los investigadores la rara oportunidad de examinar los cambios en la elección de variedades por parte de los agricultores al paso de los años.

¿Tienen las comunidades tradicionales de productores de maíz incentivos para mantener la diversidad? En un estudio de la diversidad biológica del maíz en Guanajuato, México, los investigadores han relacionado la diversidad del maíz medida a nivel de la comunidad con los incentivos de los agricultores para mantener la diversidad a nivel de las familias, poniendo a prueba hipótesis relativas a los efectos de las características de las variedades, la agroecología y el desarrollo del mercado sobre la diversidad genética de los cultivos que conservan los agricultores. Para examinar la relación entre las decisiones de los agricultores y la diversidad genética, este modelo emplea la idea de las características públicas y privadas de las variedades. (Los economistas del CIMMYT emplearon un enfoque teórico similar por primera vez al analizar las royas del trigo y la diversidad genética en el Punjab de Pakistán.)

En los estados mexicanos de Chiapas y Oaxaca, los investigadores diseñaron y realizaron estudios con el fin de analizar los incentivos de los agricultores para mantener variadas poblaciones de cultivos en centros de diversidad. La Figura 2 muestra parte del marco conceptual que usan los investigadores para identificar cuáles poblaciones de maíz son candidatas de menor costo para la conservación *in situ* y *ex situ*. Como parte del proyecto en Oaxaca, se evaluarán los costos y beneficios de las estrategias participativas de mejoramiento usando el análisis estándar de los impactos económicos y análisis menos tradicionales basados en las percepciones de los agricultores (véase “Los agricultores trabajan con los principios y las prácticas de la diversidad” p. 64).

¿Está aumentando o disminuyendo la diversidad genética de los trigos del CIMMYT? Los científicos del Programa de Trigo, el Centro de Biotecnología Aplicada y el Programa de Economía sintetizan los análisis de la diversidad genética desde varias perspectivas, incluyendo los ensayos históricos de trigos del CIMMYT, la información sobre las genealogías, los datos sobre los impactos de los trigos del CIMMYT y los datos acerca de los marcadores moleculares. Esta investigación colaborativa revelará si la diversidad genética de los trigos del CIMMYT ha aumentado, permanecido constante o disminuido con el tiempo.



# LOS MARCADORES MOLECULARES AYUDAN

## A CREAR UNA COMBINACIÓN INVENCIBLE DE

## RESISTENCIA Y TOLERANCIA

ENCONTRAR FORMAS DE ACELERAR O FACILITAR LA INVESTIGACIÓN A LARGO PLAZO ES EL SUEÑO DE TODO CIENTÍFICO Y EL ATRACTIVO ESENCIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA. LAS APLICACIONES PRÁCTICAS DE ESTA CIENCIA EN EL MEJORAMIENTO DE TRIGO HAN SIDO ESCASAS, EN PARTE POR LA COMPLEJA ESTRUCTURA GENÉTICA DEL TRIGO. NO OBSTANTE, EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS, **EL PROGRAMA DE TRIGO DEL CIMMYT HA USADO MARCADORES MOLECULARES** PARA OBTENER RESISTENCIA AL ENANISMO AMARILLO DE LA CEBADA, UNA IMPORTANTE ENFERMEDAD DEL TRIGO.

Ligia Ayala, una estudiante ecuatoriana de doctorado que realiza su investigación en el CIMMYT, encontró un marcador molecular que ayudará a rastrear un gene particularmente importante en generación tras generación de trigos harineros. Llamado WMS (por su nombre en inglés *wheat microsatellite*, microsatélite de trigo) 37, el marcador señala un fragmento de DNA, tomado de una gramínea silvestre, que contiene un gene que confiere resistencia al enanismo amarillo de la cebada (BYD).

El WMS37 ha resultado un instrumento de incalculable valor para los mejoradores del CIMMYT en el proceso de incorporar el gene de la resistencia al BYD en trigos harineros de alto rendimiento usando técnicas tradicionales de mejoramiento. Les ayuda a comprender cómo el gene pasa de una generación a la siguiente y les permite distinguir con más rapidez y en forma definitiva los trigos que han heredado el gene de aquellos que no lo tienen.

Para desarrollar resistencia al BYD sin marcadores moleculares tienen que efectuarse otras pruebas de laboratorio costosas y que toman mucho tiempo. “Una consideración importante en la decisión de usar marcadores moleculares fue que nuestros colaboradores de los programas nacionales de investigación agrícola de los países en desarrollo encuentran que las pruebas para determinar la resistencia al BYD son costosas y complejas”, dice Maarten van Ginkel, jefe de mejoramiento de trigo harinero del CIMMYT. La observación en campo también es poco confiable porque, dependiendo del grado de sensibilidad al virus, las plantas resistentes pueden mostrar síntomas de la enfermedad a pesar de que el grado de infección sea escaso, lo cual las hace parecer sensibles.

Estas dificultades hacen que el proceso de incorporar el gene de la resistencia al BYD en el trigo sea ideal para emplear marcadores moleculares, ya que éstos permiten a los investigadores profundizar sus conocimientos de la estructura genética de los trigos experimentales y saber cuáles son portadores del gene.

## EL CONTROL SEGURO Y DURABLE DEL BYD

El enanismo amarillo de la cebada es la enfermedad vírica del trigo más difundida en el mundo, aunque ataca a todos los cereales y sus parientes silvestres. Como su nombre lo indica, el BYD provoca achaparramiento y amarillamiento en las plantas, además de pérdidas en las cosechas de trigo calculadas en 400 millones de dólares al año.

El virus del BYD se propaga por medio de áfidos que se alimentan de las plantas de trigo. La enfermedad puede mantenerse a raya matando los áfidos con insecticidas, pero éstos, además de ser costosos y estar fuera del alcance de la mayoría de los agricultores de los países en desarrollo, podrían ocasionar que, si se usan excesivamente, los áfidos desarrollen resistencia a los insecticidas. Además, no resultan totalmente eficaces para combatir la propagación del virus y pueden causar graves daños ecológicos, sobre todo si se aplican en abundancia. La medida de control del BYD más segura, eficiente y barata es que los agricultores siembren trigos con protección genética contra la enfermedad.

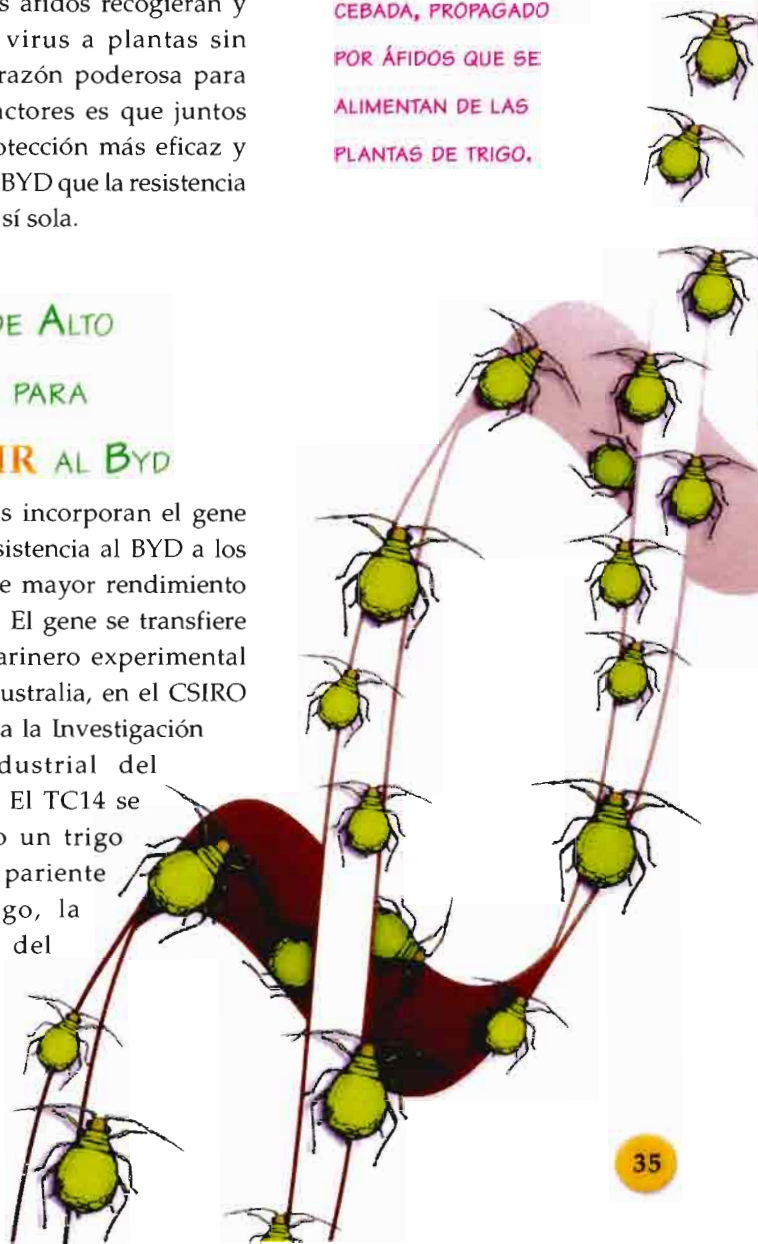
Los investigadores del CIMMYT han generado trigos harineros tolerantes al BYD. *Tolerantes*, pero no *resistentes*. ¿Cuál es la diferencia? "Las plantas tolerantes pueden estar infectadas con grandes cantidades del virus pero muestran pocos síntomas externos y tienen un buen rendimiento a pesar de la infección", explica la viróloga del CIMMYT Monique Henry. "Por el contrario, las plantas resistentes tienen un mecanismo de defensa que impide al virus multiplicarse en ellas. Como resultado, las plantas resistentes tienen grados muy bajos de infección en sus sistemas." Henry trabaja en colaboración con mejoradores de trigo harinero para combinar los dos tipos de protección contra la enfermedad.

Los virólogos de trigo del CIMMYT han trabajado desde 1993 en desarrollar trigos harineros que además de *tolerancia* al BYD, tengan *resistencia* al virus. ¿Por qué combinar las dos? Los trigos con ambas cualidades permitirán a los agricultores reducir las pérdidas de cosechas y, al mismo tiempo, prevenir la propagación del virus. Las plantas tolerantes no son afectadas por la infección vírica en sus sistemas, pero los áfidos pueden transmitir el virus a otras plantas que carezcan de tolerancia, con consecuencias probablemente devastadoras. Si los áfidos se alimentaran de plantas no sólo tolerantes sino también resistentes al BYD (es decir, con escasas cantidades de virus en sus tejidos), sería más difícil que los áfidos recogieran y transmitieran el virus a plantas sin protección. Otra razón poderosa para combinar estos factores es que juntos otorgarán una protección más eficaz y duradera contra el BYD que la resistencia o la tolerancia por sí sola.

## TRIGOS DE ALTO RENDIMIENTO PARA COMBATIR AL BYD

Los investigadores incorporan el gene que confiere la resistencia al BYD a los trigos harineros de mayor rendimiento tolerantes al BYD. El gene se transfiere desde un trigo harinero experimental desarrollado en Australia, en el CSIRO (Organización para la Investigación Científica e Industrial del Commonwealth). El TC14 se obtuvo cruzando un trigo harinero con un pariente silvestre del trigo, la fuente original del gene.

UN GRAN AVANCE FITOGENÉTICO: LOS CIENTÍFICOS DEL CIMMYT HAN IDENTIFICADO UN MARCADOR MOLECULAR PARA UN GENE QUE CONFIERE RESISTENCIA AL VIRUS DEL ENANISMO AMARILLO DE LA CEBADA, PROPAGADO POR ÁFIDOS QUE SE ALIMENTAN DE LAS PLANTAS DE TRIGO.



LIGIA AYALA  
(IZQUIERDA) Y MONIQUE  
HENRY (DERECHA)  
COLABORAN EN LA  
INVESTIGACIÓN PARA  
COMBATIR EL VIRUS DEL  
ENANISMO AMARILLO  
DE LA CEBADA EN EL  
TRIGO. ESTA ES LA  
ENFERMEDAD VÍRICA DEL  
TRIGO MÁS DIFUNDA  
EN EL MUNDO Y CUESTA  
A LOS PRODUCTORES  
400 MILLONES DE  
DÓLARES AL AÑO.

Dado que junto con la resistencia al BYD el pariente silvestre transmitió caracteres negativos, el equipo de investigación del CIMMYT trabaja ahora en el mejoramiento de las características agronómicas de los trigos descendientes del TC14.

El microsatélite descubierto por Ayala constituye una simplificación en el proceso de mejoramiento. Mediante pruebas de laboratorio en las que se emplea el WMS37, se seleccionan las líneas portadoras del gene de la resistencia al BYD, de modo que no es necesario sembrar todas las líneas en el campo, esperar a que crezcan y usar complejos métodos de laboratorio para seleccionar las plantas resistentes. Así, el marcador ayuda a identificar las líneas de trigo tolerantes al BYD que también tienen cantidades pequeñas del virus en sus sistemas (resistencia).

## MAYOR PROTECCIÓN PARA EVITAR PÉRDIDAS DE RENDIMIENTO Y CALIDAD

El equipo de investigación planea identificar marcadores de tolerancia al BYD conferida por numerosos genes que trabajan juntos. La tolerancia basada en numerosos genes es conveniente porque otorga

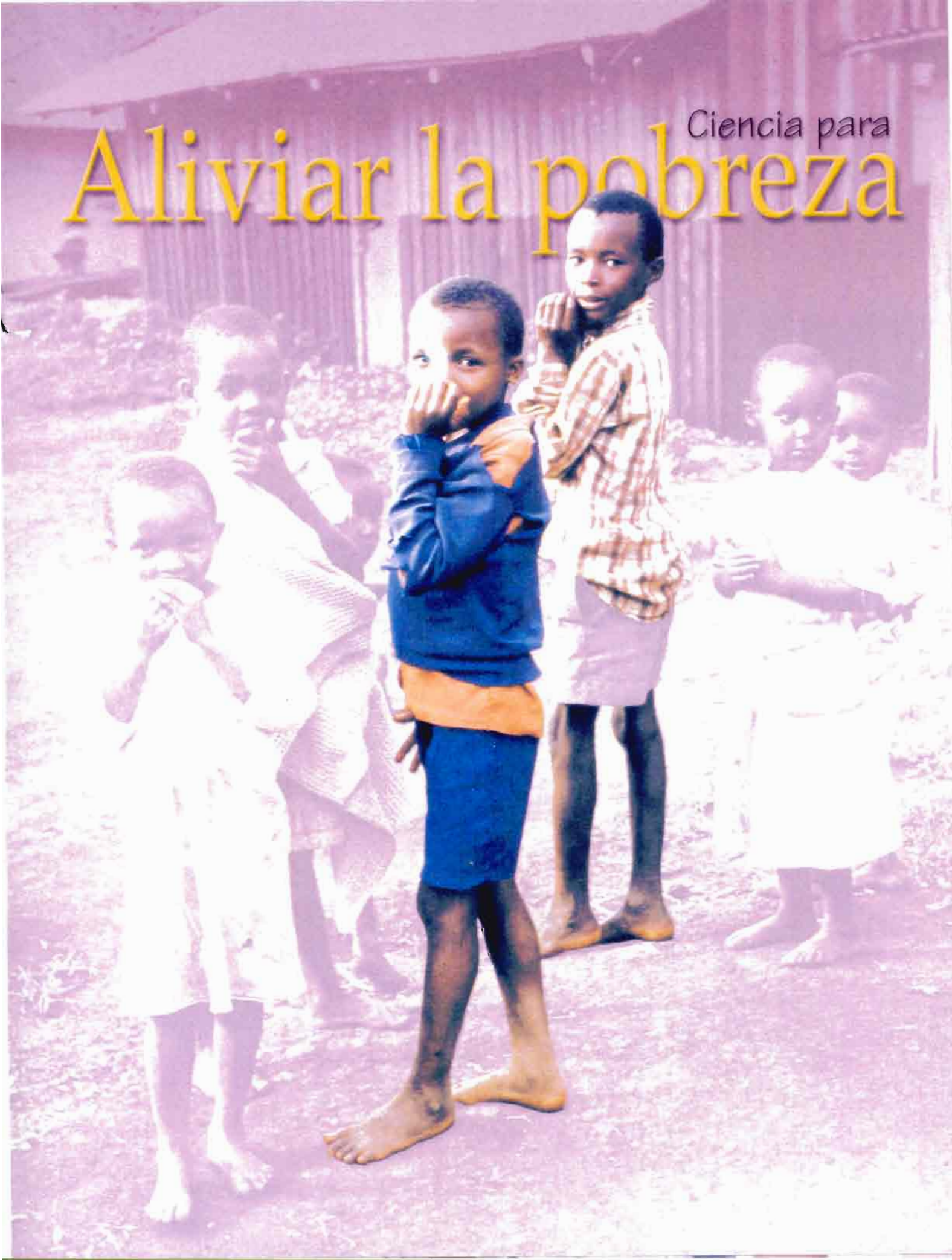
protección contra distintos virus y es más durable que la tolerancia basada en un solo gene. En una actividad asociada, la viróloga Henry busca resistencia al ataque de los áfidos que, en sí, provoca pérdidas de rendimiento y mala calidad del grano. Algunas plantas de trigo (por ejemplo las velludas) repelen a los áfidos o resisten su ataque. Si Henry tiene éxito en su búsqueda, la resistencia al ataque de los áfidos se combinará con la resistencia y la tolerancia al BYD para dotar a los trigos del CIMMYT de una defensa prácticamente infalible.

“El progreso que estamos logrando con los marcadores es considerable, a pesar de que avanzamos lentamente en esta etapa experimental. Una vez que el uso de los marcadores se convierta en un procedimiento ordinario, esperamos que el tiempo y dinero que se invierten en el mejoramiento para obtener resistencia al BYD disminuyan”, dice Henry. Probablemente éste sea sólo el primero de los logros de ese tipo en el Programa de Trigo del CIMMYT. A medida que se determine mejor la estructura genética del trigo y se facilite la búsqueda de marcadores, su aplicación en forma conjunta con el mejoramiento tradicional de trigo se convertirá en un procedimiento ordinario y hará que se concrete su gran promesa.

Para más  
información:  
[m.henry@cgiar.org](mailto:m.henry@cgiar.org)

# Aliviar la pobreza

Ciencia para

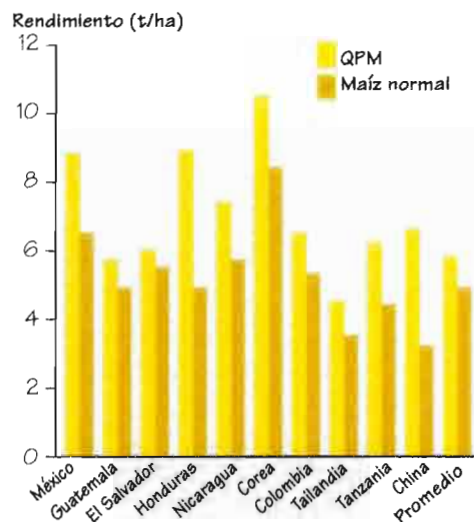


# EL MAÍZ CON CALIDAD DE PROTEÍNA: EL ALIMENTO DE LOS POBRES SE CONVIERTE EN UNA FUENTE DE PROTEÍNAS ACCESIBLE Y DE BAJO COSTO

¿QUÉ PASARÍA SI EL GRANO QUE ES LA PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA PARA CIENTOS DE MILLONES DE CONSUMIDORES Y AGRICULTORES —MUCHOS DE ELLOS PEQUEÑOS AGRICULTORES DE AUTOCONSUMO— EN ASIA, AMÉRICA LATINA Y ÁFRICA AL SUR DEL SAHARA DE PRONTO SE CONVIRTIERA TAMBIÉN UN VALIOSO ALIMENTO RICO EN PROTEÍNAS?

Esto pronto puede convertirse en una realidad dado el reciente y notable interés de los mejoradores y organizaciones para el desarrollo de los países pobres por el maíz con calidad de proteína (QPM). El QPM tiene la apariencia y el sabor del maíz normal y un rendimiento igual o superior, pero contiene casi el doble de los aminoácidos esenciales glicina y triptófano. El valor nutritivo de la proteína del QPM es parecido al de la proteína de la leche descremada. Los niños pueden obtener el 90% de las proteínas que requieren consumiendo 175 gramos de QPM. Los cerdos y los pollos alimentados con QPM aumentan de peso dos veces más rápido que los animales que consumen maíz normal, lo que representa una ventaja para los pequeños agricultores, que con frecuencia no pueden adquirir alimentos balanceados.

“El QPM puede ayudar a corregir las deficiencias nutricionales de las dietas basadas en el maíz, especialmente entre las mujeres y los niños de zonas rurales y urbanas de África y América Latina”, dice Surinder K. Vasal, mejorador del CIMMYT que comenzó a investigar el QPM a comienzos de los años 70 con fondos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Vasal y su colaboradora, la Dra. Evangelina Villegas, combinaron investigaciones en el campo y en el laboratorio —sobre todo técnicas novedosas para determinar con rapidez y exactitud la calidad del grano— con el fin de mejorar las características negativas (rendimientos más bajos, una calidad de grano deficiente, la sensibilidad a la pudrición de la mazorca) originalmente asociadas con el opaco-2, el gen que confiere la calidad de proteína, después de que científicos estadounidenses lo descubrieron en los años 60. Para comienzos de los 90, los mejoradores del CIMMYT habían desarrollado variedades experimentales de QPM adaptadas a diversos ambientes de producción de los países en desarrollo, mejorando la resistencia



Híbridos de QPM e híbridos de maíz normal: Una comparación directa del rendimiento en numerosas localidades de todo el mundo.



a las enfermedades y otras características esenciales y realizando ensayos en colaboración con investigadores de todo el mundo.

Convencido de la importancia del QPM para los pobres, Norman E. Borlaug, Premio Nobel de la Paz y ex Director del Programa de Trigo del CIMMYT, apoyó las actividades de desarrollo y difusión. Sasakawa Global 2000, un organismo internacional no gubernamental dedicado a difundir tecnología agrícola mejorada en África cuyos cofundadores incluyen a Borlaug y al ex Presidente de los Estados Unidos Jimmy Carter, ha promovido en forma eficaz el QPM en Ghana y varios otros países africanos.

Recientemente, con el apoyo de la Fundación Nipona, los mejoradores del CIMMYT han trabajado con colaboradores de todo el mundo para ensayar nuevas variedades e híbridos promisorios de QPM y demostrar su comportamiento superior y calidad de proteína. Los datos provenientes de 32 localidades de África, Asia y América Latina muestran que el rendimiento de los híbridos de QPM superó al de los híbridos de producción comercial actuales por 10% en promedio. Los resultados en México, por ejemplo, han sido tan espectaculares (un híbrido experimental produjo 16 toneladas por hectárea, dos toneladas más que el maíz normal que más se le acercaba) que el país ha iniciado un programa intensivo para producir semilla certificada de QPM y ponerla a disposición a los agricultores. Los híbridos de QPM experimentales provenientes del CIMMYT producen 14 toneladas por hectárea en ensayos en fincas en el litoral de Perú.

Por último, con el fin de documentar de manera adecuada los beneficios nutricionales del QPM, el CIMMYT busca apoyo para varios proyectos, entre ellos elaborar perfiles iniciales del estado nutricional de los habitantes en localidades muy pobres de algunos países en desarrollo.

## ACTIVIDADES VINCULADAS CON EL QPM EN TODO EL MUNDO

El maíz con calidad de proteína figura en los planes de desarrollo de muchos países consumidores de maíz con los que el CIMMYT trabaja. A continuación se presentan algunos ejemplos. El CIMMYT apoya esas actividades con semilla mejorada y la experiencia de tres decenios de investigación sobre el QPM en conjunto con los países colaboradores.

- En 1998 el CIMMYT distribuyó unos 70 envíos de semilla experimental de QPM a investigadores de 55 países del mundo. Colombia, Etiopía y la India planean lanzar QPM a corto plazo y se ensayan variedades experimentales en otros países.
- En China se sembrarán 200,000 hectáreas más con el nuevo híbrido de QPM Zhongdan 9409 para fines del próximo año, que se sumarán a las casi 100,000 hectáreas en las que ya se cultiva QPM.
- En Guatemala y en El Salvador se sembrarán otras 50,000 hectáreas con nuevos híbridos de QPM para el 2001, o posiblemente antes.
- Según un estudio reciente en Ghana, casi una sexta parte de la superficie nacional dedicada al maíz se siembra con QPM.

- Con nuevos planes para sembrar unos 2.5 millones de hectáreas con QPM para el 2001, México se convertirá en el líder mundial en la producción de este maíz especial. En junio de 1999 ya se habían sembrado más de 100 hectáreas con semilla de progenitores de híbridos superiores.



# LA INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA: CONVERTIR A LOS AGRICULTORES EN COLABORADORES

## PARA EL DESARROLLO

LOS INVESTIGADORES EXAMINAN EN FORMA CRÍTICA SU FUNCIÓN EN EL DESARROLLO Y BUSCAN NUEVAS FORMAS DE TRABAJAR MEJOR. UNA DE ELLAS ES HACER QUE LA INVESTIGACIÓN SEA UNA ACTIVIDAD DE CARACTER PARTICIPATIVO.

Los métodos de investigación participativa—en los que son los agricultores quienes establecen la agenda de investigación, efectúan los experimentos y evalúan los resultados—pueden ayudar a incrementar los rendimientos de los cultivos, promover prácticas agronómicas que protegen los recursos y, sobre todo, distribuir tecnologías adecuadas a las zonas marginadas. “La participación de los agricultores atrae un mayor interés en los problemas verdaderamente importantes y aumenta las probabilidades de que la investigación genere opciones atractivas para los agricultores, teniendo en cuenta los recursos de que disponen y sus estrategias para ganarse la vida”, dice Larry Harrington, Director del Grupo de Investigación sobre Recursos Naturales (NRG) del CIMMYT.

Durante varios años, el CIMMYT y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México han trabajado con agricultores-mejoradores en los valles centrales de Oaxaca, México, a fin de preservar algunas razas criollas de maíz y mejorarlas para que tengan las características preferidas por los agricultores (véase “Los agricultores trabajan con los principios y las prácticas de la diversidad”, p. 64).

Recientemente, el Centro ha utilizado métodos participativos en las investigaciones para mejorar los suelos, conservar el agua y aumentar la diversidad de los agroecosistemas. Los beneficios para los agricultores son

evidentes en el sur de África, México y el sur de Asia.<sup>1</sup> Este trabajo, así como la participación del Centro en un programa exploratorio de la Fundación Rockefeller sobre la investigación participativa, contribuyen a perfeccionar las metodologías y dan una mejor idea de cómo se integran con otras actividades de la investigación.

## EL SUR DE ÁFRICA: ESCASOS RECURSOS, RIESGOS ENORMES

El riesgo climático, en particular las precipitaciones erráticas, constituye una restricción importante para el desarrollo de tecnologías mejoradas y su adopción por los pequeños agricultores de maíz en el sur de África. Cerca del 70% del maíz de la región proviene de fincas de menos de 5 hectáreas, casi todas de cultivo de temporal. Además de afrontar la amenaza constante de la sequía, los agricultores trabajan algunos de los suelos más pobres en lugares donde el uso de fertilizantes es costoso y arriesgado.

Iniciado en 1998, el Proyecto de Manejo del Riesgo vincula tres áreas antes separadas de la investigación: el análisis

DISEÑAR PRÁCTICAS FAVORABLES PARA LOS AGRICULTORES Y EL MEDIO AMBIENTE CON EL FIN DE MANEJAR LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LA REGIÓN DENSAMENTE POBLADA DEL SUR DE MALAWI REQUIERE QUE LOS AGRICULTORES Y LOS INVESTIGADORES TRABAJEN EN EQUIPO.



<sup>1</sup> Para detalles sobre la labor en el sur de Asia, véase *El CIMMYT en 1997-1998: Cambios positivos y Una muestra de los impactos del CIMMYT, 1999.*

del riesgo climático mediante la modelación de cultivos, la experimentación a cargo de los investigadores orientada a desarrollar y difundir tecnologías y la experimentación en el manejo de la fertilidad del suelo por los agricultores. Financiado por la Agencia Australiana para el Desarrollo Internacional (AusAID) y el Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional (ACIAR), el proyecto es un resultado indirecto de la red para la fertilidad del suelo (SoilFertNet)<sup>2</sup> del Programa de Maíz del CIMMYT, en la que investigadores, especialistas en extensión y agricultores desarrollan, ensayan y comparten opciones de manejo mejorado de suelos pobres en nutrientes en Malawi y Zimbabwe.

“Este excepcional proyecto reúne a científicos, trabajadores de extensión y agricultores en un esfuerzo común para generar y perfeccionar nuevas opciones de manejo de la fertilidad del suelo”, dice Christopher Vaughan, becario de predoctorado del NRG que colabora en el Proyecto de Manejo del Riesgo. “Ofrece muchas posibilidades de influir en la forma en que se realiza la investigación, aumentar la sustentabilidad de la agricultura y mejorar la vida de los agricultores pobres del sur de África.”

Entre otras cosas, el proyecto emplea modelos de simulación de cultivos para evaluar el comportamiento biofísico de varias de las tecnologías más promisorias en una amplia diversidad de condiciones climáticas y edafológicas, una variedad mucho mayor de la que sería posible mediante el empleo de experimentos en los campos. Muchas de estas tecnologías, en particular el empleo de leguminosas en las rotaciones de cultivos y la aplicación oportuna de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, fueron creadas por SoilFertNet.

Los agricultores participan:

- Aportando información (por ejemplo, las taxonomías indígenas relativas a los tipos de suelos y el clima) para efectuar experimentos de simulación más objetivos.
- Proporcionando una verificación de los resultados de la simulación en la situación real; por ejemplo, comprobando la compatibilidad con las estrategias familiares para ganar el sustento.

- Planteando interrogantes y nuevas áreas de investigación a quienes elaboran los modelos y a los investigadores de la fertilidad del suelo, con lo que contribuyen a establecer y adaptar la agenda.
- Proporcionando su propia evaluación de las tecnologías creadas por los investigadores.
- Desarrollando métodos innovadores de manejo de la fertilidad del suelo mediante la experimentación.

Los modelos de simulación de cultivos se aplican paralelamente a la investigación participativa con los agricultores, quienes intervienen en el ensayo, la evaluación y la adaptación de las tecnologías creadas por los investigadores. Mediante la retroalimentación de los agricultores sobre la investigación y la extensión, combinada con los resultados de los modelos, será posible apreciar las ventajas biofísicas y socioeconómicas de distintas tecnologías en un contexto de sistemas más amplio. La combinación del modelado *cuantitativo*, un método de sistemas que se basa en los datos, y la participación *cualitativa*, un método de sistemas que se basa en los procesos, genera una investigación y un desarrollo más integrados, y permite a todos los interesados expresar su opinión”, dice Vaughan.

## “ALTERNATIVAS” PARA EL SUR DE MÉXICO

Los agricultores de bajos ingresos en la árida región de la Mixteca en México, son actores fundamentales en las actividades para mejorar los sistemas agrícolas de maíz-frijol, que mantienen a medio millón de habitantes, con ayuda del CIMMYT y Alternativas, una organización no gubernamental. El financiamiento otorgado por las Fundaciones Hilton y Ford permite a los participantes evaluar nuevas variedades de maíz –en particular genotipos del CIMMYT tolerantes a la sequía– y experimentar con mantillos, insecticidas orgánicos, fertilizantes foliares y cultivos de cobertura.

<sup>2</sup> SoilFertNet es financiada por la Fundación Rockefeller. Para más detalles, véase *El CIMMYT en 1997-1998: Cambios positivos*.

“La precipitación es escasa y está mal distribuida, y los agricultores nos informan que los rendimientos son de 0 a 700 kilogramos por hectárea”, dice Julio César Velázquez Hernández, investigador afiliado del NRG que trabaja en el proyecto. “Con esas cantidades, el grano que se cosecha en noviembre les dura más o menos hasta marzo; entonces, las familias tienen que empezar a comprar maíz con el dinero que puedan obtener.” Para conseguir dinero en efectivo, las personas venden sus cabras, piden ayuda a sus familiares que trabajan en los Estados Unidos o se ocupan en otras actividades temporales.

El proyecto comenzó en 1998, pero Velázquez ya ha organizado y realizado un taller en el que participaron los agricultores, ha identificado a los productores de las comunidades más importantes y les ha ayudado a dar prioridad a sus principales problemas y a elaborar sus propios planes de acción. “En todas las comunidades hay agricultores entusiastas y talentosos dispuestos a probar otras opciones y compartir sus conocimientos”, dice. “Si los apoyamos, aportarán los únicos recursos con que cuentan: tierra, experiencia y mano de obra, para poner a prueba tecnologías promisorias.”

Los agricultores participantes han solicitado capacitación en la selección y mejoramiento de maíz y ya han superado algunos obstáculos supuestamente infranqueables, según Velázquez. “Algunas personas pensaban que emplear mantillo sería imposible, dada la escasa disponibilidad de biomasa”, dice. “Pero los agricultores de alguna manera se las arreglaron para reunir suficientes residuos de forraje, hojarasca, estiércol o tallos para obtener un buen mantillo.” Después de recibir capacitación sobre fertilizantes foliares que organizaron varias ONG mexicanas, los agricultores produjeron su propio fertilizante usando materiales y sustancias disponibles en las fincas. Con la ayuda de especialistas de la Universidad de Puebla, están poniendo a prueba la eficiencia

de las especies de plantas silvestres que tienen propiedades insecticidas, como control natural de las plagas de insectos. Por último, está realizándose un experimento para evaluar la productividad y las restricciones del sistema, complementado por un control periódico de la precipitación y el escurrimiento de la capa superior.

Según Velázquez, esto es sólo el principio. “El trabajo sobre estas opciones, que los agricultores consideran de muy poco riesgo, abrirá la puerta a un gran número de experimentos a largo plazo más ambiciosos, que incluyan tecnologías más complejas”, señala.

## INTEGRACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA

El CIMMYT está llevando a cabo la integración de métodos participativos en su “caja de herramientas” de la investigación. Asimismo, se exploran formas de extrapolar los resultados y metodologías de un sitio específico a otros de características similares. Con los sistemas de información geográfica los investigadores pueden definir e identificar zonas similares al sitio seleccionado.

Con respecto a lo anterior, el aprendizaje es parte esencial de las actividades actuales del Centro, según Mauricio Bellon, miembro del Programa de Economía del CIMMYT y experto en investigación participativa. Entre otras cosas, Bellon encabeza la parte de ciencias sociales de la investigación participativa de mejoramiento en Oaxaca, México. “Para emplear en forma más adecuada los métodos participativos, necesitamos saber cuán eficientes son, a quiénes llegan y cuál es el costo de la participación para los agricultores y los investigadores”, dice Bellon. Junto con sus asociados realiza estudios iniciales en Zimbabwe y México para evaluar el costo y el valor de las iniciativas participativas del CIMMYT para los agricultores de esos países.

Sin embargo, otros especialistas señalan que el principal punto fuerte de los métodos participativos reside en ayudar a los investigadores a "establecer correctamente sus prioridades", con lo cual aumenta la eficiencia y se reducen los costos. "Contar con científicos técnicos experimentados en un proceso de evaluación y adaptación desde el principio ayuda a todos a identificar y capitalizar las ventajas comparativas y las sinergias", dice Vaughan.

Cualesquiera que sean sus ventajas, existen barreras culturales y de otro tipo que limitan la aplicación de las metodologías participativas, según Peter Hobbs, agrónomo de trigo del NRG que ha contribuido a las actividades de investigación participativa en el sur de Asia. "En muchas partes del mundo, los sistemas educativos tienen un sistema jerárquico para proporcionar información", dice. "En esas zonas, es más difícil emplear los métodos participativos: se requieren tiempo y resultados positivos para convencer a quienes dirigen la investigación de que dediquen personal a este tipo de actividad."

## COMPARTIR Y COMPARAR EXPERIENCIAS

Para resolver éstos y otros problemas, el CIMMYT establece vínculos con líderes reconocidos de la investigación participativa. Un ejemplo es la participación del Centro en la Iniciativa Exploratoria de la Fundación Rockefeller sobre Métodos Participativos en la Generación de Tecnología y la Experimentación por los Agricultores. "Este proyecto interinstitucional pretende sistematizar y comparar experiencias de todo el mundo, así como establecer vínculos entre los actores fundamentales en ese campo", dice Bernard Triomphe, agrónomo que promueve la iniciativa y trabaja con el Centro de

Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) de Francia y el NRG del CIMMYT en la investigación sobre la labranza de conservación, los cultivos de cobertura y la experimentación por los agricultores. "La iniciativa Rockefeller incluye el establecimiento de una red que abarque varios continentes y una gran variedad de instituciones, así como la documentación sobre la forma en que algunos proyectos han abordado cuestiones críticas", dice Triomphe. Los temas específicos incluyen la institucionalización de los métodos participativos y sus interacciones con la investigación formal. A comienzos de 1999 se presentó un informe preliminar a la Fundación. Las actividades posteriores se concentrarán en realizar estudios de casos, organizar una serie de talleres regionales en América Latina, Asia y África, y establecer una estrategia para crear a largo plazo redes en esta zona. El NRG proporciona apoyo logístico a la iniciativa y ayuda para tener acceso a experiencias realizadas fuera de América Latina y la identificación de colaboradores y estudios de casos basados en el trabajo del personal regional del CIMMYT.

El CIMMYT es el copatrocinador fundador y miembro activo del Programa para Todo el Sistema del CGIAR sobre la Investigación Participativa y el Análisis según el Género, realizado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). De este modo, el CIMMYT comparte información sobre los métodos participativos y las experiencias con otros miembros del Programa a Nivel del GCGIAR.

LOS MÉTODOS PARTICIPATIVOS PUEDEN AYUDAR A QUE LAS MUJERES AGRICULTORAS PARTICIPEN EN EL ESTABLECIMIENTO DE LAS AGENDAS DE INVESTIGACIÓN Y EN LA EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS.

Para más información:  
[l.harrington@cgiar.org](mailto:l.harrington@cgiar.org)



# SE PREPARA EL RESURGIMIENTO

## DEL MAÍZ EN EL PERÚ

SE CONJUNTAN LOS ELEMENTOS PARA EL RESURGIMIENTO DEL MAÍZ MEDIANTE LA COLABORACIÓN ENTRE EL GOBIERNO DEL PERÚ —NUEVO MIEMBRO DEL CGIAR— Y EL CIMMYT. LA META ES OFRECER A LOS AGRICULTORES OPCIONES PRODUCTIVAS PARA TRABAJAR LA TIERRA, EN VEZ DE EMIGRAR HACIA LAS ZONAS MARGINALES DE LAS CIUDADES DEL PAÍS.

“El Perú importa más de un millón de toneladas de maíz cada año. Esto resulta absurdo, ya que el país tiene un gran potencial de producción y la gente sí produce maíz”. Rodolfo Muñante Sanguinetti, asesor especial del Presidente Alberto Fujimori y ex Ministro de Agricultura, bebe una humeante taza de café para contrarrestar el frío húmedo de una mañana invernal en Lima, mientras habla de reproducir en el caso del maíz un programa integral que fomentó la producción de arroz y permitió al Perú reducir a la mitad las importaciones de este cereal básico en sólo un año. ¿Cuál sería la función del CIMMYT en un plan similar para el maíz? “¡Hermano! Con las variedades que nos ha dado el CIMMYT, ¿qué más podemos pedir?”, señala Muñante.

Unos 200 kilómetros al sur de Lima, cerca de la ciudad de Pisco, el agricultor Alberto Nestares se hace eco del entusiasmo de Muñante al analizar el comportamiento de un híbrido experimental del CIMMYT. “En la producción en gran escala, el rendimiento de esta variedad podría ser muy superior al de las otras variedades que se cultivan por aquí”, observa. (Las “otras variedades” son diversos híbridos comerciales importantes.)

## ALIMENTOS PARA LA PAZ

En 1998, el Perú produjo un poco más de 700,000 toneladas de maíz amarillo –principalmente para alimentar a los animales– y 230,000 toneladas del maíz harinoso, de grano grande, para consumo humano. La producción de maíz amarillo ha aumentado continuamente durante la última década, aunque no con tanta rapidez como el consumo (véase la figura, p. 46). Además, el 38% de la población cuenta con un presupuesto mensual de sólo 50 dólares –considerado de extrema pobreza–, y casi el 60% de la población rural es pobre, en comparación con el 25% en las ciudades.

Para aumentar la autosuficiencia nacional de maíz y mejorar el sustento de los pobres de las zonas rurales, el Perú ha establecido una mayor colaboración con el CIMMYT en los últimos dos años. “El gobierno reconoce que, sin alimentos, no hay paz ni tranquilidad social”, dice Shivaji Pandey, Director del Programa de Maíz. Pandey, antiguo fitomejorador que pasó 10 años en Colombia, donde dirigió el programa de investigación de maíz para América del Sur del CIMMYT, cree que existen muchas posibilidades de aumentar la productividad en el Perú: “Los rendimientos de maíz en la costa peruana son los más altos de todas las zonas tropicales del mundo en desarrollo.”

## INTENSIFICACIÓN DE LOS COMPROMISOS

Según Pandey, el CIMMYT no es nuevo en el Perú. “La variedad de maíz más cultivada en el país, Marginal 28, lanzada en 1984, se deriva directamente de la Población 28 del CIMMYT”, afirma. “Esa variedad se siembra en cerca de 150,000 hectáreas en los bosques tropicales e, incluso, las zonas costeras.” En el CIMMYT se están probando varios materiales nuevos con las mismas características, cuyo comportamiento es muy superior al de Marginal 28.

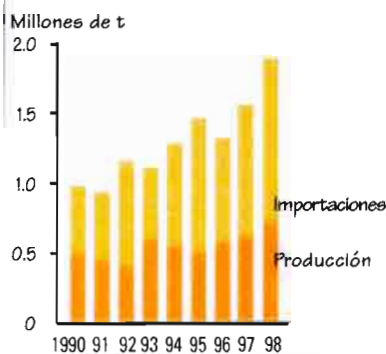
A mediados de 1999, el Centro designó a Miguel Barandiarán, especialista peruano en maíz y científico asociado del CIMMYT desde 1997, como científico adjunto del Ministerio de Agricultura y enlace especial con las instituciones de investigación de maíz del Perú. “Planeo trabajar con todas las instituciones peruanas dedicadas a la investigación y producción de maíz, tanto públicas como privadas, y también con los agricultores, a fin de aumentar la productividad de los sistemas de cultivo para satisfacer la demanda interna de este cereal”, apunta Barandiarán. Su ubicación en la Universidad Agraria Nacional La Molina, cuyo programa de investigación de maíz tiene una trayectoria ilustre en el Perú, le proporcionará un punto estratégico para establecer la red interinstitucional que tiene en mente “Me gustaría darle las gracias al rector de La Molina, Dr. Francisco Delgado de la Flor, quien amablemente ha ofrecido las instalaciones de la universidad para establecer una oficina del CIMMYT”, concluye.

## EL PERÚ SE UNE AL CGIAR

Muñante señala que las cosechas más productivas de maíz ayudarán a contener el éxodo de la población rural a la ya sobrepoblada Lima e, incluso, promover el regreso de muchos que fueron a la ciudad en las épocas de disturbios sociales. “El impacto social podría ser enorme”, señala. “Si se mejora la producción de maíz, se alentará a las personas de las zonas urbanas marginadas a volver a la tierra.”

SE HAN EVALUADO  
VARIETADES DE MAÍZ  
AMARILLO Y BLANCO CON  
CALIDAD DE PROTEÍNA  
(QPM) EN REGIONES  
COSTERAS Y DE BOSQUES  
TROPICALES EN EL PERU,  
ENTRE OTRAS COSAS PARA  
DETERMINAR SU POSIBLE  
USO COMO PARTE DE UN  
PROGRAMA  
GUBERNAMENTAL QUE  
PROPORCIONA COMIDAS A  
LOS ESCOLARES.





EN 1990, LA PRODUCCIÓN INTERNA SATISFIZO LA MITAD DE LOS REQUERIMIENTOS DE MAÍZ AMARILLO; EN 1998, LA PRODUCCIÓN SÓLO CUBRÍA EL 38% DE LA DEMANDA; EL RESTO PROVENÍA DE IMPORTACIONES.

**PROMOTORES PERUANOS DEL CULTIVO DE MAÍZ (DE IZQUIERDA A DERECHA): ENRIQUE AGUILAR, AGRÓNOMO DE PRODUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD AGRÍCOLA LA MOLINA; RODOLFO MUÑANTE, ASESOR ESPECIAL DEL PRESIDENTE; E IVÁN BALLENA, JEFE DEL PROGRAMA DE CULTIVOS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA.**

Con éstas y otras metas en mente, el Perú se unió al Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) en 1997. Según Josefina Takahashi Sato, jefa del Instituto Nacional de Recursos Naturales del Perú y coordinadora de las actividades del país en colaboración con los centros del CGIAR, los agricultores están cada vez más conscientes de la importancia de las tecnologías mejoradas. “Dicen: ‘Queremos variedades nuevas y prácticas mejoradas de producción’”, explica Takahashi. “Es importante que los donadores sigan contribuyendo a la investigación agrícola, ya que esto es precisamente lo que hará posible la agricultura sustentable en el futuro.”

Cuando Takahashi solicitó ayuda del CIMMYT para un estudio sobre la rentabilidad del cultivo del maíz en el Perú, Prabhu Pingali, director del Programa de Economía del CIMMYT, proporcionó asistencia técnica y capacitación. “Pingali vino y habló conmigo y con un economista de aquí, y ayudó a definir los parámetros del estudio y los términos de referencia”, dice Takahashi. “Los resultados preliminares son sorprendentes en algunas zonas; hay ventajas definitivas en el maíz, aun en condiciones desfavorables. Además de cambiar las ideas de las personas acerca de la conveniencia de continuar la investigación y el desarrollo de maíz, estos resultados orientarán las sugerencias para intervenciones técnicas concretas.”

Takahashi también mencionó la sobresaliente función del investigador de maíz del CIMMYT Carlos De León, actual jefe del programa regional para América del

Sur, en establecer vínculos y acuerdos de investigación con el Perú. “Carlos ha trabajado con nosotros, sin importar si el Perú era miembro del CGIAR”, dice. El colaborador de De León en el programa sudamericano, Luis Narro, un mejorador peruano, también ha contribuido en gran medida a introducir variedades con gran potencial en el conjunto de proyectos de ensayos y difusión. “Algunos de los híbridos que evaluamos en la costa tienen rendimientos de hasta 15 toneladas por hectárea”, apunta Narro. “Para las zonas tropicales, Perú está a punto de lanzar su propia versión de la conocida variedad tolerante a suelos ácidos, Sikuaní, desarrollada y distribuida en Colombia hace varios años con ayuda del CIMMYT.”

Enrique Aguilar, agrónomo de producción en La Molina, opina que los impactos del CIMMYT incluyen variedades más productivas, además de otros beneficios: “Como la semilla que produce el CIMMYT es mejor, las empresas se sienten obligadas a competir; y hasta los agricultores más pobres han comenzado a exigir semilla de calidad.” En el plano personal, menciona que el curso de capacitación del CIMMYT efectuado hace unos 20 años fue un factor decisivo en su vida y en su profesión: “La escuela del CIMMYT —una ética de trabajo donde cada uno forma parte de un equipo y los científicos trabajan, resuelven dudas, dan seguimiento a la labor, hacen de todo— es algo que no he visto en ninguna otra parte. Cuando busco a un investigador joven para trabajar, quiero que muestre ese tipo de actitud.”

Para más información:  
s.pandey@cgiar.org





# Actualización y perspectivas de la investigación



# ELOGIOS A UNA TECNOLOGÍA "PODEROSA" EN SHANDONG, CHINA

FRAGMENTOS DE UNA CARTA AL DIRECTOR GENERAL TIMOTHY RREEVES  
MUESTRAN EL GRAN INTERÉS QUE HA DESPERTADO EL NUEVO  
MÉTODO DEL CIMMYT PARA SEMBRAR EL TRIGO EN CAMAS.

*Estimado Prof. Reeves:*

## SALUDOS DESDE LA PROVINCIA DE SHANDONG, CHINA.

Fue un placer contar con su presencia en nuestro instituto durante tres días a fines de mayo. Le escribimos para expresarle nuestro gran interés por el sistema de siembra en camas. Creemos que esta tecnología contribuirá considerablemente a mejorar la producción de trigo en la provincia de Shandong, así como en otras partes de China.

Durante su estancia en Shandong, usted visitó nuestro ensayo de siembra en camas en cuatro localidades. De acuerdo con los resultados obtenidos este año, nos complace informarle que tiene varias ventajas en comparación con el sistema tradicional, entre ellas, la reducción de la altura de la planta y una mayor resistencia al acame, que tendrán efectos positivos en el rendimiento y la calidad, ahorrarán un 30% de agua y mejorarán la estructura del suelo, aumentarán en un 10-15% la eficiencia en el uso de fertilizantes, reducirán la frecuencia de la mancha ocular muy nítida, disminuirán en 30% los insumos totales y aumentarán 5-8% los rendimientos (en el ensayo usamos nuestra variedad nueva Shandong 935031). Estamos, por tanto, convencidos de que esta tecnología poderosa representará un gran aporte para el sistema sustentable de producción de trigo en China. El sistema de siembra en camas también ha despertado el interés del Ministerio de Agricultura y el gobierno de la provincia de Shandong, y su empleo se difundirá con rapidez. Les agradeceríamos que capacitaran a otros científicos visitantes de nuestra academia en el empleo del mencionado sistema y que colaboraran con nosotros para mejorarlo y difundirlo en China.

*Gracias de antemano por su apoyo.*

Con nuestra mayor estima y consideración, le saludan

**PROF. XU HUISAN**, PRESIDENTE DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS DE SHANDONG

**DR. WANG FAHONG**, AGRÓNOMO PRINCIPAL, ACADEMIA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS DE SHANDONG

# LOS RENDIMIENTOS DE TRIGO DURO

## ESTABLECEN UNA NUEVA MARCA

EN EL NOROESTE DE MÉXICO, LAS VARIEDADES DE TRIGO DURO SEMIENANO DE CICLO CORTO PRODUJERON DIARIAMENTE LA INCREÍBLE CANTIDAD DE **89** KG DE GRANO POR HECTÁREA DURANTE EL CICLO **1998-1999**, LO CUAL **DIÓ COMO RESULTADO UNA COSECHA DE 11.7 TONELADAS POR HECTÁREA**. PARA CAPTAR TODA LA TRASCENDENCIA DE ESTE LOGRO, ES NECESARIO EXPLICAR QUE LOS RENDIMIENTOS DEL TRIGO DURO “NORMAL” EN LOS CAMPOS DE LOS AGRICULTORES DEL NOROESTE DE MÉXICO SON DEL ORDEN DE **5-6** TONELADAS POR HECTÁREA Y EL PROMEDIO MUNDIAL ES DE APENAS **2-3** TONELADAS.

“Estos trigos no sólo tienen buenos rendimientos, también son muy tolerantes a la sequía y el calor, así como a problemas de alta precipitación pluvial”, explica Wolfgang Pfeiffer, jefe de mejoramiento de trigo duro del CIMMYT. “Debido a que son lo que llamamos eficientes en el uso de insumos —es decir, que aprovechan al máximo cualquier nutrimento del suelo— producen rendimiento más altos en condiciones marginales que otros trigos.”

El trigo duro se usa principalmente en la elaboración de pastas en los países industrializados, pero en muchas otras partes del mundo se emplea con más frecuencia en la elaboración de pan ácimo y productos alimenticios de consumo local, como el bulgur y el cuscús. En los países de la región del OANA, los pobres que viven en ambientes de escasa precipitación pluvial dependen de este tipo de trigo para obtener gran parte de las calorías que consumen. Para muchos agricultores pobres en esas regiones, el trigo duro también es una fuente de ingresos, ya el trigo de buena calidad se vende a precios más altos que los normales en los mercados locales.

Aunque el trigo duro no se cultiva tan ampliamente como el trigo harinero, ocupa un lugar especial en el mundo en desarrollo. De 1991 a 1997, el 98% de las variedades de trigo duro que los programas nacionales de investigación de los países en desarrollo distribuyeron a los agricultores contenían ancestros de materiales del CIMMYT en sus genealogías. En estos países, el trigo se siembra en ambientes marginales, donde ocurren grandes fluctuaciones climáticas durante la temporada de cultivo. En parte de la India, la producción de trigo duro ha sido relegada a los ambientes más calurosos y secos.

### MEJORAMIENTO PARA AUMENTAR LOS RENDIMIENTOS

¿Cómo lograron los investigadores este sorprendente aumento en el rendimiento? “Los distintos factores que contribuyen a los altos rendimientos no están equilibrados en los trigos duros anteriores”, dice Pfeiffer. “Utilizamos varios trucos para aumentar el número de espigas y granos que produce la planta.” Pfeiffer enfatiza la importancia de haber contado con el apoyo de científicos de otras disciplinas. Fundamental para el éxito fue la colaboración de Ken Sayre, agrónomo de trigo del CIMMYT que ayudó a perfeccionar el sistema de siembra en camas y las prácticas agronómicas que se emplearon con los trigos nuevos.

En el futuro, Pfeiffer estima que será más fácil obtener aumentos en el rendimiento de los trigos duros empleando marcadores moleculares y criterios fisiológicos de selección en el mejoramiento. “Sin embargo,” agrega, “nada sustituye a un equipo multidisciplinario, bien integrado de científicos que realizan una labor conjunta para alcanzar la misma meta.”

# AMBIONET HACE AVANZAR LA

## BIOTECNOLOGÍA EN ASIA

“DURANTE SU PRIMER AÑO, LA AMBIONET SE DEDICÓ A PREPARAR EL TERRENO”,

DICE LA COORDINADORA DE LA RED, MARÍA LUZ GEORGE. “AHORA HA

COMENZADO EL TRABAJO CONCRETO DE REALIZAR BUENA CIENCIA.”



El año pasado, AMBIONET –la Red Asiática de Biotecnología de Maíz– preparó el terreno para sus actividades regionales mediante un exitoso curso de capacitación realizado en la sede del CIMMYT en noviembre/diciembre de 1998, una segunda reunión de la red en Beijing en abril de 1999 y, sobre todo, con la participación de los países miembros. Con el patrocinio del Banco Asiático de Desarrollo, AMBIONET abarca los programas de biotecnología de los sistemas nacionales de investigación agrícola de India, China, Tailandia, Filipinas e Indonesia y del CIMMYT. La meta de la red es “aumentar la productividad de maíz con el desarrollo por medio de la genética molecular de variedades mejoradas con alto potencial de rendimiento,

combinado con resistencia perdurable a plagas y enfermedades, así como tolerancia a factores abióticos desfavorables.” Al compartir conocimientos, oportunidades de capacitación y germoplasma, los integrantes de la red pueden avanzar en sus actividades de investigación más rápidamente que si trabajaran aislados.

El curso de capacitación de un mes de duración titulado “Aplicaciones de marcadores moleculares al fitomejoramiento”, contó con la asistencia de 17 participantes de los países miembros. Las actividades del curso se concentraron en tareas prácticas y de planeación estratégica.

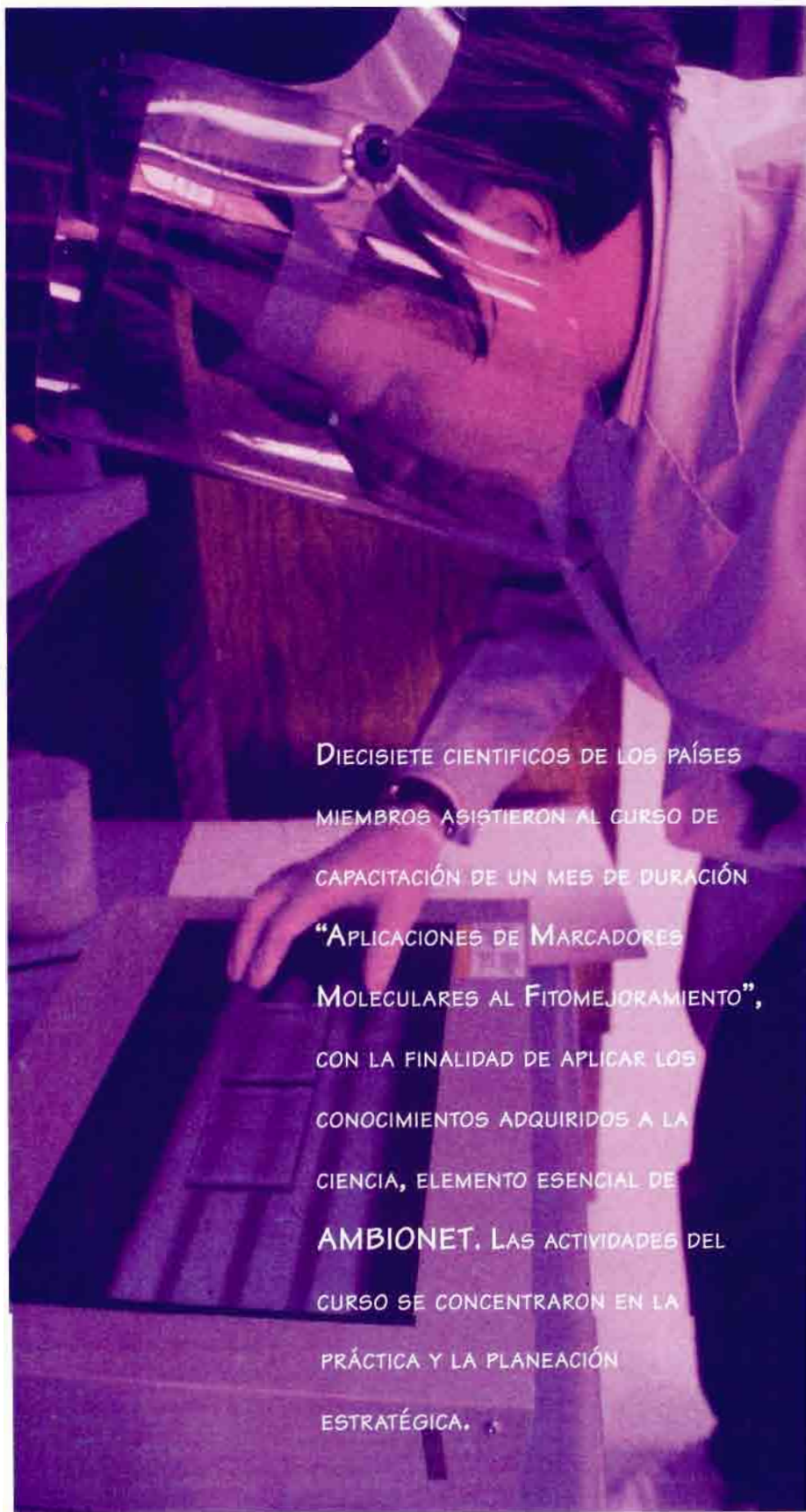
Los científicos aprendieron a instalar un laboratorio de marcadores moleculares, a efectuar *fingerprinting* de líneas de maíz y del hongo del mildiú vellosa, así como distintos métodos de selección asistida por marcadores y el mapeo de loci de caracteres cuantitativos (QTL).

## EN CHINA SE PONEN EN PRÁCTICA LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS

“Podemos obtener la teoría de los libros, pero la práctica que nos dieron en el curso nos será de mucha utilidad”, dice Shihuang Zhang, coordinador de la AMBIONET en China y Director del Programa de Maíz del Instituto de Fitomejoramiento y Cultivo de la Academia China de Ciencias Agrícolas. Zhang vino al curso con una meta definida en mente: perfeccionar sus conocimientos y experiencia en el uso de marcadores. A su regreso a China, de inmediato puso en práctica sus conocimientos.

“En China hemos desarrollado muchos híbridos; no obstante, los científicos con más antigüedad no prestaban atención a las genealogías. En los viveros, las líneas de maíz por lo general tienen un lugar especial, pero nadie conoce las genealogías”, explica Zhang. “Los científicos jóvenes suelen encontrar obstáculos al realizar sus actividades de mejoramiento por falta de datos sobre la genealogía y grupos y patrones heteróticos. Es posible obtener los datos empleando un método estadístico, pero esto implica invertir mucho tiempo y trabajo. Con las técnicas de los marcadores moleculares que aprendí, podemos analizar nuestras líneas endogámicas comerciales en un breve lapso y, posiblemente, hasta con menos costo.”

Según los cálculos de Zhang, a fines de 1999 su grupo habría analizado 130 líneas endogámicas comerciales, casi todas las líneas de este tipo que existen en China hoy en día. Aunque cree que la administración de datos planteará ciertos problemas en un futuro cercano, confía en que la red abordará este problema universal. Zhang concluye: “Con una nueva generación de mejoradores, nuevas herramientas, y una nueva filosofía, espero lograr grandes avances en nuestra labor.”



DIECISIETE CIENTÍFICOS DE LOS PAÍSES MIEMBROS ASISTIERON AL CURSO DE CAPACITACIÓN DE UN MES DE DURACIÓN “APLICACIONES DE MARCADORES MOLECULARES AL FITOMEJORAMIENTO”, CON LA FINALIDAD DE APLICAR LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS A LA CIENCIA, ELEMENTO ESENCIAL DE AMBIONET. LAS ACTIVIDADES DEL CURSO SE CONCENTRARON EN LA PRÁCTICA Y LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA.



## UN MÉTODO VIABLE PARA LAS FILIPINAS

Art Salazar, Jefe del Programa Nacional de Investigación y Desarrollo de Maíz de Filipinas, planea aplicar lo que aprendió sobre genética molecular a su trabajo para obtener resistencia al mildiú veloso en el maíz. Informes recientes de la evolución de formas resistentes a los plaguicidas de este destructor patógeno le han dado una nueva urgencia a esta investigación.

“Siempre creí que sería bueno conocer estas técnicas moleculares [la selección asistida por marcadores], pero no había tenido la oportunidad de hacerlo”, dice Salazar. “Ahora puedo hablar con nuestros genetistas y realmente nos entendemos. En cuanto a usar esta tecnología en nuestro programa, hemos encontrado que es un método mucho más viable que los anteriores. Queremos aprender de la experiencia de otros países en la red y el respaldo técnico del CIMMYT será decisivo. La red me ha infundido mayor confianza en que podemos hacer todo este trabajo”.

## COBRAR ÍMPETU

Los participantes del curso también abordaron problemas de planeación, que revisaron cinco meses después en la segunda reunión anual de la red. Los científicos presentaron el estado de sus respectivos trabajos, identificaron y priorizaron problemas, establecieron metas y elaboraron planes de trabajo de tres años para producir variedades mejoradas de maíz. Entre las metas específicas y los proyectos de colaboración incluidos en los planes de trabajo se cuentan: (1) la caracterización de grupos heteróticos; (2) la caracterización molecular de los agentes

patógenos del mildiú veloso; (3) el desarrollo de marcadores moleculares para obtener resistencia al mildiú veloso; (4) el empleo de la selección asistida por marcadores para transferir resistencia al mildiú veloso en una conocida variedad de maíz de Filipinas; y (5) la creación de marcadores para el virus del mosaico de la caña de azúcar, del virus del enanismo áspero del maíz, tolerancia a la sequía y a la escasez de nitrógeno.

El curso de capacitación y la segunda reunión anual de la AMBIONET afianzaron la unión y aumentaron la motivación entre los participantes de la red, observa la coordinadora George. Los miembros de la red compartieron muchos de los avances logrados durante el periodo anterior y establecieron vínculos, a medida que se extendió el espíritu de camaradería surgido durante el curso de capacitación.

“En la reunión de Beijing,” dice George, “los líderes de grupo constataron el progreso la red y quedaron convencidos de que trabajar juntos es la clave para hacer las cosas. La reunión generó un gran sentido de responsabilidad, el deseo de compartir experiencias y recursos, y una fuerte dosis de espíritu competitivo que, estoy segura, estimulará a los grupos de trabajo a hacer su mejor esfuerzo. El reto ahora es traducir todo esto en resultados que beneficien a los productores de maíz en los campos.”

AL REGRESAR A SUS  
PAÍSES DE ORIGEN LOS  
PARTICIPANTES DEL CURSO  
SABIAN CÓMO CARGAR,  
“PASAR” Y DESPUÉS  
ANALIZAR GELES  
ELECTROFORÉTICOS, UNA  
TECNOLOGÍA CLAVE PARA  
CARACTERIZAR E  
IDENTIFICAR PLANTAS CON  
CARACTERES ESPECÍFICOS  
DE INTERÉS.

Para más  
información:  
[m.george@cgiar.org](mailto:m.george@cgiar.org)

# UN CONTROL EFICIENTE DE LOS ÁFIDOS

## QUE NO DAÑA EL MEDIO AMBIENTE

LOS PRODUCTORES DE TRIGO DE LOS PAÍSES EN DESARROLLO ESTÁN PRACTICAMENTE INDEFENSOS FRENTE A LOS ÁFIDOS, LA PLAGA DE INSECTOS DEL TRIGO CON MAYOR DISTRIBUCIÓN EN EL MUNDO. PARA ELLOS, EL CIMMYT DESARROLLA **ESTRATEGIAS QUE NO DAÑEN EL MEDIO AMBIENTE Y LES PERMITAN CONTROLAR LAS POBLACIONES DE ÁFIDOS.**

## FORTALECER LAS DEFENSAS DE LOS AGRICULTORES DE TRIGO CONTRA LOS ÁFIDOS

Los áfidos pueden causar grandes daños en las cosechas; se desplazan fácilmente, a tal punto que los alados pueden recorrer grandes distancias en vientos de poca altura. Pueden producir de 10 a 15 generaciones en un solo ciclo de cultivo. En los últimos años, se han incrementado los problemas causados por los áfidos a medida que se ha intensificado el cultivo, han cambiado las prácticas de labranza y se ha expandido la superficie bajo riego.

Los áfidos dañan los cultivos en forma directa al alimentarse de las plantas, y en forma indirecta por medio de los virus que transmiten. Algunas especies transmiten virus que causan enfermedades como el enanismo amarillo de la cebada (BYD), la enfermedad vírica más importante de los cereales de grano pequeño en todo el mundo.

Al alimentarse del trigo, los áfidos pueden reducir el peso de los granos en un 26% y también afectar su calidad. Informes recibidos de Sudáfrica indican pérdidas en el rendimiento de trigo de 21-92% provocadas por el áfido ruso del trigo (RWA); y en Etiopía, de hasta el 68%. En los Estados Unidos de América, las pérdidas económicas acumuladas que se atribuyen al RWA, como resultado de la reducción de los rendimientos y los costos del control entre 1986 y 1992, se estimaron en 657 millones de dólares. Con excepción del RWA, que se ha investigado en el CIMMYT y otras instituciones durante la última década, no se han realizado estudios exhaustivos sobre los áfidos.



## ESTRATEGIAS DE CONTROL EFICIENTES E INOCUAS

A la larga, la falta de control de los áfidos puede resultar más costoso en términos económicos y ambientales que la inversión en investigación destinada a resolver el problema. Los agricultores de los países en desarrollo han empleado poco control químico a causa de los altos costos y la escasa disponibilidad de productos químicos, y, por consiguiente, el daño provocado por esta plaga alcanza proporciones considerables. En los pocos países en desarrollo donde los agricultores sí aplican insecticidas, estos productos químicos contaminan el ambiente, sobre todo el agua, y dañan a los seres humanos, el ganado y los animales silvestres. El empleo excesivo de insecticidas puede estimular a los áfidos a desarrollar resistencia, y el control de este tipo tampoco previene por completo la transmisión y propagación de virus.

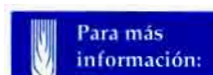
Evidentemente, los agricultores necesitan otras formas, más eficientes, para controlar las poblaciones de áfidos; una de ellas es desarrollar trigos de alto rendimiento resistentes a esta plaga. Sin embargo, poco se sabe acerca de la resistencia y, con la excepción del RWA, poco se ha hecho por desarrollar resistencia. La gran cantidad de especies de áfidos que atacan a los cereales dificultan el desarrollo de resistencia eficaz contra todos ellos y, por ende, la mayor parte de la investigación se ha concentrado en la identificación de fuentes de resistencia a las especies vectoras importantes de virus como el BYD.

## CONTROL INTEGRADO DE LOS ÁFIDOS

En pruebas recientes se ha descubierto que los trigos escandia (trigos primitivos) que se conservan en el banco genético de trigo del CIMMYT poseen cierta resistencia a varias especies de áfidos. Aunque no se conoce por completo la resistencia derivada de estos trigos, estudios preliminares realizados en el CIMMYT han demostrado que las plantas con resistencia de este tipo se mantienen libres de insectos en campos infestados con distintas especies de áfidos. Con estos resultados se plantea la posibilidad de que la resistencia derivada de la escandia proporcione protección eficaz contra la mayoría de las especies de áfidos, o todas ellas. En otras palabras, la resistencia generalizada a los áfidos podría convertirse en una realidad si se dispone de fondos para realizar esa investigación.

La resistencia a los áfidos complementaría las actividades de mejoramiento para obtener tolerancia al BYD. En el transcurso de los años, el CIMMYT ha desarrollado trigos de alto rendimiento con buena tolerancia al BYD (las plantas tolerantes pueden presentar pocos síntomas y tener un buen rendimiento; no obstante, pueden estar muy infectadas con el virus) (véase “Los marcadores moleculares ayudan a crear una combinación invencible de resistencia y tolerancia”, p. 34). Más importante aun, la combinación de la resistencia generalizada a los áfidos combinada con tolerancia al BYD en trigos de alto rendimiento permitiría:

- Brindar a los productores de trigo de los países en desarrollo protección más eficaz y accesible contra los áfidos y el virus del BYD;
- Contribuir a la conservación ecológica, puesto que la resistencia genética no tiene efectos nocivos para el ambiente; y
- Reducir el empleo de insecticidas, lo cual lograría disminuir la presión en los áfidos para desarrollar resistencia a los insecticidas.



[m.henry@cgiar.org](mailto:m.henry@cgiar.org)





## LA PÉRDIDA DE LA **DIVERSIDAD GENÉTICA:**

### ¿PODEMOS CORRER EL RIESGO?

LA COMUNIDAD CIENTÍFICA, DEL DESARROLLO Y DE DONADORES EN EL ÁMBITO

INTERNACIONAL CUENTA CON QUE EL CIMMYT REALICE UNA MISIÓN

**INDISPENSABLE PARA LA HUMANIDAD**, AHORA Y EN EL FUTURO: CONSERVAR

LA **DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ Y EL TRIGO**. ¿TENDRÁ ÉXITO EN ESTA MISIÓN?

Lo que hoy es una tarea expresamente asignada al CIMMYT comenzó como un derivado natural de las primeras investigaciones fitogenéticas del Centro. Recolectar y conservar materiales genéticos de maíz y de trigo constituyó un apoyo indispensable para los programas de mejoramiento. A medida que se oficializaron estas actividades, se construyeron

instalaciones especiales para almacenar las crecientes colecciones. Aumentó la conciencia de la importancia de los recursos fitogenéticos y las personas llegaron a ver estas actividades como parte esencial de la misión no sólo del CIMMYT sino también de otros centros del CGIAR que se dedican al fitomejoramiento.

Resulta difícil pensar en otras organizaciones más apropiadas para realizar estas actividades. Los Centros son el sitio ideal donde se pueden conservar los recursos genéticos para beneficio de la humanidad. Por un lado, atraen y coleccionan todo tipo de materiales –algunos de ellos en peligro de extinción. Además, son instituciones apolíticas, imparciales, que, aun ante restricciones cada vez mayores, como los derechos de propiedad intelectual, ponen sus existencias de germoplasma a disposición de los investigadores de todo el mundo, sobre todo los de los países en desarrollo. Por otro lado, los Centros tienen los conocimientos técnicos y las instalaciones para llevar a cabo las actividades implícitas en el trabajo de conservación genética, como recolectar, caracterizar y regenerar recursos genéticos, así como distribuir información correspondiente a éstos. Por último, resulta muy eficiente contar con un banco genético en un Centro cuyos programas de mejoramiento usan constantemente los materiales genéticos almacenados y los incrementan.

las accesiones del banco y conservar duplicados de las colecciones de los bancos genéticos de los países en desarrollo, como respaldo en caso de pérdidas. Una función particularmente crítica del PGRC es apoyar las iniciativas orientadas a ayudar a los agricultores a restablecer semilla de variedades locales de maíz y de trigo que se han perdido en desastres naturales y sociales, como sucedió con el maíz en Rwanda en 1994, el trigo en Afganistán en 1995 y, más recientemente, el maíz en América Central, a consecuencia del huracán Mitch (véase "Asegurar la semilla en América Central", p. 6).

Recientemente se renovaron las instalaciones del banco. Se expandió la capacidad para conservar 450,000 muestras de semilla de maíz y de trigo en cámaras frigoríficas a largo y mediano plazo, gracias a la generosidad del gobierno japonés y otros donadores. La expansión garantiza que el banco tendrá espacio suficiente para almacenar los materiales recolectados en el próximo siglo.

Esta expansión se realizó en un momento oportuno dado que la colección de trigo se ha triplicado en los últimos diez años y las colecciones de maíz y trigo crecen constantemente. En promedio, se envían cada año al banco 5,000 accesiones nuevas de trigo. Antes de incorporarla a las colecciones del banco, la semilla debe multiplicarse y tratarse; asimismo, deben registrarse los datos sobre su lugar de origen y su adaptación en una base de datos. Estas actividades tienen que ser realizadas meticulosamente y supervisadas por personal calificado año tras año; huelga decir que para realizarlas se requieren considerables recursos, cada vez más difíciles de conseguir.

## EL CENTRO DE RECURSOS

### FITOGENÉTICOS

### WELLHAUSEN-ANDERSON

El banco genético del CIMMYT, el Centro de Recursos Fitogenéticos Wellhausen-Anderson (PGRC), contiene la colección más grande (150,000 accesiones) de trigo y triticale (una cruz de trigo x centeno) del mundo, además de 19,000 accesiones de maíz y especies afines. El PGRC adquiere y mantiene en sus colecciones vinculadas con el trigo muestras de semilla de variedades antiguas y razas criollas, materiales en peligro de "aniquilación genética", y materiales que nunca antes habían sido recolectados.

Otras funciones esenciales que desempeña el PGRC son las de organizar, mantener y distribuir datos relacionados con

## HACER MÁS CON MENOS

El banco genético de trigo ha operado con el mismo presupuesto durante años. "Hace 10 años, las existencias de trigo del banco

FOTO DE LA PÁGINA

ANTERIOR:

NORMAN BORLAUG,

PREMIO NOBEL Y

CONSULTOR DEL CIMMYT

(IZQUIERDA), DE PIE JUNTO

A BENT SKOVMAND, JEFE

DEL BANCO DE

GERMOPLASMA DE TRIGO

DEL CIMMYT. BORLAUG

EXAMINA UNA RAZA CRIOLLA

DE TRIGO.

sumaban 45,000 accesiones. Hoy tratamos de conservar y manejar más del triple de esas accesiones con la misma cantidad de dinero”, dice Bent Skovmand, jefe de Recursos Genéticos de Trigo del CIMMYT.

Esto equivale a una reducción *de facto* de los fondos del banco y es un golpe muy duro para el PGRC. “Algunas funciones del banco no son absolutamente vitales para la conservación de los recursos genéticos,” señala Skovmand, “pero es esencial preparar y procesar los materiales que ingresan, así como regenerar las accesiones almacenadas que ya no son viables.”

## LA CONSERVACIÓN Y REGENERACIÓN DE SEMILLA

La semilla se conserva en estado latente inducido por bajas temperaturas. De esta manera, seguirá siendo viable –es decir, si se siembra germinará y producirá una planta normal- durante 25-40 años en el caso de las colecciones activas, almacenadas a  $-3^{\circ}\text{C}$ , y más de 50 en las colecciones de base, almacenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Después de ese tiempo, la semilla almacenada *debe ser regenerada o morirá*, perdiéndose para siempre la diversidad genética que contiene.

El proceso de regeneración detiene el deterioro de la semilla; esto es, se siembran los materiales almacenados con el fin de obtener semilla suficiente para multiplicarla; posteriormente se multiplica de acuerdo con las cantidades requeridas y se almacena, asegurándose de que la semilla conserve el mismo grado de diversidad genética de la muestra original. El proceso consta de dos etapas y se efectúa bajo supervisión estricta en localidades exentas de enfermedades.

## EL APOYO ECONÓMICO ES CRUCIAL

La capacidad del CIMMYT de conservar la diversidad de maíz y de trigo depende de que se conserve semilla viable y genéticamente “pura” en el banco. Esto constituye la razón de ser del PGRC. Si la semilla almacenada no se mantiene viva, entonces el compromiso del CIMMYT de preservar los recursos genéticos para las generaciones futuras es una promesa falsa. Mantener la viabilidad de la semilla también es indispensable para los mejoradores de trigo y de maíz del CIMMYT y de todo el mundo, cuya investigación depende mucho de aprovechar diversas fuentes de características útiles –como las semillas del PGRC- para desarrollar variedades mejoradas que se adapten a las necesidades de los agricultores en todo tipo de ambientes. Su capacidad de lograr este objetivo se vería severamente restringida si el banco perdiera siquiera una parte de sus accesiones.

La tarea de conservar los recursos genéticos de maíz y de trigo ha sido asignada explícitamente al CIMMYT, pero la responsabilidad de preservar estos recursos de valor incalculable para futuras generaciones es de todos, y todos debemos, por tanto, compartirla. Contribuyamos a que esta enorme tarea se cumpla. El CIMMYT invita a las partes interesadas en conservar estos recursos a asumir parte de esta responsabilidad universal.

 Para más información:  
[b.skovmand@cgiar.org](mailto:b.skovmand@cgiar.org)



DESPUÉS DE CIERTO TIEMPO, LA SEMILLA ALMACENADA DEBE REGENERARSE O MORIRÁ.

# EL PROYECTO CENTROAMERICANO ENCUENTRA

## REMEDIOS A LA DEGRADACIÓN DE LA TIERRA

LAS EMPINADAS PENDIENTES Y ESCARPADOS TERRENOS DE AMÉRICA CENTRAL CONSTITUYEN DESDE HACE MUCHO SERIOS OBSTÁCULOS PARA LOS CURTIDOS CAMPESINOS QUE SE AFANAN POR PRODUCIR MAÍZ Y FRIJOL PARA ALIMENTAR A SUS FAMILIAS. EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, EL CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y LA MAYOR PRESIÓN SOBRE LA TIERRA ARABLE HAN PRESENTADO NUEVOS RETOS PARA LOS AGRICULTORES Y LOS ENCARGADOS DE FORMULAR POLÍTICAS: LA EROSIÓN DEL SUELO Y LA RÁPIDA DECLINACIÓN DE LA FERTILIDAD DESPOJAN A LA TIERRA DE SU CAPACIDAD DE ALIMENTAR A SUS HABITANTES.

En Guatemala, por ejemplo, aproximadamente el 60% de los granos básicos del país se cultivan en pequeñas fincas que no pueden producir lo suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales básicas de una familia típica de cinco o seis personas. La agricultura de roza y quema, adecuada en el pasado, ahora sólo intensifica la erosión y los problemas de productividad, y los agricultores son demasiado pobres para invertir en la conservación de la fertilidad de sus tierras.

A pesar de la labor que diversas instituciones dentro y fuera de la región han realizado durante 20 años, sigue siendo baja la adopción de prácticas agrícolas sustentables y técnicas para la conservación del suelo y del agua. Para ayudar a resolver este problema, el CIMMYT y los programas nacionales de investigación agrícola de la región (por conducto del Programa Regional de Maíz, PRM) iniciaron un proyecto llamado "Acelerar la adopción de prácticas que aumentan la productividad y conservan los recursos (PERC) en los sistemas de cultivo basados en el maíz en América Central". El proyecto, financiado por el Ministerio de Cooperación y Desarrollo Económicos (BMZ) de Alemania, también ha recibido apoyo de redes nacionales, organizaciones no gubernamentales como CARE, e instituciones especializadas en políticas públicas, como el Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola (SICTA) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

## LA BÚSQUEDA DE TECNOLOGÍAS COMPATIBLES

El proyecto de diversas facetas, que se planeaba concluir en diciembre de 1999, comenzó investigando las características económicas de 16 tecnologías para conservar el suelo promovidas en la región en los dos últimos decenios. Después de la evaluación, se compararon las tecnologías con las necesidades y los recursos de los pequeños agricultores.

“El análisis”, dice el economista del CIMMYT y jefe del proyecto Gustavo Sain, “reveló que, con dos excepciones, la mayoría de las tecnologías mostraban un cierto grado de incompatibilidad con las circunstancias de los agricultores. Por ejemplo, los costos en efectivo y los conocimientos requeridos para poner en práctica el terraplenado, una tecnología de conservación muy eficaz, estaban fuera del alcance de la mayoría de los agricultores.” Los economistas del CIMMYT y del PRN realizaron varios estudios de casos para determinar los efectos de diversos factores sobre la adopción de tecnologías PERC –labranza cero con manejo de residuos (labranza de conservación) y las leguminosas como cultivos de cobertura– y sobre la adopción de variedades mejoradas de maíz.

“Encontramos que el costo de oportunidad de la tierra y la mano de obra (en otras palabras, el mejor valor neto que puede obtener el agricultor con otros usos de la tierra y la mano de obra familiar) desempeña una función fundamental en la adopción o no adopción del cultivo intercalado de leguminosas”, explica Sain. “La adopción de tecnologías de conservación del suelo,” continúa, “estaba estrechamente relacionada con la percepción del agricultor de que la práctica era una actividad de inversión. El acceso a la información y la forma de obtenerla también constituyeron factores importantes. Mientras tanto, la adopción de las variedades mejoradas pareció relacionarse más estrechamente con las necesidades de consumo más inmediatas.”

## LA IMPORTANCIA DE LAS SOLUCIONES A NIVEL COMUNITARIO

Los datos y los resultados de los estudios de casos se distribuyeron a los interesados en cinco talleres nacionales y regionales. Más tarde, comenta Sain, el personal del proyecto en general concordó en que estas sesiones se basaron demasiado en la promoción de acciones políticas en el ámbito nacional. “Nuestros resultados”, señala Sain, “indicaron que serían más eficaces las soluciones a nivel comunitario mediante el diseño y la realización de acuerdos oficiales y no oficiales entre miembros de la comunidad.” De hecho, Sain cree que valdría la pena efectuar otras investigaciones a fin de aprovechar los recursos de la comunidad en esta actividad.

Sain señala que aún es necesario que el sector público lleve a cabo investigaciones que respalden la realización de proyectos comunitarios. A pesar de la rápida expansión del sector privado en la agricultura, hace hincapié en que no es probable que las empresas comerciales traten de resolver problemas generalizados como el de la degradación del suelo, cuya finalidad es producir un “bien público”. En la región, las utilidades económicas de la investigación colaborativa bien orientada (basadas en las tasas de adopción a nivel de campo) siguen siendo altas. Con esto en mente, el PRM, con el sólido apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), trabaja en la formación de un organismo regional que promueva la investigación agrícola colaborativa, participe en ella y aborde los problemas relacionados con el manejo de los recursos naturales y la pobreza entre los agricultores de la región.



# CICLOS ALTERNADOS DE FERTILIZACIÓN MEJORAN

## LA EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO DEL TRIGO

EN SU BÚSQUEDA POR INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO DEL TRIGO, LOS FITOMEJORADORES DEL CIMMYT HAN DESCUBIERTO UNA NOVEDOSA TÉCNICA MEDIANTE LA CUAL SE APLICAN EN FORMA ALTERNADA NIVELES ALTOS Y BAJOS DE NITRÓGENO A GENERACIONES SUCESIVAS DE TRIGO.

LOS CICLOS DE FERTILIZACIÓN ALTERNADA PROVOCAN UNA REACCIÓN INESPERADA EN LAS PLANTAS.

Cuando hay escasez de nitrógeno, las plantas absorben todo lo que pueden del suelo; cuando hay abundancia, lo aprovechan al máximo para producir grandes cantidades de granos.

Sin embargo, debe aclararse que estas no son plantas de trigo comunes y corrientes, sino descendientes de progenitores selectos: uno con excelente captación de nitrógeno y otro que que sobresale en el aprovechamiento del nutriente para producir grano.

El nitrógeno es esencial para el trigo, vital para el desarrollo de la planta y la formación de grano. La planta de trigo absorbe nitrógeno del suelo a través de la raíz y lo distribuye a sus diversas partes: tallo, hojas, espiga, grano, etc. Cuanto más nitrógeno invierte en el grano, mayor será la producción y mejor su calidad.

### UN SISTEMA PARA CREAR TRIGOS EFICIENTES EN EL USO DEL NITRÓGENO

“Desde hace mucho tiempo sabemos que los trigos de alto rendimiento derivados del CIMMYT son más eficientes en la utilización del nitrógeno que los trigos no mejorados”, dice Maarten van Ginkel, jefe de mejoramiento de trigo harinero del CIMMYT. “Lo que no sabíamos era cómo lo hacían.”

Ahora, un estudio realizado en el CIMMYT ha revelado los mecanismos de la eficiencia en el uso del nitrógeno y ha generado un método para mejorar en forma sistemática los trigos que aprovechan mejor este nutriente.

La eficiencia de las variedades del CIMMYT en el uso del nitrógeno no es el resultado de una selección específica para mejorar esta característica. Las variedades, que han sido sometidas a un largo proceso para mejorar su rendimiento, también han resultado ser

Maarten van Ginkel, jefe de mejoramiento de trigo harinero del CIMMYT.



eficientes en el uso del nitrógeno. “Al paso del tiempo, los agrónomos del CIMMYT notaron diferencias en la forma en que los trigos mejorados utilizaban el nitrógeno: ciertas variedades eran mejores en absorberlo del suelo, en tanto que otras lo eran en aprovecharlo para producir grano”, explica Iván Ortiz Monasterio, agrónomo de trigo del CIMMYT. Además, las plantas con buena captación se comportan mejor cuando hay bajos niveles de nitrógeno, mientras que las plantas que lo utilizan bien se comportan mejor con altos niveles del nutriente.

“Estas observaciones plantearon una interesante cuestión”, relata Richard Trethowan, mejorador de trigo harinero que participó en el estudio. “¿Podrían estos dos tipos de líneas cruzarse para producir trigos eficientes tanto en la absorción como en el aprovechamiento del nitrógeno que rindieran bien a *todos* los niveles de nitrógeno? Y si esto fuera posible, ¿cuál era la mejor forma de hacerlo?”

Para responder a estas preguntas, van Ginkel y Ortiz Monasterio realizaron la cruce de dos trigos con buena absorción de nitrógeno y dos con buen aprovechamiento. Después de ocho años de pruebas, van Ginkel, Ortiz Monasterio y sus colegas descubrieron que al aplicar niveles altos y bajos de nitrógeno en forma alternada a generaciones sucesivas de esas cruza, éstas producían líneas cuyo rendimiento era superior al de todas las demás, incluidas aquellas que habían sido mejoradas usando la práctica normal del CIMMYT, es decir aplicando niveles intermedios de nitrógeno.

“Durante años ha sido práctica común del CIMMYT mejorar nuestros trigos con niveles intermedios de nitrógeno”, dice van Ginkel. “Los resultados de este estudio proponen una nueva forma de acelerar y perfeccionar el mejoramiento de plantas eficientes en el uso del nitrógeno. Alternar niveles altos y bajos de nitrógeno durante el mejoramiento aseguraría que todos los trigos que producimos combinen buena captación y buena utilización del vital nutriente.”

## RENDIMIENTOS ESTABLES Y AHORROS PARA LOS AGRICULTORES

Los trigos que aprovechan al máximo todo el nitrógeno del suelo mejorarán la estabilidad de la producción de trigo en todo tipo de ambientes, desde favorables con altos niveles de nitrógeno hasta marginales con bajos niveles del mismo. Serán de particular utilidad a los agricultores de subsistencia, quienes no cuentan con los recursos necesarios para aplicar cantidades apropiadas de este elemento.

En cuanto a los rendimientos en ambientes favorables, las nuevas variedades se adaptarán bien sobre todo a regiones con suficiente agua donde se produce el 40% del trigo en el mundo en desarrollo. Estas plantas de trigo no dejarán grandes residuos de nitrógeno en el suelo que pudieran contaminar el ambiente. Los agricultores podrán sembrar los nuevos trigos empleando las más recientes prácticas de manejo de fertilizantes, por ejemplo, aplicando nitrógeno justo cuando las plantas lo extraen del suelo para producir grano. Se desperdiciará menos nitrógeno y la calidad del grano será mejor.

Las nuevas líneas de trigo eficientes en el uso del nitrógeno se incluirán en los Viveros Internacionales de Trigo del CIMMYT para distribuirlos a sus colaboradores en todo el mundo. Los cooperadores de los países en desarrollo podrán seleccionar y conservar estos materiales para sus propias actividades de mejoramiento. Este es el primer paso para hacer llegar los nuevos trigos a los agricultores, sobre todo a aquellos en los ambientes menos favorecidos que más los necesitan.

LOS AGRICULTORES  
PODRÁN SEMBRAR LOS  
NUEVOS TRIGOS USANDO  
LAS MÁS RECIENTES  
PRÁCTICAS DE MANEJO DE  
FERTILIZANTES, POR

EJEMPLO, APLICANDO  
NITRÓGENO JUSTO EN EL  
MOMENTO EN QUE LAS  
PLANTAS LO EXTRAEN DEL  
SUELO PARA PRODUCIR  
GRANO. SE  
DESPERDICARÁ MENOS  
NITRÓGENO Y LA CALIDAD  
DEL GRANO SERÁ MEJOR.

# LOS CIENTÍFICOS APLICAN EN EL CAMPO LO QUE HAN APRENDIDO EN LOS CURSOS DE BIOTECNOLOGÍA

COMPARTIR LOS BENEFICIOS DE LA BIOTECNOLOGÍA CON LOS AGRICULTORES DEL ESTE Y EL SUR DE ÁFRICA ERA UNA AMBICIOSA META QUE SE TRAZARON A COMIENZOS DE LOS AÑOS 90 ALGUNOS CIENTÍFICOS DE LA REGIÓN. NO OBSTANTE, SABÍAN QUE NI LOS CONOCIMIENTOS NI LA TECNOLOGÍA POR SÍ SOLOS PRODUCIRÍAN RESULTADOS A LARGO PLAZO. POR TANTO, ERA NECESARIO FORTALECER LA CAPACIDAD DE LOS PARTICIPANTES PARA CONSTRUIR INSTALACIONES Y DESARROLLAR RECURSOS HUMANOS.

En marzo de 1997, dos científicos de Kenya y dos de Zimbabwe llegaron a la sede del CIMMYT en México para comenzar un período de dos años de capacitación, con el fin de establecer programas de biotecnología aplicada en sus respectivos países. Cada "equipo" estaba constituido por un mejorador de maíz y un biotecnólogo/genetista molecular; más tarde se incorporaron un técnico de laboratorio y un técnico de campo, que recibieron capacitación durante tres meses. El proyecto, financiado por la Dirección General de Cooperación Internacional (DGIS) del Ministerio de Relaciones Exteriores de Holanda, se concentró en esos dos países por su capacidad de investigación y por las distintas circunstancias en que se cultiva el maíz, que permitirían conocer la aplicación efectiva de la biotecnología. Se seleccionó el maíz debido a la importancia que tiene este cereal básico en la región. La investigación abordó dos de los principales problemas para la producción: la sequía y los insectos.

## DE REGRESO A CASA, A UN NUEVO PROGRAMA DE BIOTECNOLOGÍA

Para mayo de 1999, los científicos visitantes habían completado su capacitación y regresaron a sus países para comenzar su labor. Aunque la capacitación concluyó, dice Jean-Marcel Ribaut, genetista molecular del Centro de Biotecnología Aplicada (ABC) del CIMMYT, nuestro interés por el proyecto y nuestro apoyo siguen vigentes. "Ésta es la primera vez que hemos dedicado tanto tiempo a la capacitación de un grupo importante de personas", dice. "Los genetistas están familiarizados ya con el empleo de varios tipos de marcadores moleculares útiles para identificar polimorfismos (variaciones a nivel molecular entre las plantas), elaborar mapas de ligamientos y realizar *fingerprinting*. Ahora podrán dedicarse a una amplia diversidad de actividades biotecnológicas."



El establecimiento de pequeños laboratorios en ambos países comenzó en 1998 y, con el regreso de los biotecnólogos, se pusieron en funcionamiento. Los aparatos adquiridos con fondos de la DGIS y el asesoramiento del CIMMYT deberían instalarse y estar funcionando antes de que terminara 1999, lo cual permitirá a los científicos empezar a producir datos antes del 2000. "Se tomó la decisión de que los equipos se concentraran en la tecnología de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), porque permite trabajar en gran escala y no requiere equipo muy complejo", dice Ribaut. "Estamos dispuestos a proporcionar a los equipos respaldo y ayuda en la solución de sus problemas, pero esperamos que con la capacitación que han recibido puedan trabajar en forma independiente."

Aunque los fitomejoradores también efectuaron manipulaciones moleculares en los laboratorios del CIMMYT, según Ribaut, el objetivo principal de su capacitación fue la teoría y las prácticas necesarias para desarrollar poblaciones segregantes, medir el grado de resistencia a los insectos y la tolerancia a la sequía en el campo, así como la forma de emplear el *fingerprinting* y la selección asistida por marcadores en sus actividades de selección. "La idea", dice Ribaut, "era que los mejoradores y los genetistas han sentado las bases aquí en el CIMMYT para interactuar en sus respectivos países. Hablarán el mismo lenguaje científico y estarán en el mismo plano conceptual."

## YA ESTÁN EN MARCHA LOS ENSAYOS EN CAMPO

Los mejoradores ya realizan ensayos en la región y los datos resultantes se combinarán con los del mapeo molecular, a fin de identificar las regiones genómicas que contribuyen a la resistencia a los insectos o la tolerancia a la sequía. Después de eso, se utilizará la selección asistida por marcadores para identificar aquellos genotipos que

hayan acumulado los "alelos de interés", la cual promoverá las características útiles en variedades de maíz productivas.

A fines de junio de 1999, unas semanas después de haber regresado a Zimbabwe, Godfree Chigeza, mejorador de maíz, ya había terminado de reunir datos de un ensayo en el campo, en colaboración con J.B.J. Van Rensburg, del sistema nacional de investigación agrícola de Sudáfrica. El ensayo consistió en cruzar una línea del CIMMYT resistente a los barrenadores (CML 123) y una línea regional buena pero susceptible (K64R). La semana siguiente, Chigeza supervisó un ensayo realizado en la Estación Experimental Chiredzi, en Zimbabwe. El ensayo, que se planeaba cosechar en octubre, se empleó en la investigación genética de la resistencia a la sequía.

"Gracias a mi capacitación en el CIMMYT descubrí de qué manera se puede diseñar investigación básica que amplíe nuestros conocimientos sobre la producción agrícola en zonas marginales", declara Chigeza. "Aunque nuestra dotación de recursos aquí aún es escasa, la capacitación me ha permitido diseñar ensayos eficaces que contribuyen a que este trabajo progrese. Creo que la capacitación también me infundió confianza para trabajar sobre una base de igualdad con otros científicos en el ámbito regional."

De hecho, si se puede mantener la energía y dedicación encarnadas en Chigeza y sus colegas, pronto podrán apreciarse los impactos del uso de esta nueva tecnología en los campos de maíz del este y el sur de África.

"GRACIAS A LA  
CAPACITACIÓN QUE RECIBÍ  
EN EL CIMMYT DESCUBRÍ  
CÓMO DISEÑAR LA  
INVESTIGACIÓN BÁSICA  
DE MANERA QUE NOS  
AYUDE A AMPLIAR  
NUESTROS  
CONOCIMIENTOS."

- GODFREE CHIGEZA,  
ZIMBABWE.



# LOS AGRICULTORES TRABAJAN CON LOS

## PRINCIPIOS Y LAS PRÁCTICAS DE LA BIODIVERSIDAD

CON UNA PEQUEÑA PILA MAZORCAS DE MAÍZ DE GRANO NEGRO A SUS PIES, MAURICIO BELLON, ECOLOGISTA DEL PROGRAMA DE ECONOMÍA DEL CIMMYT, ESCUCHA A LOS AGRICULTORES OAXAQUEÑOS DISCUTIR LOS PROS Y LOS CONTRAS DE LA VARIEDAD DE MAÍZ. LOS CINCO HOMBRES Y MUJERES NO SON RETICENTES.

De hecho, los agricultores se muestran animados e interesados en la conversación mientras examinan más de cerca las mazorcas. Sus comentarios van desde un sencillo y enfático “No me gusta” hasta una breve demostración de las características de desgrane de la variedad efectuada por una mujer. Los integrantes del grupo registran sus opiniones acerca de la variedad (sus “votos”) en pequeñas papeletas rojas. A medida que el grupo avanza hacia la siguiente pila de maíz, Bellon les recuerda que, al final del recorrido, pueden adquirir semilla para experimentar con cualquiera de las variedades.

Desde 1997, Bellon, la economista del CIMMYT Melinda Smale y Suketoshi Taba, jefe del Banco de Germoplasma de Maíz del CIMMYT, junto con Alfonso Aguirre y Flavio Aragón Cuevas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México, han trabajado con los agricultores en seis aldeas de Oaxaca, una de las regiones más pobres de México. El propósito de su labor es determinar si el mejoramiento de maíz basado en la colaboración entre mejoradores y agricultores puede aumentar el bienestar de éstos y, al mismo tiempo, mantener o incrementar la diversidad genética.

El proyecto, patrocinado por el Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional (IRDC) de Canadá, ha completado su primera etapa, básicamente de diagnóstico, y ha entrado en la segunda. “Realmente estamos llegando ahora a la etapa interesante”, dice Bellon. “Antes, obteníamos cosas de los agricultores: variedades de maíz, información y sus preferencias. Ahora comenzamos a devolvérselas.”

LAS MUJERES OAXAQUEÑAS IDENTIFICARON LA FACILIDAD DE DESGRANE COMO UNA CARACTERÍSTICA DESEABLE EN EL MAÍZ, INADVERTIDA POR LOS HOMBRES DEL LUGAR. DETERMINAR ESE TIPO DE PREFERENCIAS DEPENDIENDO DEL GÉNERO AYUDARÁ A LOS INVESTIGADORES A CREAR ESTRATEGIAS PARA CONSERVAR LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN LOS CAMPOS.



## EL TOMA Y DADA DE LA INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA

Lo que Bellon y sus colegas brindan a los agricultores es capacitación sobre conceptos básicos del fitomejoramiento, 17 selecciones de germoplasma local (cerca de la mitad mejoradas gracias a la labor de Taba y Aragón), además de confianza en su propia capacidad, a medida que los agricultores aprenden cómo aplicar nuevos conocimientos a sus cultivos de maíz. En el proceso, los investigadores determinarán si esas intervenciones pueden promover una mayor diversidad genética en los campos de los agricultores.

“El manejo por los agricultores en general ha tenido éxito en promover la diversidad del maíz a través de los siglos,” dice Bellon, “pero algunas de sus prácticas representan fuertes restricciones para la diversidad.” Si los agricultores pueden adquirir mayores conocimientos y variedades nuevas, los investigadores del proyecto creen que éstos podrán experimentar más y generar otras formas más productivas de trabajar con la diversidad de sus razas criollas.

“Al trabajar con los agricultores, hemos hecho hincapié en los principios y las prácticas”, comenta Bellon. Por ejemplo, el concepto de los componentes masculino y femenino de las plantas de maíz, que los científicos dan por hecho, es novedoso para el agricultor oaxaqueño. “Cuando analizamos este principio con los agricultores,” explica, “muchos pensaron al principio que las plantas grandes eran masculinas. Se sorprendieron al saber que ambos componentes se encontraban en la misma planta. Una práctica útil resultante de este principio es que, si se encuentra una planta realmente inferior, se despanoja, con lo cual se elimina lo que llamamos los “padres malos o débiles” en la parcela. Los agricultores ya arrancan las panojas para alimentar a sus vacas, pero ahora pueden emplear esta misma práctica para eliminar los progenitores deficientes y mejorar su cultivo en general.”



Otras prácticas y principios que los investigadores promueven se centran en crear una mayor estabilidad en el cultivo (es decir, reducir el riesgo de pérdidas de rendimiento en los años malos) mediante una selección más meticulosa de la semilla por los agricultores, consejos sobre métodos de limpieza y almacenamiento, así como la adopción de un sistema de intercambio de semilla original, que Aguirre, del INIFAP, ha documentado en Guanajuato, México.

## UN MODELO RIGUROSO PARA LA PARTICIPACIÓN DE LOS AGRICULTORES EN EL TRABAJO CON LA DIVERSIDAD

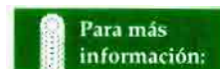
La segunda intervención de los agricultores en la selección, evaluación y obtención de semilla, se basó en un modelo riguroso de participación campesina. Cuando se inició el proyecto, se recogieron en Oaxaca más de 150 variedades locales de diverso color, tamaño de mazorca y distintas características que el consumidor prefiere. Se realizaron ensayos usando estas variedades junto con 17 razas criollas seleccionadas por especialistas en recursos genéticos. Más tarde se formaron cinco grupos homogéneos de acuerdo con su diversidad fenotípica.

En la cosecha, se reunieron más de 200 agricultores (54% de ellos mujeres) para examinar y evaluar las variedades. Cada uno indicó (votó) en su papeleta las características de las variedades. Los investigadores del proyecto seleccionaron las ocho variedades con más votos para la siembra del siguiente ciclo, junto con otras nueve variedades mejoradas en el CIMMYT, a fin de determinar las características positivas que los agricultores habían identificado en ellas. Durante la cosecha del primer ciclo de 1999, los agricultores recorrieron las parcelas de demostración

donde se sembraron las variedades, evaluaron las características de las plantas y las mazorcas y, al final, tuvieron oportunidad de comprar semilla para efectuar sus propios ensayos.

Más tarde en 1999 y durante el 2000, los investigadores del proyecto visitarán otra vez las aldeas. Responderán a las preguntas de los agricultores, determinarán si éstos aplicaron lo que aprendieron y les preguntarán cómo usaron la semilla adquirida gracias al proyecto. Según Bellon, también determinarán si los agricultores realmente realizaron sus propios experimentos, qué revelaron sus evaluaciones, qué les gustó o no les gustó de las distintas variedades, cuáles agricultores participaron, cuáles no y por qué, etc. En el 2000, una vez que los investigadores hayan incorporado los datos que proporcionaron los agricultores en el desarrollo de variedades y de metodología para la investigación participativa, se llevará a cabo otra serie de visitas al campo.

Se han obtenido algunos resultados interesantes, sobre todo acerca del género y de las preferencias por el maíz y cómo estos factores podrían influir en la diversidad genética. Bellon subraya que “no estamos presuponiendo que éste sea un método útil. Sin embargo, nuestra metodología ha sido rigurosa y, si el estudio realmente muestra que se pueden obtener beneficios para los agricultores y la diversidad genética, seguramente tendremos un sistema que puede servir como modelo. Con todo lo que se dice acerca de los derechos de los agricultores y de la forma de compensarlos para que conserven la diversidad, creemos que ésta podría ser una opción muy promisoriosa.”



[m.bellon@cgiar.org](mailto:m.bellon@cgiar.org)

# RESEÑA FINANCIERA, 1998-1999

NUESTROS FONDOS PARA 1998 SUMARON US\$ 31.969 MILLONES, CONSTITUIDOS POR US\$ 31.182 MILLONES APORTADOS POR DONADORES Y US\$ 0.787 MILLONES PROVENIENTES DE OTRAS FUENTES. NUESTROS GASTOS ASCENDIERON A US\$ 32.705 MILLONES. EN EL CUADRO DE LA P. 68 SE INDICAN LAS FUENTES DE LAS CONTRIBUCIONES.

En las Figuras 1-3 se señalan las cantidades aportadas y las tendencias. En la Figura 1 aparecen las contribuciones de los organismos que proporcionaron la mayor parte de nuestros fondos en 1998. El CIMMYT asignó estos fondos entre las cinco actividades de investigación definidas por el CGIAR, como se muestra en la Figura 2. En la Figura 3 es evidente el aumento de las contribuciones para fines específicos y la declinación de las contribuciones sin restricciones. Esta tendencia continuó en 1999.

El CIMMYT terminó 1998 con un déficit operativo de US\$ 481,000, debido básicamente a un desequilibrio en los fondos de presupuesto básico sin restricciones que no pudo ser compensado para el final del año. Ese déficit fue cargado a nuestra reserva operativa, conforme a lo aprobado por el Consejo Directivo en marzo de 1998. También se cargaron a la reserva US\$ 100,000 en pagos pendientes del EPMR (facturados en 1998); US\$ 155,000 correspondientes a pérdidas por el tipo de cambio en 1996; y la mitad de las contribuciones de la UE en 1997, pagadas en 1998.

Nuestros esfuerzos por cumplir una agenda de investigación muy exigente han sido apoyados por fondos de más de 30 nuevos proyectos especiales iniciados en 1998-1999. Estos proyectos abarcan desde investigaciones sumamente especializadas a una amplia gama de actividades, como la investigación participativa de los agricultores en las interacciones entre la labranza y el manejo de los nutrientes para aumentar la sustentabilidad y la productividad de los cultivos de arroz-trigo en el sur de Asia, o un proyecto para incrementar el alcance y la eficiencia del mejoramiento mundial de maíz y la conservación de los recursos genéticos por medio de un mayor conocimiento de la diversidad genética del maíz.

Es importante destacar que la gran mayoría de los fondos adicionales para 1998 y 1999 han sido contribuciones para fines específicos (es decir, fondos de presupuesto básico para proyectos especiales). El aumento de las contribuciones para fines específicos refleja un esfuerzo concertado por establecer asociaciones para la investigación orientadas a resolver importantes retos específicos en los cultivos a los que nos dedicamos. También refleja una tendencia a apoyar la investigación mediante fuentes menos tradicionales de ingresos. Estas nuevas asociaciones han ampliado el espectro de las instituciones con las que colaboramos, han hecho posible que llevemos a cabo varias iniciativas innovadoras y también han permitido asignar fondos adicionales para los colaboradores de los sistemas nacionales de investigación agrícola.

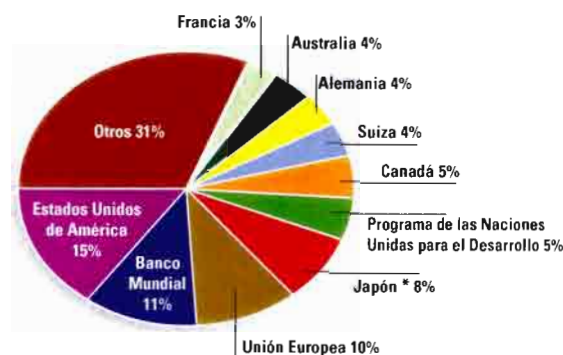


FIGURA 1. LOS 10 DONADORES PRINCIPALES DEL CIMMYT EN 1998.

\* Se incluyen las contribuciones "en especie".



FIGURA 2. ASIGNACIÓN DE LOS FONDOS PARA LA INVESTIGACIÓN EN EL CIMMYT SEGÚN LAS ACTIVIDADES DEFINIDAS POR EL CGIAR, 1998.

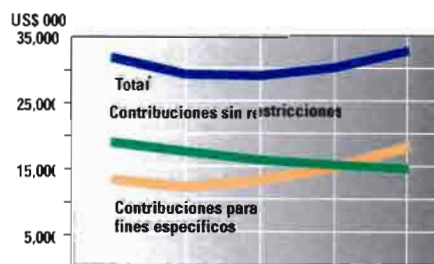


FIGURA 3. TENDENCIAS DE LAS CONTRIBUCIONES AL CIMMYT, 1995-1999

\* Se incluyen las contribuciones "en especie".

Un reto creciente al tratar de equilibrar la agenda de investigaciones del Centro es tratar de atraer fondos que nos permitan realizar la investigación estratégica a largo plazo para que el CIMMYT y sus colaboradores continúen haciendo aportes duraderos a las metas generales del desarrollo: reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria y preservar los recursos naturales en el próximo milenio. Dicha investigación es una inversión valiosa e importante por sí misma y también puede brindar aportes importantes a la investigación aplicada, que tiene metas más inmediatas e impactos muy concentrados.

A la luz de la volátil economía mundial y la creciente competencia por los recursos tanto dentro como fuera del sistema del CGIAR, nuestros cálculos presupuestarios para 1999 han sido en general más conservadores. Nuestro más reciente Plan a Mediano Plazo (2000-2000+) proyecta un aumento de alrededor del 2% anual, en términos reales, en el presupuesto del CIMMYT, lo cual permite un crecimiento moderado en áreas fundamentales de la investigación. Se ha proyectado que los sueldos y prestaciones permanezcan por debajo del 60% del presupuesto operativo. Otros costos de operación concordarán con las tendencias a largo plazo. Se prevé que los costos en México aumentarán gradualmente a medida que se recupere más la economía y se establezca el peso mexicano.

## Fuentes de ingreso por contribuciones

(en miles de dólares estadounidenses)

Período del 1 de enero al 31 de diciembre de 1998

Patrocinadores	Contribuciones
Alemania, Gobierno de	1,198
Australia (ACIAR, AUsaid, DIST, GRDC)	1,193
Austria, Gobierno de	166
Banco Asiático de Desarrollo	527
Banco Interamericano de Desarrollo	656
Banco Mundial	3,385
Bangladesh, Gobierno de	122
Bélgica, Gobierno de	85
Bolivia, Gobierno de*	178
Brasil, Gobierno de (EMBRAPA)	90
Canadá (CIDA, IDRC, Agri-Food)	1,573
Centros del CGIAR (CIAT, ICRAF, IFPRI, IPGRI)	228
Colombia, Gobierno de (Colciencias)	148
Dinamarca (Danida)	889
España, Gobierno de	97
Estados Unidos de América (USAID, USDA, Universidades)	5,000
Filipinas, Gobierno de	25
Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola	416
Fondo OPEP para el Desarrollo Internacional	27
Francia, Gobierno de	959
Fundación Ford	433
Fundación Guanajuato Produce A.C.	39
Fundación Hilton	49
Fundación Nipona	230
Fundación Novartis	50
Fundación Rockefeller	619
Fundación Sonora	28
Fundación Telmex	78
Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (IAEG)	29
India, Gobierno de	112
Japón, Gobierno de (JIRCAS, TARC)*	2,479
México, Gobierno de (Nafinsa)*	386
Noruega, Gobierno de (Ministerio de Relaciones Exteriores)	234
Otras contribuciones*	53
Países Bajos, Gobierno de (Ministerio de Relaciones Exteriores)*	585
Pakistán, Gobierno de	100
Perú, Gobierno de	70
Portugal, Gobierno de	250
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (Oficina para África, SEED)	1,622
Reino Unido (DFID)*	893
República de Corea*	136
República de Sudáfrica	113
República Islámica de Irán	187
República Popular de China	100
Sector Privado (Compañía Monsanto, Agrovegetal)	161
Suecia, Gobierno de (SIDA)	587
Suiza (SDC)	1,319
Tailandia, Gobierno de	100
Unión Europea	3,084
Uruguay, Gobierno de (INIA)	92
<b>Total</b>	<b>31,182</b>

\*Se incluyen las contribuciones "en especie".

# CONSEJO DIRECTIVO Y PERSONAL PRINCIPAL

(en octubre de 1999)

## CONSEJO DIRECTIVO

**Walter Falcon** (EUA), Presidente del Consejo y del Comité Ejecutivo y de Finanzas/Administración, y Codirector del Centro para Ciencias y Políticas Ambientales, Universidad de Stanford

**Johan Holberg** (Suecia), Vicepresidente del Consejo Directivo y Embajador del Gobierno de Suecia en Etiopía

**Jorge Kondo López** (México),<sup>1</sup> Vicepresidente del Consejo Directivo, Director Ejecutivo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias

**Cary Fowler** (EUA), Presidente del Comité de Programas, Consejo Directivo y Profesor Asociado, Centro de Estudios Internacionales sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, NORAGRIC, Universidad Agrícola de Noruega

**Anthony K. Gregson** (Australia), Presidente, Comité Auditor, Consejo Directivo y Productor de Trigo

**Romérico Arroyo Marroquín** (México),<sup>1</sup> Secretario de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

**Rodrigo Aveldaño** (México),<sup>1</sup> Director General de Investigación Agrícola, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias

**William D. Dar** (Filipinas), Asesor del Presidente en Desarrollo Rural, Oficina del Presidente, Filipinas

**Atsushi Hirai** (Japón), Laboratorio de Fitogenética Molecular, Escuela de Agricultura y Ciencias Biológicas para Graduados, Universidad de Tokio

**Carlos Felipe Jaramillo** (Colombia), Director, Unidad de Programación Macroeconómica e Inflación, Subgerencia de Estudios Económicos, Banco de la República

**Klaus M. Leisinger** (Alemania), Director Ejecutivo, Fundación Novartis para el Desarrollo Sustentable

**Norah K. Olembó** (Kenya), Directora, Oficina de la Propiedad Industrial de Kenya, Ministerio de Investigación, Capacitación Técnica y Tecnología

**Mangala Rai** (India), Subdirector General (Ciencia de los Cultivos), Consejo de Investigación Agrícola de la India

**Timothy G. Reeves** (Australia),<sup>1</sup> Director General, CIMMYT

**Francesco Salamini** (Italia), Director, Departamento de Fitomejoramiento y Fisiología del Rendimiento, Instituto Max Planck de Fitomejoramiento

**John R. Witcombe** (Reino Unido), Centro de Estudios sobre las Zonas Áridas, Universidad de Gales

**Xin Zhiyong** (China), Director, Instituto de Fitomejoramiento y Cultivos, Academia de Ciencias Agrícolas de China

## PERSONAL PRINCIPAL

### Oficina del Director General

**Timothy G. Reeves**, Australia, Director General

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

**Anne Starks Acosta**, EUA, Funcionaria de Relaciones con los Donadores

**Lucy Gilchrist S.**, Chile, Científica Sénior, Jefa, Unidad de Sanidad de Semillas

**Zhong-Hu He**, China, Científico de Enlace con China (residente en Beijing)

**Patricia López-M.**, México, Asistente Ejecutiva del Director General

**Gregorio Martínez V.**, México, Relaciones Públicas y Oficiales

**Peter J. Ninnés**, Australia, Funcionario Ejecutivo, Administración de la Investigación

### Consultor/Investigador Afiliado

**Norman E. Borlaug**, USA

### Programa de Maíz

**Shivaji Pandey**, India, Director\*

**Richard Wedderburn**, Barbados, Subdirector\*

**Marianne Bänziger**, Suiza, Científica, Fisióloga (residente en Zimbabwe)\*

**David Beck**, EUA, Científico Sénior, Jefe, Maíz para Tierras Altas

**David Bergvinson**, Canadá, Científico Sénior, Entomólogo\*

**Jorge Bolaños**, Nicaragua, Científico Principal, Agrónomo (residente en Guatemala)\*

**Hugo Córdova**, El Salvador, Científico Principal, Mejorador/Jefe de Maíz Tropical\*

**Carlos de León G.**, México, Científico Principal, Patólogo/Mejorador (residente en Colombia)

**Alpha O. Diallo**, Guinea, Científico Principal, Mejorador (residente en Kenya)

**Dennis Friesen**, Canadá, Científico Sénior, Agrónomo (residente en Kenya)

**Fernando González**, México, Científico Sénior, Mejorador (residente en Tailandia)

**Daniel Jeffers**, EUA, Científico Sénior, Patólogo

**Luis Narro**, Perú, Científico, Mejorador (residente en Colombia)

**Kevin V. Pixley**, EUA, Científico Sénior, Mejorador/Funcionario de Enlace (residente en Zimbabwe)

**Joel K. Ransom**, EUA, Científico Sénior, Agrónomo (residente en Nepal)

**Ganesan Srinivasan**, India, Científico Sénior, Jefe, Unidad de Ensayos Internacionales/Maíz Subtropical

**Suketoshi Taba**, Japón, Científico Sénior, Jefe, Banco de Germoplasma de Maíz

**Stafford Twumasi-Afriyie**, Ghana, Científico, Mejorador (residente en Etiopía)

**Surinder K. Vasal**, India, Científico Distinguido, Mejorador/Funcionario de Enlace (residente en Tailandia)\*

**Stephen Waddington**, Reino Unido, Científico Sénior, Agrónomo/Asociado del NRG (residente en Zimbabwe)\*

**Batson Zambezi**, Malawi, Científico, Mejorador (residente en Zimbabwe)

### Científicos Asociados

**Benti Tolessa**, Etiopía, Mejorador

**Bindiganavile Vivek**, India, Mejorador (residente en Zimbabwe)

### Científicos Adjuntos

**Miguel Barandiarán**, Perú, Mejorador (residente en Perú)

**Salvador Castellanos**, Guatemala, Mejorador (residente en Guatemala)

**Andreas Oswald**, Posdoctorado, Agrónomo (residente en Kenya)

### Pre y Posdoctorados

**Julien de Meyer**, Suiza, Mejorador (residente en Zimbabwe)

**Stephen Mugo**, Kenya, Mejorador

### Consultores/Investigadores Afiliados

**Jerome Fournier**, Suiza

**Gonzalo Granados R.**, México, Consultor en Capacitación

### Programa de Trigo

**Sanjaya Rajaram**, India, Director

**Osman S. Abdalla**, Sudán, Científico Sénior, Mejorador Regional de Trigo Harinero, Oeste de Asia y Norte de África (residente en Siria)

**Arnoldo Amaya**, México, Funcionario Administrativo

**Hans-Joachim Braun**, Alemania, Científico Sénior, Jefe, Mejorador de Trigo de Invierno (residente en Turquía)\*

**Efrén del Toro**, México, Funcionario Administrativo

**Etienne Duveiller**, Bélgica, Científico Sénior, Patólogo Regional, Sur de Asia (residente en Nepal)

**Guillermo Fuentes D.**, México, Científico, Patólogo (Carbones)

**Lucy Gilchrist S.**, Chile, Científica Sénior, Patóloga (Fusarium/Septoria)

**Monique Henry**, Francia, Científica, Viróloga

**Man Mohan Kohli**, India, Científico Principal, Mejorador Regional, Cono Sur (residente en Uruguay)

**Mohamed Mergoum**, Marruecos, Científico, Mejoramiento de Trigo de Invierno (residente en Turquía)

**A. Mujeeb-Kazi**, EUA, Científico Principal, Jefe, Cruzas Amplias

**Alexei Morgounov**, Rusia, Científico Sénior, Mejorador, Representante Regional, Asia Central y el Cáucaso (residente en Kazajstán)

\* Coordinador de Proyectos (la investigación del CIMMYT está organizada en una serie de proyectos multidisciplinares descritos en nuestro Plan a Mediano Plazo).

<sup>1</sup> Miembro *ex officio*.

**M. Miloudi Nachit**, Alemania, Científico Sénior, Mejorador Regional de Trigo Duro, Oeste de Asia y Norte de África (residente en Siria)  
**Guillermo Ortiz Ferrara**, México, Científico Principal, Coordinador Regional, Germoplasma de Trigo, Sur de Asia (residente en Nepal)  
**Iván Ortiz Monasterio**, México, Científico, Agrónomo  
**Thomas S. Payne**, EUA, Científico, Funcionario de Enlace, Mejorador (residente en Etiopía)  
**Roberto J. Peña**, México, Científico Sénior, Jefe, Calidad Industrial  
**Wolfgang H. Pfeiffer**, Alemania, Científico Sénior, Jefe, Mejoramiento de Trigo Duro\*  
**Matthew P. Reynolds**, Reino Unido, Científico, Jefe, Fisiología\*  
**Kenneth D. Sayre**, EUA, Científico Principal, Jefe, Manejo de Cultivos  
**Ravi P. Singh**, India, Científico Principal, Genetista/Patólogo (Roya)\*  
**Bent Skovmand**, Dinamarca, Científico Sénior, Jefe, Banco de Germoplasma y Recursos Genéticos de Trigo\*  
**Douglas G. Tanner**, Canadá, Científico Sénior, Agrónomo, Este de África (residente en Etiopía)  
**Richard Trethowan**, Australia, Científico, Mejorador de Trigo Harinero  
**Maarten van Ginkel**, Países Bajos, Científico Sénior, Jefe, Mejoramiento de Trigo Harinero de Primavera\*  
**Reynaldo L. Villareal**, Filipinas, Científico Sénior, Jefe, Capacitación en Mejoramiento de Germoplasma\*  
**Patrick C. Wall**, Irlanda, Científico Principal, Agrónomo Asociado del NRG (residente en Bolivia)

#### Científicos Asociados

**Janny van Beem**, Holanda, Genetista  
**Belgin Çukadar**, Turquía, Mejoradora de Trigos Híbridos  
**Arne Hede**, Dinamarca, Mejorador de Triticale

#### Científicos Adjuntos

**Muratbek Karabayev**, Kazajstán, Científico Sénior, Científico de Enlace Internacional (residente en Kazajstán)  
**Hugo Vivar**, Ecuador, Científico Sénior, Jefe, Programa de Cebada (ICARDA/CIMMYT)

#### Posdoctorado

**Julie Nicol**, Australia, Patóloga

#### Estudiantes de Posgrado/Predoctorado

**Ligia Ayala**, Ecuador  
**Ismahane Elouaf**, Marruecos, Mejorador (residente en Siria)

#### Consultores/Investigadores Afiliados

**Maximino Alcalá**, México  
**David Bedoshvili**, Georgia  
**Julio Huerta**, México  
**Warren E. Kronstad**, EUA  
**Ernesto Samayoa**, México  
**Nick Savlescu**, Rumania

#### Programa de Economía

**Prabhu Pingali**, India, Director  
**Mauricio Bellon**, México, Científico, Ecologista  
**Hugo De Groot**, Bélgica, Científico, Economista (residente en Kenya)  
**Javier Ekboir**, Argentina, Científico, Economista

**Mulugetta Mekuria**, Etiopía, Científico, Economista (residente en Zimbabwe)  
**Michael Morris**, EUA, Científico Principal, Economista\*  
**Wilfred M. Mwangi**, Kenya, Científico Principal, Economista (con licencia)  
**Ma. Luisa Rodríguez**, México, Administradora del Programa  
**Melinda Smale**, EUA, Científica Sénior, Economista (residente en EUA)  
**Gustavo E. Sain**, Argentina, Científico Sénior, Economista (residente en Costa Rica)

#### Científica Asociada

**Erika Meng**, EUA, Economista

#### Científicos Asociados Adjuntos

**Damien Jourdain**, Francia, Economista  
**Hugo Verkuijl**, Países Bajos, Economista (residente en Etiopía)

#### Posdoctorado

**Monika Zurek**, Alemania, Economista (residente en Costa Rica)

#### Investigadores Asociados

**Alfonso Aguirre**, México, Investigador Asociado, Ecologista  
**Pedro Aquino**, México, Investigador Auxiliar Principal, Economista  
**Kate Dreher**, EUA, Investigadora Asociada  
**Dagoberto Flores**, México, Investigador Auxiliar Sénior  
**Roberta Gerpacio**, Filipinas, Investigadora Asociada, Economista (residente en Filipinas)  
**Julia Daniela Horna**, Perú, Investigadora Asociada, Economista  
**Maximina Lantican**, Filipinas, Investigadora Asociada, Economista

#### Consultores/Investigadores Afiliados

**John Brennan**, Australia, Economista  
**Cheryl Doss**, EUA, Economista  
**David Godden**, Australia, Economista  
**Douglas Gollin**, EUA, Economista  
**Rashid Hassan**, Sudán, Economista  
**Jikun Huang**, China, Economista  
**Mario Jáuregui**, Argentina, Economista  
**Janet Lauderdale**, EUA, Especialista en nutrición  
**Jim Longmire**, Australia, Consultor  
**Ricardo Matzenbacher**, Brasil  
**Mitch Renkow**, EUA, Economista  
**Scott Rozelle**, EUA, Economista  
**Ernesto Samayoa**, México, Consultor  
**Gregory Traxler**, EUA, Economista  
**Robert Tripp**, EUA, Antropólogo  
**Paulo Waquil**, Brasil

#### Grupo de Investigación sobre Recursos Naturales

**Larry Harrington**, EUA, Director  
**Peter Grace**, Australia, Científico Sénior, Edafólogo  
**Peter R. Hobbs**, Reino Unido, Científico Principal, Agrónomo (residente en Nepal)\*  
**Craig A. Meisner**, EUA, Científico, Agrónomo (residente en Bangladesh)\*  
**Adriana Rodríguez**, México, Técnica en GIS  
**Ma. Luisa Rodríguez**, México, Administradora del Programa  
**Jeff White**, EUA, Científico Sénior, Jefe, GIS/Laboratorio de Modelado

#### Científicos Adjuntos

**Andrew Daly**, Becario de predoctorado (residente en Bangladesh), Universidad de Cornell  
**A. Dewi Hartkamp**, Países Bajos, Científica Asociada, Especialista en GIS/Modelado  
**Palit Katak**, India, Científico (residente en India), Universidad de Cornell  
**Bernard Triomphe**, Francia, Científico del CIRAD, Agrónomo  
**Christopher Vaughan**, Reino Unido, Becario de predoctorado (residente en Zimbabwe)

#### Consultores/Investigadores Afiliados

**Ester Capio**, Filipinas, Consultora  
**David Hodson**, Reino Unido, Especialista en GIS/Consultor  
**Bruce Hungate**, EUA, Agrónomo  
**Scott Justice**, EUA, Becario de predoctorado, Investigador Afiliado (residente en Nepal)  
**Bernard Kamanga**, Malawi, Investigador Afiliado (residente en Malawi)  
**Joost Lieshout**, Países Bajos, Jefe de la Base de Datos/Consultor  
**Monica Mezzalama**, Italia, Fitopatóloga/Consultora  
**Zondai Shamudzarira**, Zimbabwe, Investigador Afiliado (residente en Zimbabwe)  
**Julio César Velásquez**, México, Investigador Afiliado  
**Jonathan Woolley**, Reino Unido, Consultor

#### Estudiantes de Posgrado

**Bruno Basso**, Italia, Universidad Estatal de Michigan, EUA  
**Marjatta Eilitta**, Finlandia, Universidad de Florida, EUA  
**Antoine Findeling**, Francia  
**Muir Hooper**, EUA, Pasante  
**Moethoeli Hooplot**, Países Bajos, Universidad Agrícola Wageningen  
**Marvin Stapper**, Países Bajos, Universidad Agrícola Wageningen

#### Centro de Biotecnología Aplicada y Bioinformática

**David Hoisington**, EUA, Director

#### Centro de Biotecnología Aplicada

**Ognian Bohorov**, Bulgaria, Funcionario de Servicios Científicos II  
**Natasha Bohorova**, Bulgaria, Científica Sénior, Bióloga Celular\*  
**Maria Luz George**, Filipinas, Científica, Coordinadora de AMBIONET (residente en Filipinas)  
**Mireille Khairallah**, Libano, Científica Sénior, Genetista Molecular  
**Scott McLean**, EUA, Científico, Genetista/Mejorador  
**Alessandro Pellegrineschi**, Italia, Científico, Biólogo Celular  
**Enrico Perotti**, Italia, Científico, Biólogo Molecular  
**Jean Marcel Ribaut**, Suiza, Científico, Genetista Molecular  
**Marilyn Warburton**, EUA, Científica, Genetista Molecular  
**Manilal William**, Sri Lanka, Científico, Genetista Molecular



#### Científicos Adjuntos del ABC

**Godfree Chigeza**, Zimbabwe, Científico, SIRDC/  
Zimbabwe  
**Baldwin Chipangura**, Zimbabwe, Científico, SIROC/  
Zimbabwe  
**Daniel Grimanelli**, Francia, IRD/Francia, Científico,  
Genetista Molecular  
**Olivier Leblanc**, Francia, IRD/Francia, Científico,  
Citogenetista Molecular  
**Jang-Yong Lee**, Corea, RDA/Corea, Científico Sénior,  
Biólogo Molecular  
**Zachary Muthamia**, Kenya, Científico, KARI/Kenya  
**Kahiu Ngugi**, Kenya, Científico, KARI/Kenya  
**Yves Savidan**, Francia, IRD/Francia, Científico  
Sénior, Citogenetista Molecular\*  
**Antonio Serratos**, México, INIFAP/México, Biólogo  
Molecular  
**Kazuhiro Suenaga**, Japón, JIRCAS/Japón, Científico  
Sénior, Genetista

#### Científicos Asociados del ABC/Becarios de posdoctorado

**Fred Kananpiu**, Kenya, Científico Asociado,  
Mejorador (residente en Kenya)  
**Xianchun Xia**, China, Becario de Posdoctorado,  
Genetista Molecular

#### Estudiantes de Posgrado del ABC

**Isabel Almanza**, Colombia, Colegio de  
Postgraduados/México.  
**Daisy Pérez**, Cuba, Colegio de Postgraduados/  
México  
**Celine Pointe**, Francia, IRD/Francia  
**Gael Pressoir**, Francia, IRD/Francia

#### Bioinformática

##### Biometría

**José Crossa**, Uruguay, Científico Principal, Jefe

##### Consultores/Investigadores Afiliados en Biometría

**Artemio Cadena**, México  
**Jorge Franco**, Uruguay  
**Mateo Vargas**, México

##### Unidad de Tecnología de la Información

**Edith Hesse**, Austria, Jefa de Tecnología de la  
Información  
**Jesús Vargas G.**, México, Jefe de Sistemas y  
Operaciones  
**Rafael Herrera M.**, México, Jefe de Desarrollo de  
Programas  
**Carlos López**, México, Jefe de Proyectos, Desarrollo  
de Programas

##### Sistema Internacional de Información sobre Cultivos

**Paul Fox**, Australia, Científico Sénior, Jefe de Equipo  
de Desarrollo del ICIS

#### Administración General

**Linda Ainsworth**, EUA, Jefa, Servicios de  
Conferencias y Visitantes  
**Hugo Álvarez V.**, México, Gerente Administrativo  
**Krista Baldini**, EUA, Jefa, Recursos Humanos  
**Luis Baños**, México, Supervisor, Conductores  
**Zoila Córdova**, México, Jefa, Proyectos y  
Presupuestos  
**Enrique Cosilón**, México, Supervisor, Alojamiento

**Marisa de la O**, México, Jefa, Personal  
Internacional

**Martha Duarte**, México, Gerente de Finanzas

**Carmen Espinosa**, México, Jefa, Gestiones  
Jurídicas

**Salvador Fragoso**, México, Supervisor de Nómina y  
Operaciones Fiscales

**María Garay A.**, México, Jefa, Cafetería y  
Alojamiento

**Gilberto Hernández V.**, México, Coordinador de  
Capacitación

**Gerardo Hurtado**, México, Jefe, Personal Nacional

**Héctor Maciel**, México, Gerente de Contabilidad

**Eduardo Mejía**, México, Jefe, Seguridad

**Domingo Moreno**, México, Jefe,  
Telecomunicaciones

**Guillermo Quesada O.**, México, Supervisor de  
Operaciones Fiscales

**Javier Robledo**, México, Supervisor de Apoyo a  
Usuarios de Computadoras

**Roberto Rodríguez**, México, Jefe de Talleres

**Eduardo de la Rosa**, México, Jefe de  
Mantenimiento

**Germán Tapia**, México, Supervisor de Almacén

**Cristino Torres**, México, Supervisor de Cuentas por  
Cobrar

#### Servicios de Información

**Kelly A. Cassaday**, EUA, Jefa de Publicaciones

**G. Michael Listman**, EUA, Redactor/Editor Sénior

**Alma L. McNab**, Honduras, Redactora/Editora

Sénior y Coordinadora de Traducciones

**Miguel Mellado E.**, México, Producción de  
Publicaciones

**David A. Poland**, EUA, Redactor/Editor II

#### Biblioteca

**Efrén Orozco**, México, Jefe Interino

**Fernando García P.**, México, Especialista en  
Información Electrónica

**John Woolston**, Canadá, Científico Visitante

#### Estaciones Experimentales

**Francisco Magallanes**, México, Superintendente de  
Campo, El Batán

**José A. Miranda**, México, Superintendente de  
Campo, Toluca

**Rodrigo Rascón**, México, Superintendente de  
Campo, Cd. Obregón

**Abelardo Salazar**, México, Superintendente de  
Campo, Poza Rica

**Alejandro López**, México, Superintendente de  
Campo, Tlaltizapán

#### Laboratorios Generales

**Jaime López C.**, México, Supervisor, Laboratorio  
de Suelos y Nutrición de Plantas

#### Científicos Visitantes y Becarios

**William Blas**, Perú, Universidad Nacional de  
Trujillo, Centro de Biotecnología Aplicada

**Richard Brettel**, Australia, CSIRO, Centro de  
Biotecnología Aplicada

**Daniel F. R. Calderini**, Argentina, Universidad de  
Buenos Aires, Programa de Trigo

**Aldo Crossa**, Uruguay, Universidad Wittenberg,  
EUA, Centro de Biotecnología Aplicada

**Ali Asghar Dadashi Dooki**, Irán, Mejoramiento de  
Semillas y Plantas, Programa de Trigo

**Olivia Damasco**, Filipinas, Universidad de Filipinas  
en Los Baños, Centro de Biotecnología Aplicada

**Ahmad Dezfouly**, Irán, Organización Agrícola Fars,  
Programa de Trigo

**Ismahane Elouafi**, Marruecos, ICARDA/Siria,  
Centro de Biotecnología Aplicada

**Syed Fazlul Karim Dewan**, Bangladesh, Dpto. De  
Extensión Agrícola, Programa de Maíz

**Haydée Gálvez**, Filipinas, Universidad de Los Baños,  
Centro de Biotecnología Aplicada

**Miguel Ignacio Gómez**, Colombia, Universidad de  
Illinois, Programa de Economía

**Nelson Nhamoinesu Gororo**, Zimbabwe,  
Universidad de Melbourne, Australia, Programa de  
Trigo

**Hu Ruifa**, China, Centro de Políticas Agrícolas de  
China, Programa de Economía

**Man Pasand Jain**, India, Estación de Investigación  
Agrícola Zonal, Programa de Trigo

**Roger Peter Kinywee**, Kenya, KARI, Centro de  
Biotecnología Aplicada

**Jennifer Kosarek**, EUA, Universidad de Illinois,  
Programa de Economía

**Xinghai Li**, China, Universidad de China Central,  
Centro de Biotecnología Aplicada

**Agrey Mbaya**, Zimbabwe, SIRDC, Centro de  
Biotecnología Aplicada

**Adamsu Melake-Berhan**, Kenya, IITA, Nigeria,  
Centro de Biotecnología Aplicada

**Javed Iqbal Mirza**, Pakistán, Instituto de  
Investigaciones sobre Enfermedades de los  
Cultivos, Programa de Trigo

**Ghazi Mola Hoveyze**, Irán, Universidad de  
Teherán, Organización Agrícola Khuzestan,  
Programa de Trigo

**Abu Alam Mondal**, Bangladesh, BARI, Programa de  
Maíz

**Onias Moyo**, Zimbabwe, SIRDC, Centro de  
Biotecnología Aplicada

**Alejandro Navas**, Colombia, Universidad Estatal de  
Iowa, EUA, Centro de Biotecnología Aplicada

**Kwandwo Obeng-Antwi**, Ghana, Instituto de  
Investigación de Cultivos, Programa de Maíz

**Mohammed Abdus Salam**, Bangladesh,  
Departamento de Extensión Agrícola, Programa de  
Maíz

**Raúl H. Blas Sevillano**, Perú, Universidad Nacional  
Agraria La Molina, Centro de Biotecnología  
Aplicada

**Mohamed Adel Kamel Shalabi**, Egipto, Instituto de  
Cultivos, Programa de Maíz

**Peter Sharp**, Australia, Universidad de Sydney,  
Centro de Biotecnología Aplicada

**William Wamala**, Uganda, Organización Nacional  
de Investigación Agrícola, Programa de Trigo

**Tang Zhaohui**, China, Instituto de Investigación  
Genética de los Cultivos, Programa de Trigo

**Xu Xiangyang**, China, Academia de Ciencias  
Agrícolas de Henan, Centro de Biotecnología  
Aplicada

\* Coordinador de Proyectos (la investigación del CIMMYT está organizada en una serie de proyectos multidisciplinarios descritos en nuestro Plan a Mediano Plazo).

# DIRECCIONES DEL CIMMYT

**México (sede)** • CIMMYT, Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D.F., México • Tel. +52 5804 2004 • Fax: +52 5804 7558/59 • Email: [cimmyt@cgiar.org](mailto:cimmyt@cgiar.org) • Contacto principal: **Timothy Reeves**, Director General

**Bangladesh** • CIMMYT, PO Box 6057, Gulshan, Dhaka-1212, Bangladesh • Fax: +880 (2) 883 516 • Email: [cm@cimmyt.bdmail.net](mailto:cm@cimmyt.bdmail.net) • Home page: [www.cimmyt.cgiar.org/bangladesh](http://www.cimmyt.cgiar.org/bangladesh) • Contacto principal: **Craig Meisner**

**Bolivia** • CIMMYT, c/o ANAPO, Casilla 2305, Santa Cruz, Bolivia • Fax: +591 (3) 427 194 • Email: [cimmyt@bibosi.scz.antenet.bo](mailto:cimmyt@bibosi.scz.antenet.bo) • Contacto principal: **Patrick Wall**

**China** • CIMMYT, c/o Chinese Academy of Agricultural Sciences, No. 30 Baishiqiao Road, Haidian District, Beijing 100081, China • Fax: +86 (10) 689 18547 • Email: [zhhe@public3.bta.net.cn](mailto:zhhe@public3.bta.net.cn) • Contacto principal: **Zhonghu He**

**Colombia** • CIMMYT, c/o CIAT, Apdo. Aéreo 67-13, Cali, Colombia • Fax: +57 (2) 4450 025 • Email: [c.deleon@cgiar.org](mailto:c.deleon@cgiar.org) • Contacto principal: **Carlos De León**

**Costa Rica** • CIMMYT, Apartado 55, 2200 Coronado, San José, Costa Rica • Fax: +506 216 0281 • Email: [gsain@iica.ac.cr](mailto:gsain@iica.ac.cr) • Contacto principal: **Gustavo Sain**

**Etiopía** • CIMMYT, PO Box 5689, ILRI Sholla Campus, Addis Ababa, Etiopía • Fax: +251 (1) 611 892/614 645 • Email: [cimmyt-ethiopia@cgiar.org](mailto:cimmyt-ethiopia@cgiar.org) • Contacto principal: **Thomas Payne**

**Filipinas** • CIMMYT c/o IRRI, MCPO Box 3127, Makati City, Filipinas • Fax: +63 (2) 891 1292 • Email: [m.george@cgiar.org](mailto:m.george@cgiar.org) • Contacto principal: **María Luz George**

**Guatemala** • CIMMYT, 12 Calle 1-25 Zona 10, Edificio Géminis, Torre Norte, 16 Nivel, Of. 1606, Apdo. Postal 231-A, Guatemala, Guatemala • Fax: +502 335 3407 • Email: [ibolaños@ns.guate.net](mailto:ibolaños@ns.guate.net) • Contacto principal: **Jorge Bolaños**

**India** • CIMMYT, c/o Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains, IARI Campus (Old NBPGR Building), Pusa, New Delhi 110012, India • Fax: +91 (11) 582 2938 • Email: [cimmyt@vsnl.com](mailto:cimmyt@vsnl.com) • Contacto Principal: **Palit K. Katak** (Facilitador del RWC)

**Kazajstán** • CIMMYT, PO Box 374, Almaty 480000, Kazajstán • Fax: +7 (3272) 282551 • Email: [cimmyt@astel.kz](mailto:cimmyt@astel.kz) • Contacto principal: **Alexei Morgounov**

**Kenya** • CIMMYT, PO Box 25171, Nairobi, Kenya • Fax: +254 (2) 522 879 • Email: [a.diallo@cgiar.org](mailto:a.diallo@cgiar.org) • Contacto principal: **Alpha Diallo**

**Nepal** • CIMMYT, PO Box 5186, Lazimpat, Kathmandu, Nepal • Fax: +977 (1) 419 352 • Email: [cimkat@mos.com.np](mailto:cimkat@mos.com.np) • Contacto principal: **Peter Hobbs**

**Siria** • CIMMYT, Cereal Improvement Program, ICARDA, PO Box 5466, Aleppo, Siria • Fax: +963 (21) 2213 490 • Email: [m.nachit@cgiar.org](mailto:m.nachit@cgiar.org) • Contacto principal: **Miloudi Nachit**

**Tailandia** • CIMMYT, PO Box 9-188, Bangkok 10900, Tailandia • Fax: +66 (2) 561 4057 • Email: [svasal@loxinfo.co.th](mailto:svasal@loxinfo.co.th) • Contacto principal: **Surinder Vasal**

**Turquía** • CIMMYT, PK 39 Emek, Ankara, Turquía • Fax: +90 (312) 287 8955 • Email: [cimmyt-turkey@cgiar.org](mailto:cimmyt-turkey@cgiar.org) • Contacto principal: **Hans-Joachim Braun**

**Uruguay** • CIMMYT, CC 1217, Montevideo, Uruguay • Fax: +598 (2) 902 3633 • Email: [cimmyt@inia.org.uy](mailto:cimmyt@inia.org.uy) • Contacto principal: **Man Mohan Kohli**

**Zimbabwe** • CIMMYT, PO Box MP 163, Mount Pleasant, Harare, Zimbabwe • Fax: +263 (4) 301 327 • Email: [cimmyt-zimbabwe@cgiar.org](mailto:cimmyt-zimbabwe@cgiar.org) • Contacto principal: **Kevin Pixley**

Si necesita información más reciente, consulte [www.cimmyt.cgiar.org](http://www.cimmyt.cgiar.org).

## Créditos

**Redacción y edición:** Mike Listman, Alma McNab, David A. Poland y Kelly Cassaday, con personal del CIMMYT

**Edición en español:** Alma McNab y Ma. Concepción Castro

**Producción y diseño:** Miguel Mellado E., Marcelo Ortiz S., Wenceslao Almazán R., Juan José Joven C., Antonio Luna A. y Eliot Sánchez P.

**Fotografías:** Kathryn Elsesser, Mike Listman, David Poland, Leslie Rose, Ana María Sánchez, personal del CIMMYT y Agencia de Noticias Xinhua

**Cita correcta:** CIMMYT. 2000. El CIMMYT en 1998-1999: Ciencia para sustentar a la gente y el medio ambiente. México, D.F.: CIMMYT

**ISSN:** 0188-9265

**DESCRIPTORES AGROVOC:** Zea mays; maíz; Triticum; trigo; producción vegetal; producción alimentaria; suministro de alimentos; mejoramiento nutricional; labranza de conservación; sostenibilidad; conservación de los recursos; recursos genéticos; fitomejoramiento; transferencia de tecnología; proyectos de investigación; política de investigación; adopción de innovaciones; América Latina; América Central; Asia; Perú; África

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** CIMMYT

**CÓDIGOS DE CATEGORÍAS AGRIS:** A50, E14

**CLASIFICACIÓN DECIMAL DEWEY:** 630

## Información bibliográfica

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2000. Impreso en México. El CIMMYT es el único responsable de esta publicación. Las designaciones empleadas en la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de ningún tipo de opinión por parte del CIMMYT o los organismos contribuyentes acerca de la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto a la demarcación de sus fronteras o límites.

# FUTURE HARVEST

El CIMMYT apoya Future Harvest (Cosecha Futura), una campaña para despertar la conciencia del público acerca de la importancia de los problemas agrícolas y la investigación agrícola internacional. Future Harvest vincula a respetables instituciones de investigación, figuras públicas influyentes y prestigiosos científicos agrícolas con el fin de destacar los amplios beneficios sociales de la agricultura mejorada, la paz, la prosperidad, la renovación ambiental, la salud y el alivio del sufrimiento humano.

<http://www.futureharvest.org>

**EL CIMMYT DESEA EXPRESAR SU GRATITUD A LOS NUMEROSOS GOBIERNOS Y ORGANISMOS QUE NOS AYUDAN A CUMPLIR NUESTRA MISIÓN. AGRADECEMOS ESPECIALMENTE A AQUELLOS QUE NOS PROPORCIONAN FINANCIAMIENTO PARA NUESTRAS ACTIVIDADES DE PRESUPUESTO BÁSICO. SIN ESTE APOYO, NO HUBIERA SIDO POSIBLE LOGRAR LOS IMPACTOS DESCRITOS EN ESTA PUBLICACIÓN.**

**AGENCIA CANADIENSE PARA EL PESARROLLO INTERNACIONAL**  
**AGENCIA ESTADOUNIDENSE PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**  
**AGENCIA NORUEGA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**  
**AGROVEGETAL**  
**ALEMANIA**  
**ASOCIACIÓN ÁFRICA DE SASAKAWA**  
**AUSTRALIA**  
**AUSTRIA**  
**BANCO ASIÁTICO DE DESARROLLO**  
**BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO**  
**BANCO MUNDIAL**  
**BANGLADESH**  
**BÉLGICA**  
**BOLIVIA**  
**CANADÁ**  
**CENTRO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN INVESTIGACIÓN AGRONÓMICA PARA EL DESARROLLO**  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**  
**CHINA**  
**COLCIENCIAS**  
**COLOMBIA**  
**COREA**  
**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS**  
**DEPARTAMENTO PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL, REINO UNIDO**  
**DGIS, PAÍSES BAJOS**  
**EMPRESA BRASILEÑA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA**  
**DINAMARCA/DANIDA**  
**ESPAÑA**  
**FIDEICOMISO LERVERHULME**  
**FILIPINAS**  
**FONDO INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA**  
**FONDO OPEP PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL**  
**FRANCIA**  
**FUNDACIÓN FORD**  
**FUNDACIÓN GUANAJUATO**

**FUNDACIÓN HILTON**  
**FUNDACIÓN KELLOGG**  
**FUNDACIÓN MCKNIGHT**  
**FUNDACIÓN NIPONA**  
**FUNDACIÓN NOVARTIS**  
**FUNDACIÓN ROCKEFELLER**  
**FUNDACIÓN SONORA**  
**INDIA**  
**INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA INTA, ARGENTINA**  
**IRÁN**  
**ITALIA**  
**JAPÓN**  
**MÉXICO**  
**MONSANTO**  
**NACIONAL FINANCIERA**  
**NORUEGA**  
**OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA SERVICIOS A PROYECTOS**  
**PAÍSES BAJOS**  
**PAKISTÁN**  
**PATRONATO, EDO. DE SONORA**  
**PERÚ**  
**PIONEER**  
**PORTUGAL**  
**PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO**  
**PROTRIGO**  
**REINO UNIDO**  
**SUDÁFRICA**  
**SUECIA**  
**SUIZA**  
**TAILANDIA**  
**TELMEX**  
**UNIÓN EUROPEA**  
**UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA**  
**UNIVERSIDAD DE CORNELL**  
**UNIVERSIDAD DE STANFORD**  
**UNIVERSIDAD DE WISCONSIN**  
**UNIVERSIDAD ESTATAL DE OREGON**



**CIMMYT**

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO  
DE MAÍZ Y TRIGO

Apartado Postal 6-641, 06600, México, D.F., México