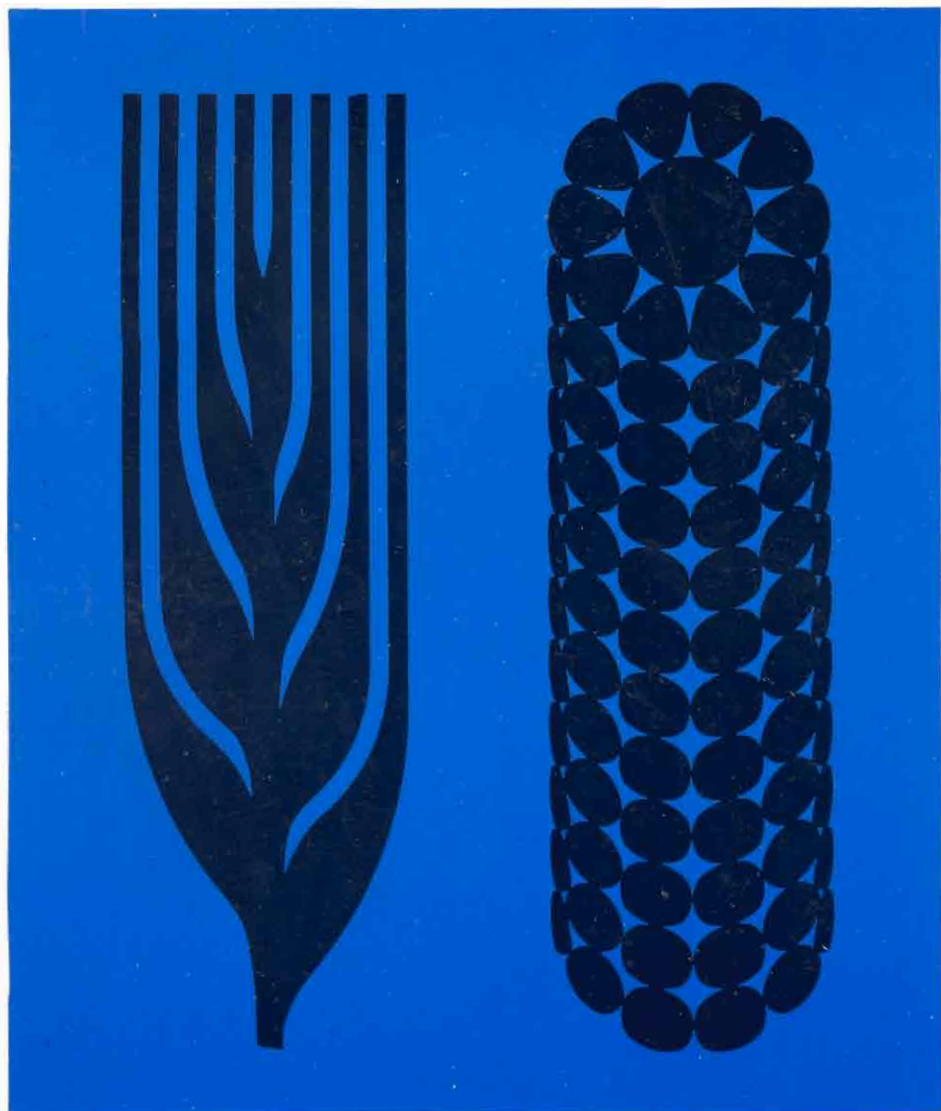


REVISION DE PROGRAMAS

CIMMYT 1976



10º ANIVERSARIO 1966-1976

REVISION DE PROGRAMAS

CIMMYT 1976

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO 1976
International Maize and Wheat Improvement Center, Apartado Postal 6-641, México 6, D.F. México

Cita Correcta: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo 1976
Revisión de Programas del CIMMYT, 1976. El Batán, México

Edición inglesa: La Revisión de Programas del CIMMYT 1976 se publica en español y en inglés. Los interesados pueden solicitar la edición en inglés.

CIMMYT: El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) recibe apoyo financiero de instituciones gubernamentales de Bélgica, Canadá, Dinamarca, Irán, Países Bajos, Arabia Saudita, Reino Unido, los EUA, Alemania Federal y Zaire, y de las siguientes organizaciones: Fundación Ford, Banco Interamericano de Desarrollo, Internacional Minerals and Chemical Corp., Fundación Rockefeller, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Mejoramiento del Ambiente y Banco Mundial. El CIMMYT asume la responsabilidad completa por esta publicación.

contenido

Consejo internacional	v
Personal	vi
INTRUDUCCION: PRIMERA DECADA DEL CIMMYT Y PERSPECTIVAS PARA LOS PROXIMOS 10 AÑOS 1	
MEJORAMIENTO DEL MAIZ 5	
Introducción	6
El maíz en los países en desarrollo	6
Restricciones en la producción	6
Breve historia del programa	9
Procedimientos para las nuevas variedades	12
Ensayos internacionales en 1975	14
Ensayos de variedades experimentales	16
Ensayos internacionales de progenies	18
Flujo de nuevo germoplasma	19
Flujo del banco	19
Viveros de introducción	19
Flujo a poblaciones avanzadas	19
Complejos precoces	20
Complejos para zonas altas	20
Banco de germoplasma	20
Colección y almacenamiento	20
Regeneración	20
Clasificación y catalogación	21
Envíos clientes	21
Proyectos especiales de investigación en México	21
Reducción de altura de planta	21
Madurez más precoz	22
Adaptación más amplia	23
Plantas tropicales más eficientes	23
Resistencia a insectos y enfermedades	25
Ensayos acompañantes	25
Laboratorio de cría masiva de insectos	25
Investigación colaborativa	25
Insectos en granos almacenados	26
Fisiología de maíz	27
Cruzas amplias	28
Adiestramiento en maíz	30
Adiestramiento en servicio	30
Adiestramiento en programas nacionales	31
Adiestramiento académico	31
Científicos visitantes	33
Sorgo tolerante al frío	33
Germoplasma para tolerancia al frío	33
Calidad proteínica	35
Ensayos internacionales	35
Cooperación con programas nacionales	35
Visión futura del maíz, 1976-1980	36
MEJORAMIENTO DE TRIGO 39	
Introducción	40
El trigo en los países en desarrollo	41
Breve historia del programa en México	41
Problemas que persisten	44
Trigo harinero	44
Fitomejoramiento y pruebas en 1975	46
Lanzamiento de variedades	47
Multilíneas	47
Royamiento lento	50
Trigo de primavera x trigo de invierno	50
Distribución de F	51
Ensayo internacional de rendimiento	53
Bloque de cruzamiento y otros ensayos	53
Toxicidad alumiánica	53
Trigo para el trópico húmedo	54
Trigo cristalino	54
Mayor fertilidad	56
Resistencia a las enfermedades	56
Mejor potencial de rendimiento	56
Tolerancia al frío	58
Tolerancia a la sequía	58
Mejor calidad del grano	58
Cruzamiento de cristalinos con trigos de primavera	59
Ensayos internacionales	59
Triticale	59
Nuevos triticales primarios	61
Productos de triticale	61

Cruzamientos de triticale de invierno x triticale de primavera	62	Crecimiento del trigo en climas cálido-húmedos	73
Adaptación más amplia	62	Agronomía	73
Nuevos centenos progenitores	62	Ensayos en fincas de agricultura en una zona desértica de riego	73
Mejor resistencia a las enfermedades	63	En una meseta alta de temporal	73
Mejor proteína	63	Fuentes de nitrógeno	74
El futuro del triticale	64	Ensayos internacionales	76
Cebada	64	Adiestramiento en trigo	77
Mayor adaptación	64	Laboratorio de molienda y panificación	79
Mayor resistencia a las enfermedades	65	Cooperación con programas nacionales	79
Granos desnudos	65	Visión futura del trigo, 1976-1980	80
Mejor proteína	65	PROGRAMAS DE APOYO	
Precocidad	66	Estudios económicos	85
Paja más fuerte	66	Servicios de laboratorio	89
Mayor potencial de rendimiento	67	Manejo de estaciones experimentales	91
Nuevas técnicas de cruzamiento	67	Servicios de información	93
Ensayos internacionales	68	Servicios de estadística	94
Desarrollo de nuevo germoplasma	68	INFORMES ESPECIALES	95
Nuevas fuentes de enanismo	68	Impacto de los trigos de alto rendimiento	96
Espigas ramificadas	69	Programas con otros institutos agrícolas internacionales	99
Cruzas amplias	69	Experiencia del CIMMYT con candidatos a doctorado, 1966-1976	101
Fisiología	70	Publicaciones del CIMMYT, 1965-1975	109
Rendimiento en ambientes óptimos	70	Evaluación del programa de adiestramiento de trigo del CIMMYT	112
Selección de plantas en generaciones tempranas	70	Fuentes y aplicación de fondos en el CIMMYT	118 - 119
Tamaño de la parcela	71		
Potencial de rendimiento en tres cultivos	71		
Hojas erectas	72		
Sombreado y potencial de rendimiento	72		
Resistencia a la sequía	72		

consejo directivo

OSCAR BRAUER HERRERA
Presidente de la Asamblea del CIMMYT
Secretario de Agricultura
México

VIRGILIO BARCO
Presidente, Consejo Directivo Internacional
Senador de la República
Colombia

FRANCISCO CARDENAS R.
Vicepresidente, Consejo Directivo Internacional
Director General
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
México

GUY CAMUS
Director
Organización de Investigación Científica y
Técnica de Ultramar
Francia

LUIZ FERNANDO CIRNE LIMA
Banquero
Brasil

LUIS B. CROUCH
Ejecutivo de Negocios
República Dominicana

JOSE D. DRILON, Jr.
Director
Centro Regional del Sudeste Asiático para
la Agricultura
Filipinas

HALDORE HANSON
Director General
CIMMYT

LOWELL S. HARDIN
Funcionario del Programa Agrícola
Función Ford
EUA

W. A. C. MATHIESON
Consultor
Centro de Investigación para el
Desarrollo Internacional
Reino Unido

LEONEL ROBLES G.
Director
División de Ciencias Agrícolas y
Marítimas
Instituto Tecnológico de Monterrey,
Monterrey, México

OSMOND M. SOLANDT
Consultor
Instituto de Estudios Ambientales
Universidad de Toronto
Toronto, Canadá

K. R. STINO
Director
Organización Árabe para el Desarrollo
Agrícola
Sudán

M. S. SWAMINATHAN
Director General
Consejo de Desarrollo Agrícola de
la India

STERLING WORTHMAN
Vicepresidente
Fundación Rockefeller
EUA

LORENZO MARTINEZ M
Subsecretario de Agricultura
México (Substituto del Dr. Brauer)

personal

Dirección

Director general	Haldore Hanson
Subdirector general	Keith W. Finlay, Ph. D.
Subdirector general y tesorero	Robert D. Osler, Ph. D.
Director, programa de trigo	Norman E. Borlaug, Ph. D.
Director, programa maíz	Ernest W. Sprague, Ph. D.
Director asociado, programa de trigo	R. Glenn Anderson, Ph. D.
Director asociado, programa de maíz	R. L. Paliwal, Ph. D.

Personal de maíz en la sede

Fitopatólogo	Carlos De León, Ph. D.
Fitomejorador	N. L. Dhawan, Ph. D.
Agrónomo	Kenneth S. Fischer, Ph. D.
Agrónomo	Peter R. Goldsworthy, Ph. D.
Entomólogo	Gonzalo Granados R., Ph. D.
Fitomejorador	Elmer C. Johnson, Ph. D.
Agrónomo asistente, adiestramiento	Federico Kocher, Ph. D.
Entomólogo	Alejandro Ortega C., Ph. D.
Fitomejorador, sorgo	Shree P. Singh, Ph. D.
Fitomejorador	Surinder K. Vasal, Ph. D.
Patólogo	John C. Vessey, Ph. D.
Agrónomo, adiestramiento	Alejandro Violic, Ph. D.

Predoctorados y postdoctorados

Patología	Mario Contreras M. S.
Economía	Daniel Galt, M. P. A.
Fitomejoramiento	Peter G. Goertz, Ing. Agr.
Fitomejoramiento	Jean Hanson, Ph. D.
Cruzas amplias	Jacqueline James, Ph. D.
Sanidad vegetal	Roger A. Kirkby, M. S.
Sanidad vegetal	John A. Mihm, Ph. D.
Fitomejoramiento	Samuel Muchena
Agronomía	Khalid M. Nor
Fitomejoramiento	Snivaji Pandey, Ph. D.
Sanidad vegetal	Frank Peairs, M. S.
Agronomía/fisiología	Mario Rodríguez, M. S.
Fitomejoramiento	Vicente Rodríguez, Ph. D.
Agronomía/fisiología	Thomas C. Stilwell, Ph. D.
Agronomía/fisiología	Willem Stoop, Ph. D.
Fitomejoramiento	Suketoshi Taba, Ph. D.

Científicos visitantes

Entomólogo, Egipto	William Habib Audallah, Ph. D.
Patólogo, Egipto	Haroon El-Shafey, Ph. D.
Agrónomo, Japón	Umeo Koganemaru, B. Ag.
Fitomejorador, Ecuador	Gustavo Vera, Ph. D.

**Programas cooperativos internacionales
de maíz**

Agrónomo, Región Asiática	Takumi Izuno, Ph. D.
Fitomejorador, Región de Centroamérica y el Caribe	Willy Villena D., Ph. D.
Agrónomo, Región de Centroamérica y el Caribe	Roberto Soza, Ph. D.
Agrónomo Egipto	Wayne L. Haag, Ph. D.
Fitomejorador, Guatemala	Hugo S. Córdova, M. S.
Agrónomo, Nepal	Donald R. Schmidt, Ph. D.
Agrónomo, Pakistán	A. Frederick E. Palmer, Ph. D.
Fitomejorador, Tanzania	David W. Sperling, Ph. D.
Agrónomo/Jefe de Grupo, Zaire	Thomas G. Hart, Ph. D.
Encargado de Adiestramiento, investigación en fincas, Zaire	James R. Bullard, B. A.
Especialista en Sanidad Vegetal, Zaire	Mahesh Chandra Pandey, Ph. D.
Fitomejorador/agrónomo, Zaire	Richard N. Wedderburn, Ph. D.

Personal de trigo en la sede

Fitomejorador, Ensayos internacionales	Maximino Alcalá D., Ph. D.
Fitopatólogo, Triticale	H. Jesse Dubin, Ph. D.
Fitopatólogo	Santiago Fuentes E., Ph. D.
Fitomejorador, Triticale	Man Mohan Kohli, Ph. D.
Agrónomo, Adiestramiento	John H. Lindt, M. S.
Agrónomo, Adiestramiento	Paul N. Marko, M. S.
Agrónomo	Matthew McMahon, Ph. D.
Fitomejorador, Trigos harineros	Sanjaya Rajaran, Ph. D.
Fitomejorador, Cebada	Enrique Rodríguez C., Ph. D.
Fitomejorador, Trigo	Ricardo Rodríguez R., M. S.
Fitomejorador, Triticale	Francis J. Zillinsky, Ph. D.

Agronomía
Fitomejoramiento
Fitomejoramiento
Cruzas amplias
Fitomejoramiento
Fisiología

Pre y postdoctorados

Dietrich Leihner, Ph. D.
Guillermo Ortiz F., M. S.
Bent Skovmand, Ph. D.
Julian B. Thomas, M. S.
Hugo E. Vivar, Ph. D.
Patrick C. Wall, M. S.

Edafólogo, EUA

Fitomejorador, Alemania Federal

Científicos visitantes

Donald A. Hinkle, Ph. D.
Eric. N. Schwarzbach, Ph. D.

Germoplasma
Trigos harineros

Asistentes de investigación

Ramón Ortiz B., Ing. Agr.
Alfredo Regalado O., Ing. Agr.

**Programas cooperativos internacionales de
trigo**

Fitomejorador, Región de Africa Oriental	Gerbrand Kingma, Ph. D.
Fitopatólogo, Región del Medio Oriente	J. Michael Prescott, Ph. D.
Fitopatólogo, Región del Medio Oriente	Eugene E. Saari, Ph. D.
Fitomejorador, Jefe de grupo Noráfrica	George Varughese, Ph. D.
Fitopatólogo, agrónomo, Argelia	Walter Nelson, Ph. D.
Agrónomo, Argelia	David A. Saunders, B. Ag. Sc.
Agrónomo, Nepal	Torrey Lyons, Ph. D.
Fitomejorador, Pakistán	Armando Campos V., Ph. D.
Agrónomo, Túnez	John B. Doolette B. Ag. Sc.
Especialista en producción de semilla, Túnez	Johnson E. Douglas, M. S.
Fitomejorador, Turquía	Arthur A. Klatt, Ph. D.

Economía

Economista
Economista, Africa Oriental
Economista

Donald L. Winkelman, Ph. D.
Michael P. Collinson, Ph. D.
Edgardo Moscardi C., M. S.

Economista Richard K. Perrin, Ph. D.
Consultor, Pakistán Malik Ashraf, Ph. D.

Laboratorios

Bioquímica, encargada de los laboratorios Evangelina Villegas M., Ph. D.
Químico de cereales, encargado del laboratorio de Arnoldo Amaya C., Ph. D.
calidad industrial de trigo
Nutriólogo, laboratorio de calidad de proteínas Reinald Bauer, D. Sc. Agr.

Químico, laboratorio de calidad industrial de trigo Francisco Javier Cuevas, B. S.
Bioquímico, laboratorio de nutrición vegetal José Angel Juárez, B. S.
Químico, laboratorio de calidad de proteínas Juan Luis Juárez G., B. S.
Bioquímico, laboratorio de nutrición vegetal Jaime López C., B. S.
Químico, laboratorio de calidad de proteínas Enrique I. Ortega M., M. S.
Químico, laboratorio de calidad industrial de trigo Roberto Javier Peña Y.
Químico, laboratorio de nutrición vegetal Rigoberto Valenzuela Y.

Servicios de estadística

Biometrista Peter Walker, B. A.

Estaciones experimentales

Encargado John Stewart
Supervisor Roberto Varela
Superintendente, Poza Rica, Florentino Amacende
Superintendente, Toluca José Antonio Miranda
Superintendente asistente, El Batán Ricardo Márquez L.
Superintendente asistente, Tlaltzapán Angel Palma

Servicios de información

Redactor científico Steven A. Breth, M. A.
Redactor científico James H. Bemis, Ph. D.
Fotógrafo Leobardo Terpán
Fotógrafo Juan Zamora Z.
Bibliotecario Martha Bermúdez, Lic. Bibl.
Encargado, servicio de visitantes Linda G. Ainsworth, B. A.

Administración general

Gerente administrativo Emilio Madrid C., Ing. Agr.
Encargado, relaciones institucionales Gregorio Martínez Valdés, Ph. D.
Encargado de manejo de donativos Betsy V. March, B. A.
Supervisor, servicio de contabilidad José Ramírez S.
Contadora principal Eleonora Lindelius M.
Contadora principal Ma. del Pilar Meza, C. P.
Contadora principal Antonio Tristán
Supervisora, servicio de personal Ma. Alicia Mina M.
Asistente senior, personal Leonardo Abín M.
Encargada de compras Ma. de los Angeles Ezeta
Encargado asistente de compras Hugo Alvarez V.
Ingeniero supervisor, mantenimiento Alberto Bourlon Ch., Ing. Civil
Encargada, servicio de viajes Ana Laura Sobrina de Gómez
Encargado servicios de alimentos y viviendas Armando Cornú M.
Asistente administrativo Manuel Gutiérrez S.

LA PRIMERA DÉCADA DEL CIMMYT, 1966-1976, Y PROSPECTOS PARA LOS DIEZ PRÓXIMOS AÑOS.

El año de 1976 marcó el final de la primera década del CIMMYT y el principio de la segunda. Tal efemérides justifica un vistazo retrospectivo hacia lo que ha ocurrido con el CIMMYT y sus colaboradores, y un vistazo hacia el futuro próximo.

A mediados de 1966 — cuando el CIMMYT comenzaba— los demógrafos estimaron la población del mundo en 3,300 millones de seres. Durante 1975, nació el hombre número 4,000 millones probablemente en algún país en desarrollo, donde ocurre gran parte del aumento demográfico. La primera década del CIMMYT coincide entonces con un 25% de aumento en la población mundial y con un 30% de aumento en los países en desarrollo. Se espera que el incremento demográfico prosiga a igual ritmo, por lo menos durante las próximas dos décadas. Así, la población del mundo pasará de los 5,000 millones a mediados de los años ochentas y de 6,000 millones antes de que medie la década de los noventas.

Estos hechos nos señalan cuánta gente habrá de sentarse a la mesa a comer, a la vez que dan al CIMMYT las órdenes de marcha. Los tres cereales con los que trabajamos — trigo, maíz, cebada— representan el 60% de la producción cerealícola del mundo, o sea la mitad de las calorías totales y la mitad de la proteína total que se consume en los países en desarrollo de Asia, África y Latinoamérica.

Balance población/alimentos

Se nos pregunta: ¿Se incrementa la producción de cereales tan rápidamente como la población? La respuesta puede ser: en un sentido sí, en otro no.

Durante el tercer cuarto del Siglo 20 — 1950-1975— la producción mundial de cereales mantuvo una tendencia alcista, per cápita. Es decir, se produjo suficiente comida para alimentar a una población adicional, e inclusive para añadir algo extra a la dieta.

Se puede decir que, en promedio, las familias de los países en desarrollo comían un poco mejor en 1975 que en 1950. Por supuesto, los promedios mundiales emmascaran la existencia de islotes permanentes de hambre, o áreas de desastre temporales, aunque la gran mayoría de los dos mil millones de seres de los países en desarrollo han estado en mejores condiciones durante los años recientes.

Supongamos que comparamos la producción de cereales de los países en desarrollo a mediados de los años setentas con la obtenida a mediados de los sesentas. Los informes de cosechas recientes muestran que los países en desarrollo han estado produciendo 275 millones de toneladas anuales de los cinco cereales principales en conjunto, contra 230 millones que producían 10 años antes. El incremento en la producción de granos fue de 30%, lo cual apenas compensó el crecimiento de la población de esos países en esos 10 años. Esto es por el lado positivo.

Hay también un lado negativo. Si nos preguntamos cómo los países en desarrollo lograron esos avances de los últimos 10 años, encontramos que la mitad del incremento vino de la apertura de nuevas superficies de cultivo y la mitad vino de incrementos de los rendimientos por unidad de superficie. Al final de dicho período de 10 años, los países en desarrollo estaban sembrando con cereales 29 millones de hectáreas más que una década antes.

Los rendimientos de los cereales principales no se mantuvieron al parejo con el crecimiento demográfico. Ninguno de los cereales principales puede mostrar un incremento de 30% en su rendimiento durante la década considerada. El trigo fue el cereal con mejor comportamiento (23% en rendimiento).

Más de la mitad de los países en desarrollo mostraron importación neta de alimentos al final del período de 10 años, y las importaciones fueron mayores que una década antes.

En el curso de la década que se avecina — 1976-1985 —, el crecimiento demográfico en los países en desarrollo será de nuevo de 30% o poco más, y las necesidades alimentarias se incrementarán otra vez en un 30% o más, si estos países han de mantener su inadecuada dieta actual.

Durante la segunda década del CIMMYT, la mayor parte de los aumentos de la producción deberán provenir de mayores rendimientos en la tierra actualmente cultivada. Sin embargo, sólo se puede incorporar al cultivo una superficie relativamente pequeña, y poca tierra se puede transferir de un cultivo a otro. En efecto, parte de los terrenos de cultivo se están transformando en terrenos urbanos, absorbidos por las ciudades en constante crecimiento, a un ritmo que excede al millón de hectáreas por año.

Por tanto, el esfuerzo para producir más alimentos confrontará obstáculos aún mayores durante la segunda década del CIMMYT.

Si mediante incrementos del rendimiento se ha de producir un 30% más de grano, esto se puede lograr solamente mediante la aplicación de mejor tecnología al nivel de la finca.

Comportamiento de los cinco cereales principales en los países en desarrollo.

Cereal	Área (anual)			Rendimiento (anual)			Producción (anual)		
	1961-65 (millones de ha)	1972-74 (millones de ha)	% de cambio	1961-65 (kg/ha)	1972-74 (kg/ha)	% de cambio	1961-65 (millones de ton)	1972-74 (millones de ton)	% de cambio
Arroz Palay	85	92	8	1626	1866	15	138	172	25
Trigo	50	62	24	973	1198	23	49	74	49
Maíz	45	54	20	1136	1264	11	51	69	35
Sorgo	33	35	6	643	759	18	21	26	24
Cebada	17	16	-6	937	1057	13	16	17	6
Total	230	259	13	—	—	—	275	358	30

Fuente: Anuario de Producción, FAO, 1974

Maíz y Trigo: dos esquemas

Para 1975, los trigos mexicanos desarrollados por el programa CIMMYT-INIA se habían diseminado en 19.3 millones de hectáreas en 15

países en desarrollo, según una estimación. Conservadoramente, hacia mediados de los años setentas, los trigos semienanos cubrieron 25 millones de hectáreas, o sea un 40% de toda la superficie triguera de los países en desarrollo. El valor de los incrementos en la cosecha de trigo podría estimarse en 2,000 millones de dólares anuales considerando el precio de 1975 de US \$150/ton.

Estos son los resultados sobresalientes logrados por 15 científicos ubicados en México, más 1000 colaboradores que realizan pruebas a nivel mundial, más las decisiones correspondientes por parte de funcionarios agrícolas de más de 100 países en desarrollo.

Pese a los avances logrados en la primera década del CIMMYT, habrá poco tiempo de descanso para los científicos de trigo a medida que entramos a la segunda década. Los trigos mexicanos han sido sembrados en gran parte en regiones con mejor humedad y mejores suelos, y por los mejores agricultores. Como sucede a menudo, la nueva tecnología redituable encuentra su propio camino primero hacia áreas donde la rentabilidad es más rápida.

Mirando ahora hacia la segunda década, las regiones trigueras que no se han beneficiado aún con la revolución verde, son con frecuencia áreas con humedad menos favorable, con problemas de suelos, otras con problemas fitopatológicos, y otras más con agricultores menos diestros. Los investigadores de trigo tienen que apresurar su paso durante la segunda década a fin de lograr aumentos de rendimiento semejantes a los que consiguieron durante los primeros 10 años.

El esquema para el maíz es diferente. No ha habido todavía una revolución de rendimientos en todas las regiones. Muchos científicos piensan que el programa de maíz hay tecnología que puede provocar cambios drásticos. En muchos programas de países situados entre 30° latitud norte y 30° latitud sur, se tienen bajo prueba nuevas variedades experimentales. Los ensayos más recientes muestran una marcada superioridad de las variedades experimentales al compararse con las variedades tradicionales. Esta situación es análoga con la que ocurría en el programa de trigo en 1962 (el año de la liberación de las primeras variedades semienanas), y en el programa de arroz en 1966 (cuando se lanzó la variedad IR-8). En el programa de maíz es posible lograr ahora un gran avance).

La red de científicos de maíz es probablemente más experta a mediados de los setentas que la red de científicos de trigo en 1962. La red de colaboradores de maíz puede servir como el ducto para impulsar una rápida transferencia de esta nueva tecnología a las estaciones agrícolas experimentales de los países en desarrollo y de allí a las instituciones que trabajan directamente con los agricultores.

1976-1986

El CIMMYT llega a su segunda década fortalecido en varios aspectos. Nuestro personal internacional es de 55 en 1976, contra 8 en 1966.

Nuestros recursos financieros totales en 1976 llegaron a 13.7 millones de dólares contra menos de un millón hace 10 años.

Nuestro acceso a ocho excelentes estaciones de investigación en México ofrece mejores facilidades que hace varios años.

Hay otros indicadores favorables, si bien menos visibles. Más gobiernos conceden ahora primera prioridad a la agricultura. Más gobiernos toman decisiones políticas que apoyan directamente la introducción de nueva tecnología (por ejemplo, precios de garantía, abasto de fertilizantes, facilidades de almacenamiento, etc.)

Se acrecientan en números y destreza los científicos empleados por los programas nacionales. Esto habrá de continuar.

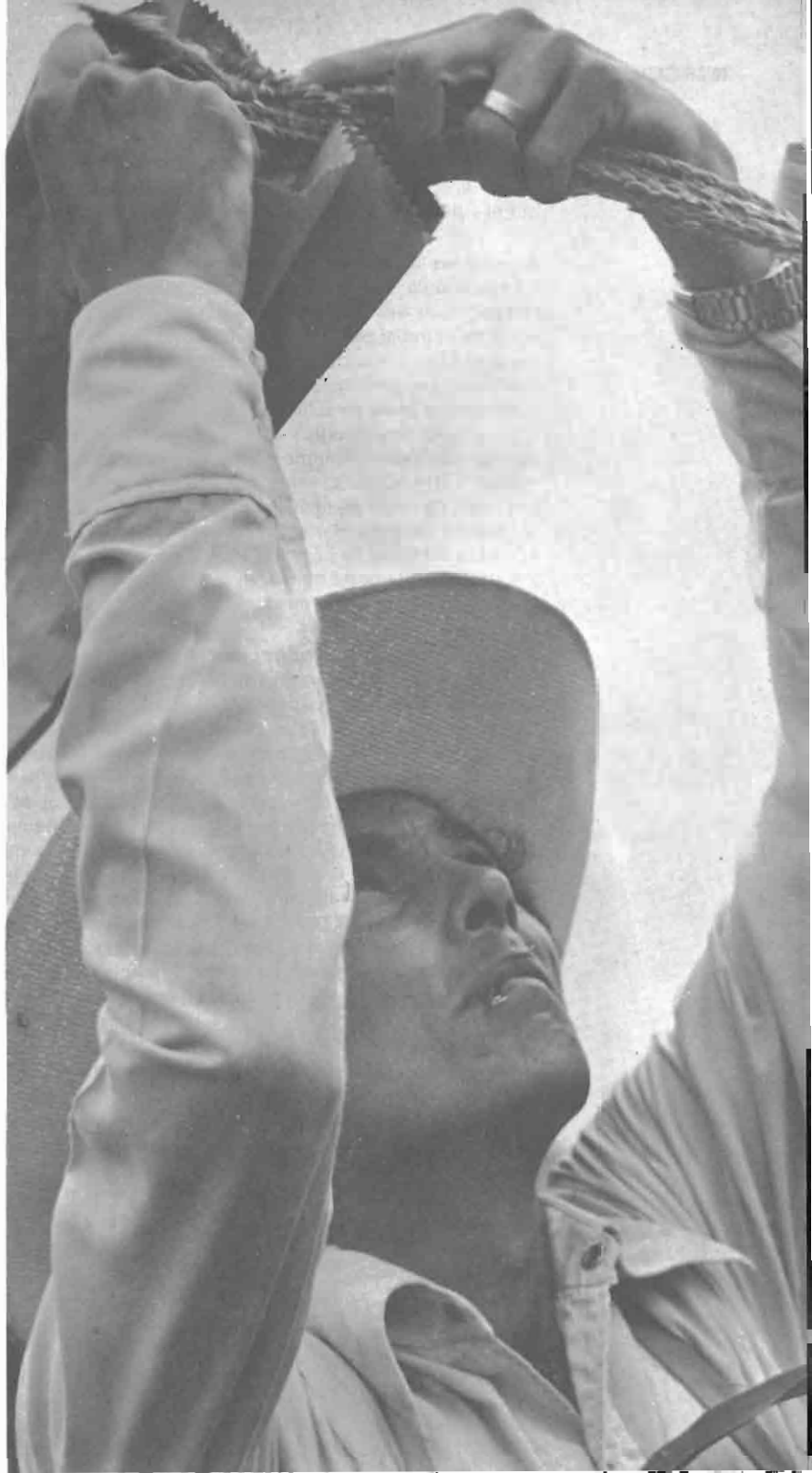
Los países industrializados dedican en mayor grado sus elaboradas instalaciones y facilidades de investigación para que trabajen sobre problemas agrícolas de los países en desarrollo.

En general, se trata de una máquina con muchos componentes y el mundo está aprendiendo todavía qué hacer para que las partes funcionen eficientemente y en armonía, a la vez que se preserva un sentido de iniciativa en cada nivel, que por sí solo mantenga una alta motivación.

Es a la vez un cliché y un hecho el que los dos problemas más presionantes para el próximo cuarto de siglo son la población y los alimentos. Y los fitocientíficos se encuentran en la interfase, dispuestos al avance e impulsados por el sentido de urgencia.

Haldore Hanson
El Batán, México

mejoramiento de maíz



INTRODUCCION

El maíz ocupa el tercer lugar entre los granos alimenticios del mundo, después del arroz y del trigo. La importancia del maíz se puede medir según la superficie sembrada (110 millones de hectáreas en el mundo) y por el volumen de la cosecha (300 millones de toneladas).

El maíz en los países en desarrollo

La mitad de la superficie maicera del mundo se siembra en los países en desarrollo de Asia, Africa y América Latina. Empero, sólo un cuarto de la cosecha mundial se levanta allí. Esta contradicción se debe a los bajos rendimientos. En tanto que los países industrializados de Europa y Norteamérica cosechan en promedio de 4,600 kg/ha, los países en desarrollo promedian sólo 1,200 kg/ha.

Los bajos rendimientos en los países en desarrollo ofrecen una amplia oportunidad para mejorarlos. Esta mejora podría beneficiar a por lo menos 500 millones de seres que consumen maíz como alimento principal, ya sea todo el año o bien durante un ciclo de cultivo en que no se dispone de otros alimentos básicos. Mas aún, las aves y los cerdos son la fuente principal de proteína animal en los países consumidores de maíz, y al mejorarse la parte de ella se dedicará a la producción animal, de manera que mejorará la dieta.

Restricciones en la producción

Históricamente, el mejoramiento del maíz en estos países en desarrollo ha afrontado varias restricciones.

En primer lugar, se necesitaba de una amplia adaptación. Cuando Colón encontró maíz sembrado en el Hemisferio Occidental hace 500 años, ya viajeros de la antigüedad lo habían llevado de su lugar de origen en las partes bajas de Mesoamérica a los valles altos de la zona andina de Sudamérica y a las regiones templadas de Norteamérica. El maíz había probado tener una mayor adaptación a los diferentes climas que los otros granos alimenticios. El potencial de amplia adaptación está todavía allí. Sin embargo, la investigación científica sobre el mejoramiento del maíz durante el período 1800-1950 se concentró en su mayor parte en Europa Occidental y Norteamérica. Para cada país y localidad de clima templado se desarrollaron materiales de mayor rendimiento y estrecha adaptación. Para la época de la II Guerra Mundial, era excesivamente difícil retornar

Area y producción de maíz en cuatro regiones, 1973

Región	Area millones de ha)	Producción (millones de ton)
América Latina	27.9	38.9
Lejano Oriente	14.6	14.7
Africa	11.9	13.2
Cercano Oriente	1.9	4.6
Total	56.3	71.4



estos materiales mejorados hacia su lugar de origen tropical. Es evidente que en los trópicos se necesitan materiales mejorados y que las nuevas variedades deben tener una adaptación más amplia.

Otra restricción era la altura de la planta. En el trópico las variedades tradicionales del maíz crecen de 4 a 5 metros y a menudo se acaman antes de la cosecha. En la zona templada la altura de las variedades mejoradas es de sólo 2 metros. De esa manera, se necesitaban tipos de planta de porte más bajo.

Una tercera restricción eran las plagas. En el trópico las enfermedades e insectos son más numerosos y severos. Se necesitaba resistencia genética a las enfermedades e insectos, y la investigación tendría que hacerse en las regiones cálidas, no en las templadas.

Una cuarta restricción residía en la deficiente calidad de la proteína del maíz. El maíz contiene de 9 a 11% de proteína total, pero sólo la mitad puede ser utilizada por los humanos porque la proteína del maíz es deficiente en dos aminoácidos esenciales, lisina y triptofano. Cuando el maíz constituye el alimento principal, no suministra una dieta adecuada, a menos que esos dos aminoácidos sean suplementados por otros alimentos. Sin embargo, a menudo se carece de dicha dieta diversificada, en especial entre la población de bajos ingresos de gran parte del mundo en desarrollo.

Una quinta restricción se oculta dentro de las enzimas de la planta de maíz tropical: es "menos eficiente". Esto significa que por cada tonelada de materia seca (tallos, hojas, mazorcas, espiga), la planta tropical pone menos materia seca en el grano que las variedades mejoradas de las zonas templadas, y más en el rastrojo que los humanos no pueden consumir.

Finalmente, el mejoramiento de la producción de maíz requiere de un equipo de científicos eficientes y bien capacitados, distribuido entre los 55 países en desarrollo donde el maíz es



En la estación experimental de Poza Rica, Gonzalo Granados explica la operación de los complejos de apoyo

alimento básico. Un centro internacional como el CIMMYT puede servir como "planta mezcladora" de variedades mejoradas de maíz, pero la prueba y selección tiene que hacerse en cada zona climática donde el maíz se cultiva. De aquí que los gobiernos de los países productores deban compartir la tarea y que se necesiten más científicos.

En síntesis, las restricciones para mejorar el maíz en los países en desarrollo son numerosas: se necesitan variedades que sean más estables en su rendimiento, que tengan un porte más bajo, un período de crecimiento más corto, mayor resistencia a plagas y enfermedades, mejor calidad proteínica y producción de granos más eficiente. La conjunción de estos pasos es una tarea importante que en los países en desarrollo requiere de más científicos capacitados.

Breve historia del programa

El mejoramiento del maíz en México tuvo sus inicios en los años cuarentas en el programa cooperativo entre la Secretaría de Agricultura y la Fundación Rockefeller. El propósito era el de incrementar rápidamente la producción alimentaria, aún cuando se disponía de recursos limitados y de poco personal.

Primero se desarrollaron híbridos en virtud de que ofrecían un aumento de rendimiento de alrededor de 25% sobre el obtenido con variedades tradicionales en las mejores regiones productoras. Los primeros híbridos mexicanos sobresalieron en cuanto a su producción y algunos se comparaban con los más rendidores de Norteamérica. Sin embargo, no se diseminaron ampliamente. Los híbridos nunca cubrieron más del 10 al 15% de la superficie sembrada con maíz en México.

¿Por qué? Poco a poco los obstáculos se hicieron evidentes:

- La producción de un abastecimiento adecuado de semilla para 8 millones de hectáreas requiere de un manejo científico poco común. En la mayoría de los países avanzados esta tarea es desempeñada por compañías privadas. Muchos países en desarrollo han tratado de producir semilla híbrida a través de instituciones gubernamentales y ninguno ha logrado igualar el éxito de Europa Occidental o de Norteamérica.
- La distribución de semilla en miles de pequeñas comunidades representan un enorme esfuerzo de comercialización.
- Los agricultores que tradicionalmente guardaban semilla de un ciclo a otro se mostraban renuentes a pagar un precio extra por las nuevas semillas híbridas cada año.
- Los híbridos ofrecían poco rendimiento adicional a menos que hubiese humedad y fertilidad abundantes. Sin embargo en México el maíz se sembraba en pequeños predios, bajo temporal y casi sin fertilizante.

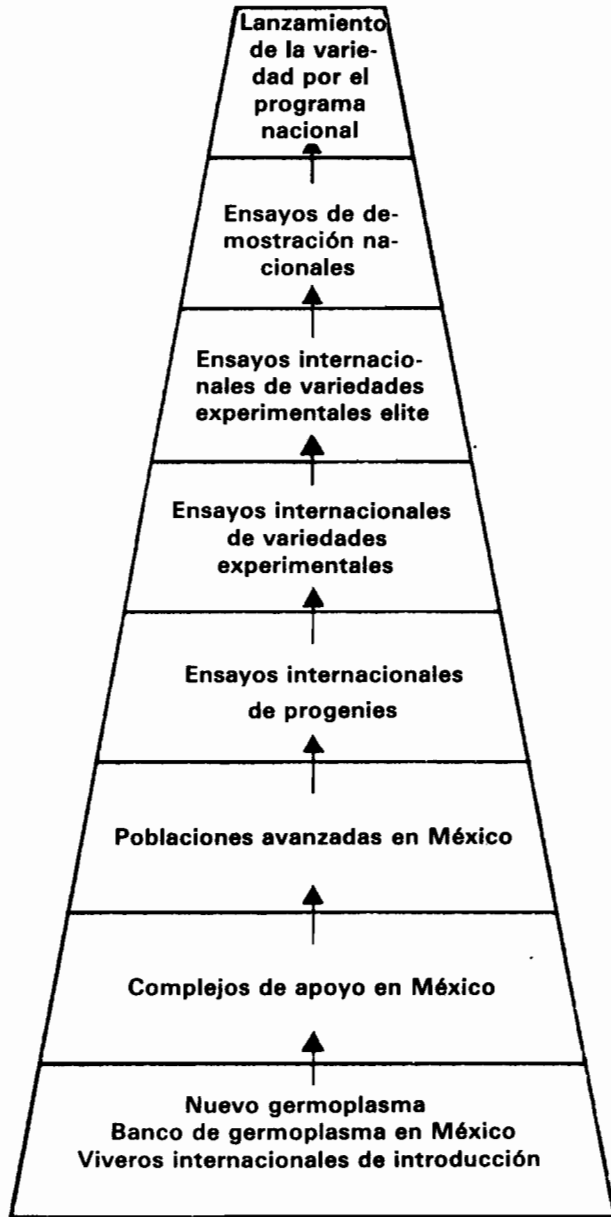
En otras palabras, los agricultores no adoptaron el paquete de producción completo. Ahora se reportan experiencias similares en países en desarrollo de Asia, África y Latinoamérica.

En consecuencia, en la segunda mitad de la década de 1950, los científicos de México comenzaron a conjuntar poblaciones de maíz genéticamente diversas —o compuestos— para suplementar el programa de híbridos. Su objetivo era el de lograr mejoramiento varietal a largo plazo y la formación y lanzamiento de variedades de polinización libre con rendimientos casi semejantes a los de los híbridos. Con tales variedades se podría guardar semilla de un ciclo a otro, sin la gran disminución de rendimiento que ocurre cuando se siembra la semilla cosechada de los híbridos.

Una de las primeras poblaciones mejoradas en México fue una mezcla de la raza Tuxpeño. En 1961 se enviaron 5 kilos de semilla a Honduras, y dicha variedad cubre ahora la mayor parte de la superficie maicera de ese país.

Al comienzo de la década de 1970, en el programa del CIMMYT se estaban mejorando muchas poblaciones, algunas de ellas excelentes, pero la mayoría eran todavía heterogéneas en sus caracteres de importancia económica, y no suficientemente estables como para que las utilizaran los agricultores. Fue en 1970 cuando el CIMMYT adquirió su

LA PIRAMIDE DEL MAIZ



Lanzamiento de variedades por el programa nacional

Con base en datos obtenidos a nivel mundial y en la respuesta de los agricultores a las demostraciones, cada programa nacional decide si hay que lanzar y recomendar la nueva variedad.

Ensayos de demostración nacionales

Los programas nacionales deciden por sí mismos si una variedad experimental elite justifica demostraciones más amplias en parcelas de agricultores. El CIMMYT suministra hasta 49 kg de semilla, y cada institución multiplica la semilla. En países extensos, los ensayos de demostración se establecen en miles de sitios.

Ensayos de variedades experimentales elite

De nuevo, a partir de la semilla de reserva, el CIMMYT envía desde México suficientes "juegos" de semilla para ensayos a unos 125 sitios en el siguiente ciclo de verano. Por primera vez, algunos de estos ensayos se establecen en terrenos de agricultores.

Ensayos internacionales de variedades experimentales

Durante el ciclo de invierno en México, los investigadores del CIMMYT inter cruzan las 10 mejores progenies de cada sitio utilizando semilla de reserva y un método de fecundación al azar, para producir una variedad experimental que será probado por colaboradores en 20-25 sitios del mundo, durante el ciclo de verano siguiente. Los datos de estos 20-25 sitios determinan las variedades experimentales elite del ciclo siguiente.

Ensayos internacionales de progenies

Las 250 progenies de cada población son enviadas a colaboradores de cinco sitios del mundo, para que se cultiven en 250 surcos de 5 m de longitud, con seis testigos locales, formando un látice de 16 x 16. En cada sitio, el colaborador identifica las mejores progenies a fin de formar una variedad experimental en el siguiente año.

Poblaciones avanzadas en México

Aquí los materiales continúan agrupándose según agroclimas, pero contrariamente a los complejos, las poblaciones han completado varias generaciones de selección con respecto a mejor tipo de planta, mejor resistencia a insectos y enfermedades, mejor rendimiento. Estas poblaciones se siembran en México, y se seleccionan 250 familias (progenies) superiores de cada población, a fin de probarlas internacionalmente una vez por año.

Complejos de apoyo en México

Aquí el germoplasma se clasifica en 34 complejos genéticos, de acuerdo con sus características agroclimáticas, tipos de grano y longitud de ciclo de crecimiento. Hay 12 complejos para los trópicos bajos, 14 complejos para las zonas altas de los trópicos, y 8 complejos para las zonas templadas. Los complejos de apoyo se siembran en México dos veces por año, usando método de selección de medios hermanos; la semilla de las familias superiores se transfiere anualmente hacia las poblaciones avanzadas.

Nuevo germoplasma

El banco de germoplasma localizado en la sede del CIMMYT contiene 12,000 colecciones (variedades, líneas, tipos silvestres) que continuamente se clasifican con respecto a diversas características.

Viveros internacionales de introducción

Consisten en materiales mejorados procedentes de otros países, que llegaron recientemente a México.

Cada año, los mejores materiales nuevos se añaden a los complejos de apoyo.

campo experimental tropical en Poza Rica, Veracruz, de manera que se estableció la base para lograr un avance rápido.

El CIMMYT dedicó varios años (1970-73) a mejorar estas poblaciones, y luego dio varios pasos decisivos conducentes al actual programa de maíz:

—Las poblaciones que se habían mejorado se clasificaron de acuerdo con las regiones agroclimáticas y los tipos de grano principales, a fin de que satisficieran las necesidades de los agricultores de las diversas regiones productoras. Donde quiera que se encontrara una brecha o hueco (una área maicera no servida aún), se iniciaba la formación de una nueva variedad.

—La prueba amplia se inició para el mejor germoplasma del CIMMYT comenzando con la gama de climas existentes en México (del nivel del mar a los 2,600 metros), y luego en las principales regiones productoras del mundo.

—Para tener la certeza de que el nuevo germoplasma superior entraba a estos ensayos, se organizaron en México 34 complejos germoplásmicos para alimentar de materiales probados y clasificados a las poblaciones avanzadas.

Finalmente, el personal del maíz del CIMMYT se reorganizó en grupos llamados "unidad avanzada" y "unidad de apoyo", que pudiesen atender adecuadamente cada uno de estos pasos.

El resto de la historia sobre la evolución del programa se relaciona con los resultados de los ensayos internacionales durante el período 1973-75, un proceso que alcanzará su climax en 1976, con la prueba de las primeras variedades experimentales elite en más de 100 sitios de todo el mundo.

Proceso para la formación de nuevas variedades

Aquí se tratará brevemente el proceso para desarrollar nuevas variedades experimentales.

La selección del CIMMYT para obtener mejor maíz se puede comparar con los pasos que sigue un país cuando selecciona su equipo nacional del fútbol para competir en un campeonato internacional.

Primero vienen las pruebas con jugadores relativamente desconocidos, a los cuales se les compara entre sí. Algunos resultan superiores y son enviados a campos de entrenamiento donde se conjuntan con jugadores ya seleccionados, bajo la observación de los entrenadores.

Luego, el conjunto de jugadores se sujeta a una serie de juegos dentro y fuera del país, y en juegos de exhibición con selecciones de otras naciones. Después de cada prueba, algunos jugadores ascienden y otros son dados de baja.

Finalmente, comienzan las pruebas a nivel internacional y después de muchos juegos, el mejor equipo se corona campeón. Mediante un proceso similar, el CIMMYT comienza sus pruebas con el germoplasma procedente del banco mundial de semillas y con pruebas de materiales mejoradas que recién ha llegado a México enviado por programas nacionales. Los pocos materiales que sobreviven a estas pruebas se transfieren a los complejos de apoyo.

Luego vienen más pruebas y más eliminación, cada vez bajo criterios más estrictos, hasta que se llega a un estadio en que se identifican las

Características agroclimáticas consideradas al clasificar los complejos génicos de maíz.

Rango de madurez	Altitud (metros)	Latitud	Temperatura (media del ciclo principal)	Días a floración	Duración del ciclo de crecimiento (días)
<i>Tierras bajas tropicales-subtropicales</i>					
precoz	0-1600	0-30° N-S	25-28°C	Hasta 50	90-100
intermedia	0-1600	0-30° N-S	25-28°C	50-60	100-110
tardía	0-1600	0-30° N-S	25-28°C	60 +	110-120
<i>Tierras altas tropicales</i>					
precoz	1600 +	0-30° N-S	15-17°C	Hasta 70	Menos de 130
intermedia	1600 +	0-30° N-S	15-17°C	70-95	130-190
tardía	1600 +	0-30° N-S	15-17°C	95-120	190-240
<i>Zonas templadas</i>					
precoz	0-1600	30-40° N-S	20-22°C	Up to 60	100-120
intermedia	0-1600	30-40° N-S	20-22°C	60-75	120-150
tardía	0-1600	30-40° N-S	20-22°C	75 +	150 +

mejores 10 familias (progenie) en una población avanzada, mediante una competencia internacional. Esta etapa es comparable con el nombramiento definitivo de los jugadores que constituirán el equipo de fútbol.

El personal del CIMMYT intercruza las 10 progenies para formar una variedad experimental homogénea, y esta variedad se prueba contra otras 100 a 150 variedades experimentales, primero en 20-25 sitios del mundo, y luego en 100 a 125 localidades. Los materiales que sobreviven en esta competencia final se comparan a los finalistas de una copa del mundo. Los gobiernos tienen la libertad de distribuir estos campeones a los agricultores.

Gráficamente, el proceso de eliminación seguido por el CIMMYT se ilustra a manera de una pirámide de 8 etapas que llevan hacia las mejores variedades experimentales elite. El proceso piramidal se repite cada año como un flujo continuo, y las variedades elite emergen de la cúspide de la pirámide en procesión anual. Actualmente, las poblaciones avanzadas pudieran generar tantas como 150 variedades experimentales por año. Estas se reducirán a no más de una docena de variedades experimentales elite en el año siguiente. Estas variedades pueden ser liberadas a los agricultores, por diferentes gobiernos, dependiendo de su comportamiento con respecto a las variedades locales.

En el transcurso del tiempo, los avances del CIMMYT se pueden medir en términos de las variedades elite de cada año en comparación con las de los años anteriores. Cada año las variedades elite deben ser mejores que sus predecesoras en cuanto a resistencia a enfermedades e insectos, rango de madurez y rendimiento.

ENSAYOS INTERNACIONALES EN 1975

En mayo-abril de 1975, el CIMMYT remitió por vía aérea 174 ensayos de variedades experimentales a colaboradores de 41 países. Al mismo tiempo desde México se envió semilla de ensayos de progenie a 138 sitios de 21 países. Para el 15 de diciembre de 1975 (fecha límite para la población de los resultados preliminares), el CIMMYT había recibido datos de un tercio de los ensayos de variedades experimentales, y casi un tercio de los colaboradores de los ensayos de progenie de 1975 había enviado sus datos o cableografiado la información correspondiente a las 10 mejores progenies. Estas selecciones se utilizan para formar las variedades experimentales para 1976.

El CIMMYT pudo publicar los resultados preliminares de los ensayos de 1975 dentro del propio año en que se cultivaron éstos. Esto permitió de los resultados preliminares de 1975.

El informe final para 1975 aparecerá a mediados de 1976 e incluirá los datos que llegaron demorados. No se espera que el informe final altere los hallazgos preliminares, pero ciertamente sí ampliará su análisis.

Ensayos internacionales de maíz - 1975 y 1974

Región y país	Ensayos de progenies 1975	Ensayos de var. expe. 1975	Ensayos de progenies 1974	Ensayos de var. exp. 1974
<i>Latinoamérica y Caribe</i>	72	109	90	37
Barbados	0	0	0	2
Belice	0	1	0	1
Costa Rica	4	4	2	2
República Dominicana	0	4	2	0
El Salvador	4	7	2	1
Guatemala	7	6	6	1
Haití	0	4	0	1
Honduras	5	4	5	2
Jamaica	0	4	0	1
México	39	24	50	6
Nicaragua	4	4	3	1
Panamá	3	4	3	3
Argentina	0	2	0	1
Bolivia	0	14	0	2
Brasil	0	6	0	5
Chile	0	1	0	0
Colombia	2	9	14	4
Ecuador	4	4	3	2
Perú	5	5	0	2
Venezuela	5	2	0	0
<i>Africa tropical</i>	20	29	11	26
Cabo verde	0	0	0	1
Etiopía	0	1	0	1
Ghana	0	3	0	2
Costa de Marfil	5	4	0	1
Kenya	0	4	1	2

continúa

La publicación del informe fue posible merced a varios factores.

- Los envíos por vía aérea llegaron a la mayoría de los colaboradores antes de su fecha normal de siembra.
- El personal del CIMMYT visitó a la mayoría de los colaboradores durante los ensayos y ayudó a "leer" los cultivos experimentales.
- Los colaboradores cablegrafiaron sus datos a México.
- El CIMMYT preprogramó los ensayos en la computadora, e insertó los datos tan pronto como llegaban.
- El informe preliminar se publicó 2 semanas después de pasada la fecha de cierre de recepción.

En 1976 puede ser posible una mayor velocidad en los ensayos internacionales, pero sí normalmente habrá algunas demoras que afecten a quizás el 50% de los ensayos, debido a diferencias en las fechas de siembras en diferentes zonas climáticas, clima anormal a nivel regional (sequía, inundaciones, heladas), y a fallas ocasionales en la entrega aérea. Los campos que producen resultados demorados siguen siendo de gran valor, porque capacitan a cada colaborador a relacionar sus observaciones con los datos a nivel mundial.

Ensayos internacionales de maíz, *continuación*

Región y país	Ensayos de	Ensayos de	Ensayos de	Ensayos de
	progenies 1975	var. expe. 1975	progenies 1974	de var. exp. 1974
Malawi	0	0	0	10
Mozambique	0	3	0	0
Nigeria	6	3	5	3
Tanzania	9	6	5	3
Zaire	0	4	0	2
Zambia	0	0	0	1
República Central Africana	0	1	0	0
<i>Mediterráneo Medio Oriente</i>	9	10	8	5
Egipto	5	4	5	2
Iran	1	2	0	3
Turquía	3	2	3	0
República Arabe de Yemen	0	1	0	0
Argelia	0	1	0	0
<i>Asia</i>	27	26	44	16
Bangladesh	0	2	0	0
India	12	5	17	5
Indonesia	0	1	2	0
Khmer	0	1	0	0
Malasia	0	0	0	1
Nepal	0	7	7	3
Pakistán	6	4	11	2
Filipinas	5	3	3	1
Tailandia	4	3	4	4
<i>Otros</i>	0	0	1	0
EUA	0	0	1	0
Total	138	174	154	84

Ensayos de variedades experimentales

Los ensayos de variedades experimentales de 1975 mostraron algunos resultados notables. Por ejemplo:

— De 53 ensayos de variedades reportadas hacia fines de 1975, 30 ensayos contuvieron variedades experimentales que superaron el rendimiento de todos los testigos locales (ordinariamente las mejores variedades locales). Las variedades experimentales también igualaron o superaron a los testigos en todos los aspectos agronómicos. El cuadro muestra algunos ejemplos.

— Los resultados de los ensayos apoyaron la estrategia consistente en que las variedades experimentales desarrolladas a partir de la progenie seleccionada en un lugar del mundo puede tener un comportamiento destacado en otras regiones. De aquí que la colaboración internacional deba acelerar el desarrollo de mejores variedades con mayor adaptación.

— Con base en los resultados de los ensayos de variedades experimentales de 1975, nueve países solicitaron al CIMMYT que desarrollase variedades experimentales elite para 1976. Parte de cada ensayo de materiales elite se cultivará en terrenos de agricultores. Normalmente, la prueba en terrenos de agricultores es una etapa preparatoria para liberar una nueva variedad.

— Alrededor de una docena de países han reorganizado sus programas de maíz para seguir el esquema de ensayos que el CIMMYT utiliza ahora, incluyendo el desarrollo de variedades

Algunos resultados de los Ensayos Internacionales de Variedades Experimentales 1975

Sitio de prueba	Ensayo No.	Variedad experimental		Rend kg/ha	Mayor testigo Rend kg/ha	% de incremento de var. exp. sobre el mejor testigo
		Nombre	Seleccionada en			
Nepal, Rampur	11	Amarillo dentado	México	4100	3700	8
Costa de Marfil, Ferkessadougou	12	Máquina 7422	Guatemala	8700	6200	41
Panamá, Ceiat	13	Tocumen 7428	Panamá	8100	6900	18
India, Nueva Delhi	13	Yusafwala 7428	Pakistán	4200	1900	117
Costa Rica, Guanacaste	14	Yusafwala 7435	Pakistán	4000	1600	151
Guatemala, Cuyuta	14	Yusafwala 7435	Pakistán	1700	1100	54
Turquía, Samsun	16	Pirsabak 7448	Pakistán	7700	6900	11
Nepal, Khumaltar	16	Pirsabak 7446	Pakistán	5700	4500	25

experimentales. Esto ha ocurrido en Zaire, India, Pakistán, Nepal, Tailandia, Egipto, Tanzania y seis países de América Central.

Este cambio de procedimientos a nivel nacional facilita las comparaciones que se harán con materiales internacionales, y en última instancia, conforme los programas nacionales más vigorosos desarrollan sus propias variedades experimentales, es más fácil pronosticar que las

Las frecuentes discusiones entre los miembros del personal del programa de maíz son parte integral del proceso de mejoramiento del maíz. De izq. a der., John Vessey, Gonzalo Granados, Surinder Vasal y Ernest Sprague.





Mario Martínez, del Servicio de Extensión Agrícola de México describe un ensayo en terrenos de agricultura, realizado en colaboración con el CIMMYT.

variedades nacionales fluirán a los programas de ensayos internacionales y que algunas serán mejores que las producidas por el CIMMYT.

La competencia beneficiará a todos los colaboradores.

Ensayos internacionales de progenies

Los informes recibidos de colaboradores que cultivaron 138 ensayos de progenie en 1975 fueron en extremo favorables. Cada colaborador recibió 250 progenies de una población avanzada, que luego probó contra las mejores variedades locales (testigos). A partir de los resultados, el colaborador escogió las 10 mejores progenies. Cada serie de las 10

mejores se esta intercruzando en México durante el invierno de 1975-76 a fin de crear variedades experimentales para 1976.

Algunas de las variedades experimentales de 1976 habrán de destacar de nuevo si sobrepasan el comportamiento de las 10 progenies a partir de las cuales se crearon cada una de ellas.

Por ejemplo, 80% de los colaboradores que sembró los ensayos de progenie en 1975 encontró que el rendimiento medio de las 10 mejores progenies era significativamente superior al de los 10 mejores testigos. La superioridad en rendimiento fue de un 10 a un 20% en la mayoría de los sitios. Este incremento se habrá de reflejar en las variedades experimentales de 1976.

Más aún, las 10 mejores progenies tuvieron plantas de porte más bajo, comparadas con los mejores testigos, en un 90% de los sitios de prueba. Las mejores progenies fueron de 10 a 80 cm más bajas en la mayoría de los sitios. El número de días entre la siembra y la floración fue más o menos igual en las mejores progenies y los mejores testigos. Las mejores progenies generalmente se acamaron menos y tubieron menos pudriciones de la mazorca y menos enfermedades foliares que los mejores testigos.

Cada uno de estos atributos superiores habrán de ser retenidos en las variedades experimentales de 1976.

FLUJO DE NUEVO GERMOPLASMA

Cada año se añade a las poblaciones avanzadas algún germoplasma de calidad superior. La unidad de apoyo es la responsable del proceso de selección. Aquí se informa de los puntos más sobresalientes de la operación de la unidad de apoyo en 1975.

- Flujo del banco** Alrededor de 40 accesos del banco de germoplasma con caracteres que se necesitaban especialmente en los complejos de apoyo se cruzaron con materiales de los complejos durante 1975. Las progenies serán observadas antes de que las mejores se incorporen a los complejos. Este proceso se repetirá cada año.
- Viveros de introducción** Cientos de materiales recién llegados a México — procedentes de diversos programas nacionales — se sembraron en viveros de observación en México durante 1975 y los mejores (5 a 10%) se transfirieron directamente a los complejos de apoyo. Se necesitan especialmente materiales que sirvan para mejorar la precocidad y la resistencia a insectos y enfermedades.
- Flujo a poblaciones avanzadas** En 1975 se probaron cuatro de 14 complejos de apoyo. De cada población se seleccionaron 250 familias superiores, las cuales se prueban con respecto a rendimiento en tres sitios de México. Las mejores familias

se utilizarán para generar nuevas poblaciones avanzadas. Este proceso se repetirá en 1976 con tres complejos para zonas templadas, que se probarán en México y en ICRISAT, en la India. Las mejores 50 a 100 familias en todos los sitios se utilizarán para generar nuevas poblaciones avanzadas para las regiones templadas.

Complejos precoces Los complejos tropicales no han sido lo suficientemente precoces como para satisfacer las necesidades de los filomejoradores del CIMMYT. Para mejorar este aspecto, estos complejos se cruzaron en 1975 con una mezcla de familias de poblaciones avanzadas que eran precoces y del mismo tipo general de grano. La mejor progenie precoz de estas cruas se seleccionará de las F₂ en 1976 y se usará para reconstituir los complejos precoces tropicales.

Complejos por zonas altas En 1976 se formarán poblaciones avanzadas de tipos de zonas altas. Las mejores 250 familias de cinco de los complejos de zonas altas se seleccionaron en 1975 y su rendimiento se probará en 1976 en dos sitios altos de México, en uno de Sudamérica y en uno de África.

BANCO DE GERMOPLASMA

El banco de germoplasma es una unidad de servicio para los investigadores. El banco colecta y almacena semilla, la regenera, la prueba y la cataloga y la envía a los usuarios.

Colección y almacenamiento Las 12,000 colecciones existentes en el banco de germoplasma del CIMMYT fueron colectadas por una dependencia de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en México a fines de la década de 1940 y principios de la década de 1950, en un proyecto financiado por la Fundación Rockefeller. Más del 90% de la colección consiste de materiales de la especie *Zea mays* L.; la colección contiene también parientes cercanos como *Zea mexicana* y *Zea perennis*, y un jardín donde se mantiene la mayor parte de los materiales conocidos de *Tripsacum*, un pariente del maíz.

El banco se mantiene en cámaras de concreto, a una temperatura de 0°C. Hay allí más de 19,000 latas etiquetadas de 2 a 4 litros de capacidad, que en total contienen 39.5 toneladas de semilla. El arreglo interno consiste de estanterías de acero, semejantes a los de las bibliotecas. Se ha registrado un inventario de todos los materiales en la computadora, de manera que fácilmente se encuentra el nombre de cada entrada, su especie, país de origen, cantidad actual de semilla y la ubicación de la lata de almacenamiento.

Se ha depositado un duplicado de la colección de semillas del CIMMYT (500 gramos por colección) para que se almacene por largo tiempo en el laboratorio de Mantenimiento de Semilla de Fort Collins, Colorado, U. S. A.

Regeneración Entre 1969 y 1976 se renovó semilla — mediante siembras — de las colecciones del banco. Más del 90% del banco consiste ahora de semilla

con menos de 7 años de antigüedad. Habrá ahora que multiplicar unas 600 colecciones puesto que la existencia de semilla ha bajado a menos de 500 gramos.

Clasificación y catalogación Más de 8,000 colecciones del banco se han documentado con respecto a características agronómicas, y 3,000 se han probado en ensayos de rendimiento con repetición. Estos datos se han conjuntado en un catálogo que se publicará posiblemente en 1976. En la preparación del catálogo, el CIMMYT colaboró con el Laboratorio Nacional de Mantenimiento de Semilla de los EUA y el Consejo Nacional para los Recursos de Genética Vegetal.

Envíos a usuarios El CIMMYT ofrece muestras gratuitas de semillas del laboratorio a todas las instituciones de investigación. De 1966 a 1975 el banco hizo 588 envíos a 80 países, lo cual representó casi 25,000 muestras de semilla. Sólo durante 1975 se hicieron 75 envíos que totalizaron 5,250 muestras. Durante el período de 1970 a 1975 se realizó trabajo de mantenimiento y clasificación en una gran cantidad de material pendiente. En los años próximos, el CIMMYT espera desempeñar su papel de responsable de la colección de maíz más grande del mundo.

PROYECTOS ESPECIALES DE INVESTIGACION EN MEXICO

Cuando el CIMMYT identifica problemas o defectos en el material genético que pudieran ser corregidos genéticamente, establece un proyecto especial. Por ejemplo, se ha reducido considerablemente la altura de todos los maíces tropicales del CIMMYT, pero todavía no se esclarece cuán bajo podría ser el maíz tropical o cuál debiera ser su porte óptimo. Por tanto, se ha iniciado un proyecto especial en una población para seleccionar con respecto a porte bajo, a fin de obtener respuesta a estas dos interrogantes. Las conclusiones serán aplicadas a todo el programa. Igualmente, los materiales resultantes del estudio pudieran servir como progenitores para reducir el porte de otros materiales de manera más rápida.

En la actualidad, el CIMMYT trabaja en cuatro proyectos especiales con respecto a porte más bajo, maduración más breve (días transcurridos de la siembra a la madurez), mayor adaptación y mayor eficiencia de la planta para los trópicos.

Menor altura de planta Por más de 12 generaciones desde 1968, el CIMMYT ha reducido la altura de algunas variedades de maíz tropical en 1.0 a 1.5 metros, para llegar a un porte aproximado al de los maíces de la faja maicera de los E. U. A. Se ha establecido ahora un proyecto especial para determinar hasta qué grado se puede proceder con el proceso sin afectar adversamente al rendimiento.

Hasta ahora, el porte más bajo ha reducido el acamado y se ha encontrado que las plantas bajas toleran mejor las densidades altas de población. Estos dos factores han añadido 2,000 kilos extra de grano por hectárea.

Madurez más precoz

Algunas de las mejores poblaciones de maíz tropical de México son lentas para madurar y no se aceptan a las rotaciones de cultivos de otras regiones productoras de maíz del mundo (por ejemplo, una rotación de arroz-arroz-maíz en un periodo de 12 meses en el Sureste de Asia). Este problema se ataca conjuntando los materiales precoces disponibles, intercruzandolos y seleccionando con respecto a madurez precoz en plantas de tipos agrónomicamente deseables.

El periodo de crecimiento en algunas poblaciones avanzadas en México se ha acortado en 7 días entre la siembra y la floración. Continúa la selección para conseguir periodos más cortos a la madurez.



De miles de mazorcas, sólo se escogerán unas cuantas para ser sembradas en el ciclo siguiente.

Adaptación más amplia Hace 8 años, un fitomejorador del CIMMYT comenzó a cruzar maíces procedentes de climas muy diferentes (por ejemplo, variedades del Norte de Canadá, de la zona ecuatorial y del sur de Argentina). Debido a las enfermedades y a la sensibilidad al fotoperíodo, las variedades de climas fríos no asemejan en los trópicos bajos y viceversa. Ahora, después de 8 ciclos de intercrucamiento, la mezcla asemeja satisfactoriamente en todos los climas. La mejor progenie de este material se puede utilizar ahora como progenitores donadores para transmitir adaptación más amplia a las poblaciones avanzadas. También se le puede usar como vehículo para transferir nuevos genes a casi cualquier lugar del mundo.

Plantas tropicales más eficientes Los investigadores del CIMMYT han descubierto que el maíz tropical produce tanto materia seca como la planta de la faja maicera. La diferencia en rendimiento de grano es causado no por el color, la humedad o la baja intensidad de la luz, sino por la ineficiencia de la planta (que dedica más energía al rastrojo que al grano).

El CIMMYT está seleccionando para cambiar tres características que distinguen a la planta tropical: porte alto, espiga baja y mucho follaje sobre la mazorca. En otras palabras, el CIMMYT selecciona para alterar la planta de maíz tropical, a fin de hacerla más eficiente.

El CIMMYT acortó el porte de la planta tropical, pero esto no incrementó su eficiencia (aunque la capacidad de la planta baja para tolerar mayores densidades de población ha aumentado el potencial de rendimiento por hectáreas).

Ahora el CIMMYT ha creado un proyecto especial para reducir el tamaño de la espiga para reducir el follaje de la parte superior de la planta. Dentro de pocos años, una planta modificada habrá de responder a la interrogante de si una menor producción de rastrojo significa mayor cantidad de grano.

El CIMMYT considera que cada proyecto especial debe suministrar herramientas útiles para la investigación en maíz dentro de un tiempo razonable, o modificarse, o abandonarse.

MEJORAMIENTO PROTEINICO

En la mayoría de los maíces, la calidad proteínica es insatisfactoria. En un cultivo de maíz comercial, la proteína varía de 9 a 11% del peso del grano, que sería adecuada para la nutrición humana si toda se pudiera utilizar. Pero la proteína del maíz es deficiente en lisina y triptofano, dos aminoácidos básicos. Debido a ello, el organismo humano puede utilizar sólo la mitad de la proteína del maíz normal. El maíz contiene típicamente un 2% de lisina, en tanto que se necesitaría un 4% para poder aprovechar toda la proteína.

Los científicos del CIMMYT y de otras instituciones han estado trabajando durante una década en el problema de la calidad proteínica del maíz.

La calidad proteínica del maíz se puede mejorar mediante la incorporación de varios genes, pero la acción génica aditiva induce efectos desfavorables que no se han resuelto del todo.

Un enfoque genotécnico es la incorporación del gene opaco-2 (cuyo nombre viene de la apariencia del grano), pero el maíz opaco-2 tiene varios defectos: el rendimiento decrece en virtud de que el maíz opaco-2 tiene un endosdermo que pesa menos que el endospermo del maíz normal; la mayoría de los consumidores de maíz son renuentes aceptar el opaco-2 como alimento debido a su apariencia y consistencia; no se ha obtenido resistencia adecuada a plagas y enfermedades en las nuevas poblaciones de maíz de alta calidad proteínica.

Desde 1969 los fitomejoradores del CIMMYT han estado seleccionando poblaciones de maíz opaco-2 con endospermo duro modificado, apariencia normal, resistencia a pudriciones de la mazorca y mayor tolerancia a las plagas de los granos almacenados. Este es un proceso lento.

Los ensayos internacionales de maíz de 1975 confirman un avance continuo y consistente; el status actual sería como sigue:

(1) El CIMMYT tiene ahora por lo menos un complejo de apoyo o una población avanzada de opaco 2 que iguala o supera el rendimiento de los mejores testigos de maíz normal en cada zona climática principal (trópico bajo, trópico de altura, zona templada).

(2) Cuando en 1975 se probaron a nivel mundial 25 variedades experimentales que portaban el gene opaco-2, su rendimiento promedió un 10% de los mejores testigos normales (es decir, sin el gene opaco-2).

Los fitomejoradores estiman que la corrección de la susceptibilidad o las pudriciones de la mazorca añadirá otro 5-10% de rendimiento a las variedades de opaco-2.

El CIMMYT ha iniciado investigaciones colaborativas en los programas de Filipinas, Nepal, Zaire, Tanzania, Ghana, Ecuador y Guatemala. Cada programa incluye proyectos para desarrollar variedades opacas de polinización libre, adecuadas para sus propias regiones agroclimáticas.

Conversión de maíz harinoso

En regiones altas, particularmente en la Zona Andina, los agricultores prefieren maíces de endospermo suave y granos grandes, a los que se denominan maíces harinosos. En 1975, el CIMMYT cruzó 21 maíces harinosos con fuentes del gene opaco-2. Puesto que los granos harinosos tienen la misma apariencia que los granos de opaco-2, se utiliza la prueba de ninhidrina (una prueba química hecha en el laboratorio) para seleccionar granos segregantes que contienen el gene mutante opaco-2.

Se forma un compuesto a partir de las cruzas de opaco-2 x harinoso 1 que se hicieron en 1974. Se desgranaron mazorcas seleccionadas de este compuesto y los granos más grandes de cada mazorca se sembraron en 1975 para obtener un segundo ciclo de recombinación. Se necesitarán más ciclos para juzgar el avance.

Conversión de Sugary-2

Los científicos de la Universidad de Purdue (EUA) han encontrado que el doble mutante sugary-2 x opaco-2 tiene varias ventajas sobre el maíz opaco-2 ordinario, por ejemplo: endospermo duro, buena digestibilidad, buen valor biológico, menos pudriciones de mazorca y menos daños por los insectos de granos almacenados. Una desventaja es el tamaño pequeño del grano, que causa menores rendimientos.

Se hicieron algunas cruzas y en 1975 se tuvieron segregados en F_2 . Este enfoque genotécnico se encuentra todavía en las etapas iniciales.

Panorama proteínico Comercialmente se ha sembrado poco maíz de calidad proteínica. Los EUA y Brasil han lanzado algunos híbridos de opaco-2, cuyo grano se utiliza principalmente para la alimentación de animales. En los Estados Unidos se cultivan menos de 200,000 ha de maíz opaco-2.

El CIMMYT considera que se logrará un avance significativo en el uso comercial del maíz de alta calidad proteínica solamente cuando una variedad que porte el gen *opaco-2* o su equivalente, exhiba rendimientos y comportamientos agronómicos que iguallen o superen los de las variedades normales; la calidad proteínica sería una bonificación extra.

RESISTENCIA A ENFERMEDADES E INSECTOS

El personal del programa de protección vegetal (patología y entomología) trabaja como parte del equipo interdisciplinario de maíz

Ensayos acompañantes Para determinar cómo reacciona cada familia de maíz a altos niveles de ataque de plagas y enfermedades, al lado de cada ensayo de poblaciones avanzadas se siembra un "ensayo acompañante", que se sujeta a varios ataques de enfermedades e insectos. El procedimiento es como sigue: la mitad de cada hilera del ensayo acompañante se expone a infestaciones naturales de insectos y la otra mitad se inocula con esporas de patógenos de las enfermedades más destructivas del maíz en México. Los investigadores del CIMMYT califican cada hilera con respecto a daño de insectos y reacción a las enfermedades. Las hileras que muestran la mayor tolerancia se retienen para obtener generaciones sucesoras. Bajo una alta presión de selección, las poblaciones de maíz habrán de aumentar gradualmente la resistencia a enfermedades e insectos comunes.

Laboratorio de cría de insectos Para identificar deliberadamente los ensayos acompañantes, se requieren millones de huevecillos de insectos. En la sede del CIMMYT se ha instalado un laboratorio de cría de insectos con capacidad para producir 500,000 masas de huevecillos por año de cuatro especies de insectos, suficientes para infestar todas las progenies de maíz que se siembran en las estaciones experimentales del CIMMYT. Las especies son: (1) gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), (2) gusano elotero (*Heliothis zea*), (3) barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*) y (4) barrenador neotropical (*Zea diatraea lineolata*). Se trata de las plagas más difundidas que afectan al maíz en México y en las zonas tropicales del Hemisferio Occidental.

El nuevo laboratorio se inauguró en 1975 y costó \$US 100,000. Tiene 12 cámaras con temperatura y humedad controladas, lo cual permite que las masas de huevecillos eclosionen en la época adecuada para infestar las parcelas experimentales de maíz.

Investigación colaborativa En extensas áreas del mundo se encuentran tres enfermedades dañinas del maíz y varias plagas destructivas que no son prevalentes en México. Las enfermedades son el mildiú polvoriento (*Sclerospora spp.*) una enfermedad fungosa que se encuentra principalmente en India y en

Indonesia y que se propaga rápidamente por todos los continentes; el virus del rayado del maíz, transmitido por un saltahoja (*Cicadulina* spp) común en África Tropical, y el achaparramiento del maíz, transmitido por una chicharrita (*Dalbulus* spp), que se encuentra en los trópicos de América Latina.

Además, hay insectos exóticos de diferentes especies del complejo africano de barrenadores del maíz y del complejo asiático de barrenadores del maíz.

Para identificar maíces con resistencia genética a estas enfermedades e insectos, el CIMMYT participa en investigaciones colaborativas con programas nacionales de regiones donde estos problemas son graves.

Por ejemplo, en 1975 el CIMMYT envió semilla de 4,000 líneas experimentales de maíz a seis localidades del mundo. Dos "juegos" fueron enviados a Tailandia y a las Filipinas para probar su resistencia al mildiú polvoriento; dos juegos a Nigeria y Tanzania, para probar su resistencia al virus del rayado del maíz, y dos juegos a Nicaragua y El Salvador, para probar su resistencia al achaparramiento. Las líneas superiores son retornadas al CIMMYT, donde se recomienda y donde se generan nuevas progenies para realizar los mismos tipos de pruebas al siguiente año.

El CIMMYT espera lograr fuerte resistencia a las tres enfermedades y combinar la resistencia en poblaciones mejoradas de maíz para las regiones tropicales.

Insectos de granos almacenados

Un científico del laboratorio de Productos Tropicales Almacenados del Reino Unido pasó dos años en el CIMMYT estudiando insectos que atacan al maíz almacenado.

Una serie de sus estudios investigó la susceptibilidad de los granos de maíz al ataque de dos plagas comunes, *Sitophilus zeamais* y *Sitotroga cerealella*, usando el procedimiento que se describe a continuación. Veinte de 35 poblaciones de maíz —que incluían maíces opaco-2 de endospermo suave— fueron calificadas con respecto a susceptibilidad a los dos insectos. Las mismas poblaciones se calificaron con respecto a varias propiedades químicas y físicas. La mejor correlación estadística se encontró en el contenido de la proteína total del grano. A mayor contenido de proteína total, menor la susceptibilidad a los insectos. Ni la dureza del grano ni el contenido de proteína del endospermo estuvieron tan bien correlacionados. Los científicos especulan que la proteína total alta pudiera estar vinculada con el nivel de algún factor desconocido que confiere resistencia al grano.

En otro estudio se desarrolló y se probó un sistema visual de calificación de las brácteas ("totomoxtle"). Una buena cobertura de brácteas es una barrera contra la infestación tanto en el campo como cuando se almacenan las mazorcas con todo y brácteas. El sistema de calificación se basó en tres elementos: lo apretado de las brácteas, la cobertura total de las brácteas, y cuánto se extendían las brácteas más allá de la punta de la mazorca. Este sistema se comparó con el sistema que se basa sólo en la extensión de las brácteas.

La prueba consistió en la calificación de las brácteas mediante ambos sistemas. Luego, cada mazorca (que todavía colgaba de la planta) fue cubierta con una bolsa que contenía 20 insectos adultos. Dos semanas



Takumi Izuno, miembro del personal del CIMMYT asignado a Pakistán, e Ivan Buddenhagen, director asistente del Instituto Internacional de Agricultura Tropical, hacen una pausa para intercambiar ideas durante una visita a los lotes experimentales de poza rica.

más tarde se cosecharon las mazorcas, se llevaron al laboratorio, y se contó el número de insectos que emergían de las brácteas.

El sistema más detallado de calificación probó ser un mejor indicador de la resistencia de la barrera de brácteas a los insectos.

FISIOLOGIA DEL MAIZ

Los estudios fisiológicos realizados durante el período 1970-75 han suministrado evidencias de que el rendimiento del maíz tropical está limitado por el número y tamaño de los granos por unidad de superficie más que por el abastecimiento de asimilados para llenar el grano. Los estudios fisiológicos también han sugerido que la dominancia de la espiga por sobre la mazorca pudiera estar relacionada con las mazorcas estériles o

con mazorcas pequeñas (es decir, con menos granos). En los períodos de crecimiento cuando los asimilados son limitantes, la planta dá prioridad a la conducción de asimilados hacia la espiga. Como resultado de ello, se pudiera reducir el número de florecillas que se forman y sobreviven en la mazorca.

Los fisiólogos creen que la reducción del tamaño de la espiga pudiera incrementar la eficiencia de la planta media en términos de rendimiento de grano. Los fisiólogos examinan en tres poblaciones avanzadas las variaciones en tamaño de la espiga y de tiempo a la antesis y liberación de polen.

En otro estudio, los investigadores buscan la relación que pudiera existir entre la eficiencia y la cantidad de follaje sobre la ubicación de la mazorca. Piensan que al reducirse el número de hojas sobre la mazorca o al reducir la anchura de las hojas, se podría aumentar la eficiencia de la planta. En estudios sobre sequía los fisiólogos comenzaron en 1975 el primer ciclo de prueba para determinar si las familias dentro de una población tienen diferentes grados de tolerancia a la sequía. Si se encuentra una prueba para detectar esa diferencia, ésta se podría utilizar con un criterio más en la selección de las mejores familias. Los fisiólogos miden la tasa de alargamiento de células en plantas de familias sembradas bajo riego (sin tensión de sequía) y en temporal (varios grados de tensión de sequía). Estas mediciones se toman de la expansión longitudinal de una hoja en crecimiento. Además, los investigadores buscan familias cuyo potencial de rendimiento bajo condiciones de temporal sea poco diferente del potencial de rendimiento bajo riego.

El CIMMYT considera que gran parte de la investigación fisiológica explicativa se puede mejor llevar a cabo en universidades y otros centros de investigación básica que en una institución de investigación aplicada como lo es el CIMMYT. Pero el CIMMYT debe continuar sus estudios fisiológicos a fin de satisfacer las urgentes necesidades relacionadas con el fitomejoramiento y poder interpretar los programas de los estudios básicos hechos en otras partes. Cuando nuevos criterios de selección sean desarrollados por otras instituciones, el CIMMYT estará listo para aplicar las nuevas herramientas en su propio trabajo.

CRUZAS AMPLIAS

La gama de germoplasma disponible en el banco de germoplasma y en los complejos y poblaciones de mejoramiento, proporciona una extraordinaria oportunidad para explorar las posibilidades de cruzar más con géneros vegetales relacionados. El programa del CIMMYT es el intento más amplio organizado para realizar cruzas "amplias" y para seleccionar la progenie con respecto a características útiles.

Los cruzamientos amplios pudieran conducir hacia fuentes adicionales de genes de caracteres del maíz, a un nuevo cultivo que combina características de maíz y de otro género, o a fuentes de genes de caracteres deseables que raramente se encuentran ahora en el maíz.

El programa de cruzas amplias está aún en pañales. Actualmente el trabajo se enfoca hacia la búsqueda de medios para romper las barreras que interfieren las cruzas intergenéricas y al mismo tiempo se orienta

hacia la identificación de materiales de maíz y de otros géneros que se pueden cruzar con éxito.

Además de maíz, el CIMMYT trabaja con otros tres géneros vegetales. En 1975 se intentaron varios miles de cruzas entre maíz y tripsacum. Tripsacum es un género que crece silvestre en varios países del Continente Americano. El CIMMYT tiene ocho especies en su vivero de tripsacum. También se intentaron algunas cruzas entre maíz y sorgo, las cuales se cosecharán en 1976. En 1975 se recibieron tres tipos de *Coix lacryma-jobi*, un pariente del maíz del viejo mundo, y se intentarán algunas cruzas en 1976.

Muchas combinaciones de maíz y tripsacum producen semilla pero cuando la semilla se siembra, las plantas F_1 son androestériles (es decir, no producen polen viable) en tanto que su fertilidad femenina es baja. Los recuentos de cromosomas hechos en las plantas F_1 mostraron que tenían un complemento completo de cromosomas de maíz pero que perdieron cromosomas de tripsacum durante las etapas iniciales del embrión del híbrido y que luego se detiene la pérdida de cromosomas. En las plantas F_1 se encuentran de 26 a 42 cromosomas.

Puesto que todas las plantas F_1 son androestériles, se les fecunda con polen de maíz. Todas estas polinizaciones fallaron, excepto en una planta que produjo tres semillas. Cuando las semillas se sembraron dos plántulas

La prueba de nidadrina permite seleccionar granos de maíz con respecto a buena calidad protéinica sin que los granos se destruyan de tal manera que se les pueda sembrar después.



murieron antes de que se pudieran contar las cromosomas. El recuento hecho en la tercera planta, que murió antes de florecer, mostró que tenía cromosomas de ambos progenitores.

Los resultados de este año establecieron que los cromosomas de *tripsacum* se pueden transferir a los maíces del CIMMYT, lo cual hace posible utilizar los caracteres deseables de *tripsacum* para mejorar el maíz. En el futuro los científicos harán cruza más numerosas entre las estirpes de maíz y de *tripsacum* que produjeron semilla en 1975, y a la vez intentarán hacer nuevas combinaciones.

ADIESTRAMIENTO EN MAIZ

El CIMMYT ofrece varios tipos de adiestramiento y experiencias a los científicos de los programas de maíz de Asia, Africa y América Latina.

- Adiestramiento en servicio: generalmente una residencia de 6 a 7 meses en México para candidatos que poseen una licenciatura (ing. agr.) en agricultura y que tengan menos de 35 años de edad.
- Programa de maestría (fase de investigación) en cooperación con universidades de México y los EUA.
- Becarios de predoctorado: 12 a 18 meses en México, donde hacen su trabajo de tesis, bajo la supervisión del CIMMYT.
- Becarios en postdoctorado: dos años de servicio como asociados del personal científico del CIMMYT.
- Científicos visitantes o residentes por períodos cortos.

Adiestramiento en servicio

El programa de adiestramiento en servicio en maíz se inició hace sólo cinco años, aunque ya 227 participantes han cursado este adiestramiento, inclusive 56 en 1975. El programa recibe unos 50 becarios por año, un cuarto de esa cifra en adiestramiento sobre metodología de investigación y el resto en adiestramiento sobre agronomía de producción.

El adiestramiento en servicio se ha estructurado de manera que los becarios desarrollen pericias sobre investigación de campo, manejo de producción y técnicas de laboratorio, que reciban experiencia en trabajo en equipo interdisciplinario y adquieren conocimientos sobre la relación entre la tecnología y el desarrollo. El participante típico es un técnico con 5 a 10 años de experiencia en una institución gubernamental después de haberse graduado. Los cursos ofrecidos en México subrayan el aprendizaje mediante la práctica y la disciplina de trabajar largas horas de trabajo al sol candente, o la humedad o bajo lluvias torrenciales.

Un rasgo de adiestramiento sobre producción es el establecimiento de ensayos agronómicos en terrenos de agricultores y la organización de demostraciones para agricultores. Este trabajo es llevado a cabo por los becarios en el Estado de Veracruz, bajo la supervisión de los coordinadores de adiestramiento del CIMMYT y del Servicio de Extensión de México. Un tipo de ensayo que se enseña a los becarios es el "diamante de maíz", que consiste de 4 parcelas: 1) la variedad del agricultor, cultivada con los métodos de producción que utiliza el agricultor, 2) la variedad del agricultor cultivada con métodos mejorados de producción, 3) una variedad mejorada cultivada con métodos de

Becarios en adiestramiento en servicio 1971 - 1975

Región y país	1975	1971-75	Región y país	1975	1971-75
<i>América Latina</i>	18	103	Nepal	4	9
Argentina	0	11	Pakistán	5	13
Belice	1	3	Filipinas	6	14
Bolivia	1	5	Tailandia	0	3
Brasil	0	3	<i>Nórafica y Medio Oriente t</i>	3	14
Colombia	0	5	Argelia	0	1
Costa Rica	0	1	Egipto	2	8
Chile	0	2	Túnez	0	1
Rep. Dominicana	0	4	Turquía	0	3
Ecuador	3	9	Rep. Arabe de Yemen	1	1
El Salvador	2	12	<i>Africa Tropical</i>	20	65
Guatemala	2	9	Camerún	0	1
Guyana	0	1	Etiopía	0	1
Haití	0	3	Ghana	3	6
Honduras	5	14	Costa de Marfil	2	4
México	3	7	Kenya	2	2
Nicaragua	1	4	Nigeria	4	12
Panamá	0	3	Tanzania	4	19
Perú	0	3	Uganda	0	1
Venezuela	0	4	Zaire	5	19
<i>Sur y Sureste de Asia</i>	15	44	<i>Otros</i>	0	1
India	0	2			
Japón	0	3	Total	56	227

producción del agricultor, y 4) una variedad mejorada cultivada con métodos mejorados de producción. Los niveles de rendimiento dentro de esta demostración bajo las condiciones del trópico bajo mexicano son de 1500 a 4000 kg/ha. La demostración ayuda a identificar los factores que limitan el rendimiento y permite a los agricultores que asisten a la demostración seleccionar su propia tecnología.

Adiestramiento en programas nacionales

A partir de 1974, el CIMMYT ofrece adiestramiento en servicio a técnicos de programas nacionales que se preparan como instructores de cursos cortos para los agrónomos de producción de sus propios países. Se han capacitado ya ocho instructores (Ecuador, 3; El Salvador, 3; Filipinas 1; Pakistán, 1).

Ocasionalmente, los instructores del CIMMYT participan en cursos de adiestramiento organizados por programas nacionales de diversos países. Durante 1975, el coordinador de adiestramiento en maíz del CIMMYT participó en cursos cortos para 90 agrónomos de producción en Pakistán y para 25 agrónomos en Tanzania. Se espera que esta participación se incremente en los próximos años.

Adiestramiento académico

Durante 1975, el programa de maíz patrocinó el adiestramiento de un candidato a maestría en México, 12 becarios predoctorales en los EUA y 12 becarios postdoctorales en la sede del CIMMYT en México.

Un rasgo destacado del adiestramiento académico en el programa interdisciplinario para candidatos a grados avanzados. Ese programa se

Alejandro Violic, supervisor de adiestramiento del CIMMYT (derecha), instruye a un becario en una lección al aire libre.



tiene ahora en marcha entre el CIMMYT y la Universidad del Estado de Kansas (al nivel de maestría) y la Universidad de Cornell (al nivel de doctorado). En una y otra universidad, seis o siete candidatos a grado —procedentes de Asia, África y América Latina— trabajan en temas relacionados como parte de su tesis de maestría o doctorado. Por ejemplo, un fitomejorador, un patólogo, un entomólogo, un agrónomo y un economista pueden estar estudiando temas relacionados y compartiendo sus resultados de sus investigaciones, pero tomando sus estudios académicos en departamentos diferentes. Estos equipos de candidatos realizan juntos su investigación de tesis en México pero reciben sus grados de la Universidad del Edo. de Kansas o de Cornell. Los candidatos proceden de nueve países (Camerún, Colombia, Honduras, Kenya, Malasia, Pakistán, Rhodesia, EUA y Zaire).

Los becarios postdoctorales en maíz en México han aumentado de cinco por año durante el período 1970-73 a 10 por año durante 1974-76, y se espera que este último número prosiga en lo que resta de la presente

década. A principios de 1976, los becarios postdoctorales en maíz procedieron de siete países (Inglaterra, 3; Alemania, 1; India, 1; Japón, 1; Holanda, 1; Nicaragua, 1; EUA, 2).

Científicos visitantes Durante 1975, el programa de maíz recibió 12 científicos visitantes y 20 residentes por períodos cortos. Los científicos visitantes son investigadores "senior" o jefes de campos experimentales que pasan de 1 a 12 meses en el CIMMYT a fin de familiarizarse con el germoplasma mundial y con los métodos de investigación del CIMMYT que pudieran usar en sus propios programas nacionales. Los visitantes por períodos cortos son funcionarios agrícolas y administradores que pasan períodos hasta de 4 semanas en el CIMMYT.

SORGO TOLERANTE AL FRÍO

En unos cuantos países, entre los que figuran Etiopía, Kenya y Uganda, los agricultores cultivan sorgos de grano que toleran temperaturas frescas o frías en mesetas altas.

El CIMMYT está transfiriendo esta tolerancia al frío a variedades de sorgo adecuadas para agricultores de regiones donde las bajas temperaturas han impedido antes el cultivo del sorgo. Tales variedades beneficiarían a agricultores de las regiones altas de América Latina. En regiones que tienen inviernos moderados, libres de heladas, el sorgo tolerante al frío podría ampliar las opciones de cultivos para los agricultores. Y en regiones donde o debido a bajas temperaturas del suelo al tiempo de la siembra, los sorgos tolerantes al frío podrían estabilizar los ingresos de los agricultores.

Una ventaja extra es la capacidad del sorgo para tolerar una sequía moderada.

En México, los fitomejoradores han realizado investigaciones sobre sorgo tolerante al frío desde 1954. Empero, fue apenas en 1973 cuando se asignó un fitomejorador de tiempo completo al programa de investigación de sorgo del CIMMYT. La investigación sobre sorgo en el CIMMYT será realizado en colaboración con el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Cultivos de Trópicos Semiáridos con sede en la India.

Germoplasma para obtener tolerancia al frío Las primeras líneas tolerantes al frío en México se pueden rastrear a tres variedades de sorgo procedentes de Sudáfrica. Estos fueron los primeros sorgos que sembraron en sitios sobre 2,000 m de altura en el Hemisferio Occidental. Desde 1973, el CIMMYT ha obtenido otras 150 líneas de regiones altas de Etiopía. De acuerdo con los ensayos realizados en El Batán, quizás tres cuartos de ellas son tolerantes al frío. Debido a que las líneas africanas son sensibles al fotoperíodo y no florecerán durante el ciclo de cultivo de los valles altos de México, los fitomejoradores del CIMMYT deben primero hacer cruzamientos para obtener progenies que sean insensibles al fotoperíodo, después de lo cual pueden probarse según su tolerancia al frío.

Genotecnía El germoplasma africano que porta tolerancia al frío es indeseablemente alto (algunas veces mide más de 4 metros) y propenso a acamarse.

Necesita también incorporación de fuentes de resistencia a insectos y enfermedades, mejor calidad proteína y otros caracteres deseables.

En los valles altos de México existen pocas enfermedades del sorgo, pero todos los sorgos del programa se evalúan en la estación experimental de Poza Rica (trópico húmedo bajo), donde son importantes los problemas causados por *Cercospora*, *Puccinia*, *Sclerospora*, *Helminthosporium* y *Diplodia*. Tanto en sorgos tolerantes como no tolerantes al frío se han identificado buenas fuentes de resistencia a las enfermedades en Poza Rica.

Los sorgos tolerantes al frío que se están desarrollando en el CIMMYT ampliarán las alternativas de cultivos para los agricultores de los valles altos.



En 1976 se enviarán selecciones tolerantes al frío del CIMMYT a la Universidad Agrícola y Mecánica de Texas (EUA), donde se seleccionaran contra antracnosis, mildiú polvoriento y carbón de la panoja.

Las líneas de sorgo se han seleccionado con respecto a resistencia a insectos contra áfidos de la hoja, mosca "midge" y gusano cogollero. En Texas se han obtenido sorgos resistentes a los áfidos y a la mosca "midge" y en México se han hecho cruzamientos.

En 1975 se hicieron en el CIMMYT más de 3,000 cruzamientos. La mayoría de los cruzamientos para obtener resistencia a enfermedades o insectos, u otros caracteres, reintroducen susceptibilidad al frío. Menos del 5% de las progenies en las primeras generaciones segregantes combinan la tolerancia al frío y las otras características deseables que se buscan.

Calidad proteínica

La proteína del sorgo normal tiene un bajo contenido de lisina (2% de la proteína, similar al maíz normal). Los fitogenetistas del CIMMYT están utilizando líneas de alta proteína de África y una mutación inducida identificada en la Universidad de Purdue (EUA) para mejorar el valor nutritivo del sorgo.

Las líneas de sorgo de África Oriental que portan genes de alta lisina son altas y sensibles al fotoperíodo y sus granos son opacos, una característica indeseable para su aceptación por los agricultores. A partir de 1974 se comenzaron a hacer cruza para obtener progenies de porte bajo, con insensibilidad al fotoperíodo, que pudiesen servir como progenitores en cruza con sorgos tolerantes al frío. En 1975, los fitomejoradores encontraron algunos granos de poblaciones segregantes F con apariencia normal (vítrea) y contenido de lisina tan alta como 3%. Estas líneas tenían también un porcentaje de proteína menor que el normal. Los fitomejoradores creen que el contenido normal de proteína puede eventualmente recuperarse a la vez que se retiene el alto contenido de lisina.

Ensayos internacionales

Se enviaron 380 series de líneas tolerantes al frío a 29 localidades del mundo para que fuesen probadas en el verano de 1975. Los ensayos suministrarán información valiosa sobre tolerancia al frío, resistencia a enfermedades e insectos y adaptación general. Las 30 líneas con mejor comportamiento se han enviado de nuevo para establecer ensayos repetidos en 1976.

El trabajo con sorgo en el CIMMYT ha registrado avances más rápidos que lo que se había anticipado, y hacia 1980 se habrá de disponer de variedades comerciales con características considerablemente mejoradas.

COOPERACION CON PROGRAMAS NACIONALES

El CIMMYT continuó su cooperación con programas nacionales mediante diversos métodos.

El personal de maíz dedicó 1,207 días-hombre en 1975 (alrededor de tres años-hombre) a consultoría con gobiernos de países productores de maíz de África, Asia y América Latina, y a discutir problemas de investigación con instituciones. Esta consultoría incluye participación en reuniones

regionales de trabajo, donde se elaboran los planes de investigación para el año siguiente, observación de los ensayos con materiales del CIMMYT sembrado por los programas nacionales, recorridos por campos de agricultores para identificar limitantes y restricciones, reuniones con funcionarios agrícolas para discutir acerca de abasto de fertilizantes, precios del maíz y otras cuestiones relacionadas con las políticas agrícolas.

Los ensayos experimentales del CIMMYT prosiguieron suministrando poblaciones avanzadas para casi todos los países productores de maíz del mundo en desarrollo.

Diez miembros del personal científico del programa de maíz estuvieron comisionados en cinco programas nacionales de investigación y producción durante 1975: Egipto, Nepal, Pakistán, Tanzania y Zaire. Guatemala será agregada a esta lista, cuando el CIMMYT asigne allí a dos científicos.

Durante 1975 gradualmente tomaron forma los arreglos para asignar personal del CIMMYT a las principales regiones productoras de maíz del mundo. Dos científicos dedicaron tiempo completo a la región de Centroamérica y el Caribe. Un programa regional de maíz para la Zona Andina, patrocinado conjuntamente por el CIMMYT y el CIAT, iniciará sus operaciones en 1976, con tres científicos del CIMMYT como residentes. En ICRISAT (cuya sede está en la India), tendrá residencia un programa regional para el Sur y el Sureste de Asia y comenzará sus operaciones en 1976. CIMMYT e IITA (Nigeria) están estructurando sus esfuerzos conjuntos para los trabajos de maíz en África Tropical.

Cada programa regional involucra un esquema similar de actividades: personal regional, ensayos regionales, reuniones regionales de trabajo, ayuda al adiestramiento dentro de programas regionales, y un informe anual de avances que ayude a estimular los esfuerzos a nivel nacional.

PANORAMA DEL MAÍZ PARA 1976-80

En una revisión interna de programas, llevada a cabo en El Batán, a fines de 1975, el personal del CIMMYT discutió sus propósitos y expectativas para el programa de maíz en el quinquenio de 1976 a 1980. Algunos miembros del personal aconsejaron no hacer predicciones. Empero, los siguientes puntos recibieron el apoyo general:

(1) Los materiales avanzados de maíz probados en las estaciones experimentales del CIMMYT en México y en programas nacionales fuera de México en términos de una menor altura de plantas, mejor resistencia a enfermedades y plagas, rango más amplio de maduración, mejor calidad proteínica y rendimientos más altos. Estas mejoras son objetivas y se pueden estimar mejor en el comportamiento anual de las variedades elite.

(2) El maíz de alta calidad proteínica logrará un uso comercial substancial hacia 1980, tanto como para consumo humano como para alimentación de animales.

(3) Para 1980, el CIMMYT distribuirá variedades experimentales adecuadas para tres zonas climáticas (trópicos bajos, zonas altas tropicales y zonas templadas), tres tipos de madurez (precoz, intermedia,

tardía), y tipos principales de granos. Esto significa que las brechas existentes en los complejos y poblaciones del CIMMYT de 1975 serán llenadas hacia 1978, y generarán variedades experimentales para 1980.

(4) Se acentuará la investigación colaborativa sobre enfermedades de maíz. En las poblaciones avanzadas se necesita una resistencia muy superior a la que se tiene actualmente a mildiú polvoriento (Asía), virus del rayado del maíz (Africa Tropical) y achaparramiento del maíz (países tropicales de América Latina). Las mejoras serán resultado de la colaboración entre sus programas nacionales y el CIMMYT.

(5) Para 1980, los programas nacionales de maíz de países situados entre 30°N y 30°S recibirán la mayor parte de su nuevo germoplasma para variedades de polinización libre a través de los ensayos de variedades experimentales del CIMMYT. Esto fue substancialmente cierto en 1975, pero la proporción se incrementará. Conforme transcurra el tiempo, muchas de las variedades mejoradas habrán de ser generadas por los programas nacionales y se pondrán a disposición de otros programas a través de los ensayos a nivel mundial.

(6) Los programas regionales de maíz del CIMMYT (Centroamérica, Zona Andina, Africa Tropical, Sur-Sureste de Asia) serán altamente operativos antes de 1980, en cooperación con otros centros. Los programas nacionales más vigorosos ayudarán a países vecinos mediante la iniciativa del personal regional del CIMMYT.

(7) Muchos gobiernos dedicarán más atención al aumento de la producción de cultivos alimenticios entre los que figurarán maíz, sorgo y cebada. En años pasados, algunos gobiernos centraron sus esfuerzos solamente en el trigo y el arroz debido a preferencias de orden nacional. Los hábitos alimentarios cambian a medida que crece la población.

(8) La red mundial de científicos que trabajan con maíz se mejorará considerablemente durante el quinquenio 1976-80, tanto en número como en capacidad.

(9) La cosecha mundial registrada de 1975 espera incrementarse merced a una carga de tecnología que no se utiliza aún; esta situación es comparable a la que prevalecía en el caso del trigo en 1962 (año en que se liberaran los primeros trigos mexicanos semienanos) y en el caso del arroz en 1965 (año en que el IRRI liberó la variedad IR-8). Durante el período 1976-80 bien podría comenzar una revolución en la producción de maíz.

(10) El CIMMYT está dispuesto a que se juzgue su programa de maíz en la segunda mitad de la década de 1970 en términos de: (a) el comportamiento de sus variedades de maíz en las estaciones experimentales, y (b) los rendimientos crecientes en los campos de los agricultores de todas las regiones en el curso de los años. Advertimos que el caso (a) puede acreditarse o culpase del todo a los científicos. En tanto que el caso (b) requiere de las acciones de apoyo de muchos gobiernos en relación a recursos canalizados hacia la agricultura y políticas agrícolas adecuadas. Sólo la combinación de una mejor tecnología y nuevas estrategias gubernamentales posibilitará a los agricultores a producir rendimientos más altos.

mejoramiento de trigo



INTRODUCCION

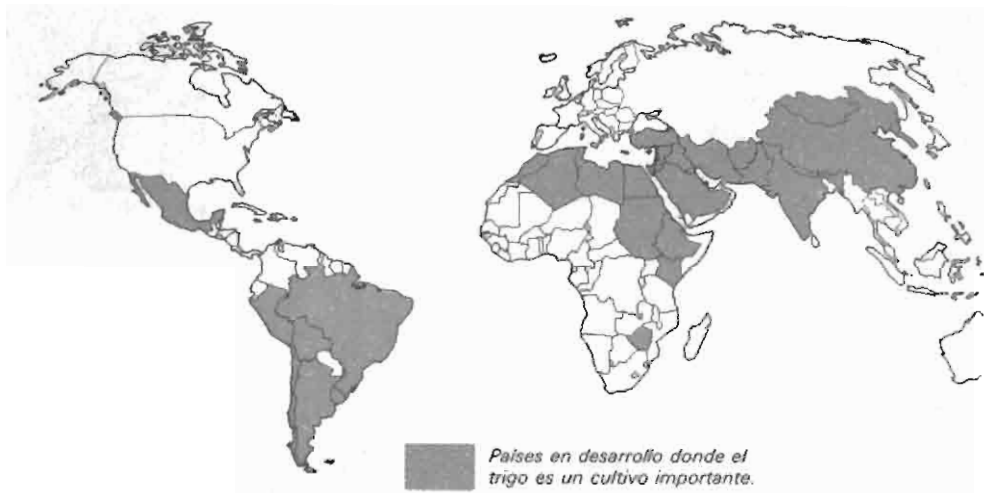
El trigo ocupa el primer lugar entre los cultivos alimenticios del mundo, en términos tanto de superficie sembrada (225 millones de ha) como de volumen de la cosecha (360 millones de toneladas):

Trigo	360 millones de ton
Arroz palay	323
Maíz	293
Cebada	171
Sorgo	47

En el comercio internacional, el trigo y la harina de trigo constituyen los artículos alimenticios más cuantiosos. En 1973, la FAO informó que la mitad de los cereales importados por las naciones deficitarias en alimentos fueron el de trigo y la harina de trigo (78 millones de toneladas, con un valor de 8,000 millones de dólares).

El centro de origen del trigo se encuentra en el Medio Oriente, cerca del punto de cruce de las fronteras de las URSS, Turquía, Iraq e Irán. La mayoría de los cereales de grano pequeño (trigo, cebada, avena centeno) fueron domesticados a esa región del mundo. Fueron llevados hacia los extremos del continente Eurasiático y más tarde, los exploradores europeos los difundieron por todos los continentes, excepto la Antártica. En la actualidad, una red de científicos de más de 100 países trabaja activamente para mejorar los cereales de grano pequeño.

Los rendimientos, altos y estables del trigo, a nivel mundial, parecen ser una base fundamental para enfocar muchos problemas humanos básicos entre los que figuran la escasez de alimentos, el ingreso de los agricultores, los costos de los alimentos básicos para los núcleos urbanos, etc.



El trigo en los países en desarrollo

El 20% de la cosecha mundial de trigo se levanta en países en desarrollo (72 millones de ton). Los países en desarrollo donde el trigo es un cultivo importante son (datos de 1974) como sigue:

<i>Asia</i>	
Afganistán	3.0 millones de ton
India	22.1
Irán	4.1
Iraq	1.3
Pakistán	7.6
Siria	1.6
Turquía	11.1
Otros	39.2
Total	90.0 millones de ton

<i>Africa</i>	
Argelia	0.9
Egipto	2.0
Etiopía	0.8
Marruecos	1.9
Túnez	0.8
Otros	2.1
Total	8.5 millones de ton

<i>América Latina</i>	
Argentina	5.6
Brasil	2.8
Chile	1.0
Otros	3.6
Total	13.0 millones de ton

Fue en los países en desarrollo donde primero apareció el término "revolución verde". Sin embargo, 10 años después de que comenzaran los cambios revolucionarios, el rendimiento medio del trigo en los países en desarrollo es de sólo 1,100 kg/ha, en tanto que en los países constituye un objeto para el mejoramiento futuro del trigo en Asia, Africa y America Latina.

Breve Historia del Programa en México.

Norman E. Borlaug llegó a México en 1944 como fitopatólogo de la Oficina de Estudios Especiales (el programa cooperativo entre la Secretaría de Agricultura de México y la Fundación Rockefeller). En aquellos días, la roya del tallo era la enfermedad más devastadora del trigo en México y causaba desastres periódicos. En esa época, México importaba la mitad del trigo que consumía. En cinco años, Borlaug y sus colegas mexicanos habían desarrollado varias nuevas variedades de trigo harinero que portaban mucho mayor resistencia a las royas que cualesquiera otros trigos vistos antes en México. Para 1956, el país había alcanzado la autosuficiencia en trigo.

Varios procedimientos poco usuales en la investigación contribuyeron a estos primeros avances:

1) Se manejaron dos ciclos de mejoramiento al año: uno durante el ciclo de invierno en el Noroeste de México, al nivel del mar y una latitud de 27°N. El otro durante el ciclo de verano en la mesa central a una latitud de 19°N y a una elevación de 2,600 metros. Esta migración del sur al norte y viceversa, aceleró el trabajo y trajo importantes efectos colaterales, eliminó la sensibilidad al fotoperíodo en los trigos experimentales y desarrolló una mayor capacidad de adaptación.

2) Borlaug dependió de toda la colección mundial de trigo del Departamento de Agricultura de los EUA (unas 26,000 colecciones). Seleccionó materiales de colección muchas veces en búsqueda de resistencia a las enfermedades y de otros caracteres; hizo miles de cruza simples, cruza dobles, retrocruza cruza triples, a fin de acumular los genes. Desarrolló así un juego de números masivo, no guiado por el microscopio del citólogo, sino por la observación de millones de plantas en el campo. Hasta la década de 1950, ningún otro programa genotécnico en la historia había hecho tal uso masivo de una colección mundial y había generado tantos cientos de miles de cruza.

3) El programa logró una alta presión de selección con respecto a resistencia a enfermedades vía epifitias naturales e inoculaciones artificiales.

4) Las parcelas experimentales se irrigaban según fuera necesario para asegurar la supervivencia de los trigos experimentales y para observar su comportamiento bajo condiciones óptimas. Pero después de la F₂ (segunda generación), los trigos se probaron bajo condiciones de riego y de temporal, a menudo en terrenos de agricultores, a fin de observar su comportamiento bajo condiciones de cultivo de los productores.

Estos métodos produjeron los primeros avances contra las royas. Los científicos se propusieron después producir variedades con tallo más fuerte para reducir el acame. El avance se obtuvo mediante el empleo de un solo gene de enanismo portado por la variedad japonesa Norin-10. Así, en cruzamientos con los materiales mexicanos, se formaron los primeros trigos semienanos liberados por México en 1962. Más tarde se agregaron otros genes que produjeron una amplia gama de trigos enanos.

Junto con la paja corta y vigorosa, vino una mayor respuesta al nitrógeno. Los antiguos trigos altos daban de ordinario 3 kilos más de grano por cada kilo de nitrógeno aplicado. Las nuevas variedades de paja corta, más eficientes, daban tanto como 10 kilos o más de ganancia en grano por cada kilo de nitrógeno, bajo un buen manejo. Esto explica varios efectos colaterales de la "revolución verde." Hubo un súbito aumento en la demanda de nitrógeno. Y algunos agricultores que disfrutaron de un mayor ingreso merced a los nuevos trigos pudieron instalar pozos profundos y otras facilidades para riego por primera vez. Hubo entonces un viraje hacia un cambio rural más amplio.

Los primeros trigos mexicanos fueron probados en América Latina en la década de 1960 a través de los programas cooperativos de la Fundación Rockefeller en Colombia, Ecuador y Chile. Se iniciaron ensayos regionales y reuniones de trabajo para los científicos de la región. Esto dió comienzo a una red de trabajo.

Para 1960, la FAO estaba ya enviando a capacitarse en México a jóvenes técnicos del Medio Oriente y la Región del Mediterráneo. Borlaug



Dos veteranos de los campos de trigo: Norman Borlaug, der., y Reyes Vega, quien probablemente ha hecho más cruzamientos que cualquier otro hombre en la historia.

y sus colegas mexicanos comenzaron sus viajes de consultoría a Asia, África y América Latina. Se establecieron más ensayos y se celebraron más reuniones regionales de trabajo. Así, un programa dedicado originalmente a México, adquirió relevancia mundial.

Al programa se agregaron nuevos cultivos. La investigación sobre triticale comenzó en México a mediados de los años sesentas. En 1968, se expandió considerablemente el trabajo sobre trigos cristalinos y en ellos se utilizaron las técnicas y genes de enanismo que tan buenos resultados habían dado a los trigos harineros. En 1972, se recontinuó el trabajo con cebada como cultivo alimenticio. El trabajo en cebada se había suspendido 10 años antes cuando el personal de trigo dedicó gran parte de su esfuerzo a la distribución y prueba de los trigos harineros enanos.

Problemas que subsisten

Aún descontando el futuro crecimiento de la población, los problemas que confronta el programa de trigo a mediados de la década de 1970, son todavía muy grandes.

1) La resistencia estable a las tres royas ha eludido todavía a los fitomejoradores. Algunos nuevos enfoques parecen prometedores.

2) Septoria, una enfermedad fungosa que causa fuertes epifitias en el Medio Oriente, Noráfrica y Sudamérica, es otro problema que aguarda un control eficaz. Líneas de trigo con buena resistencia a septoria entraron a los ensayos internacionales del CIMMYT por primera vez en 1975.

3) Hasta ahora, solamente el 35% de la superficie triguera de los países en desarrollo se siembra con variedades de alto rendimiento y con paquetes apropiados de prácticas culturales. Gran parte del 75% restante representa nichos ecológicos que carecen todavía de variedades de trigo adecuadas a sus necesidades. Algunos nichos requieren de variedades con tolerancia a temperaturas bajas o altas; algunos requieren variedades precoces; algunos otros necesitan variedades con cualidades de maduración más rápida (Argelia y áreas adyacentes), o variedades tolerantes al aluminio en el suelo (Brasil), o con mayor resistencia a las plagas y enfermedades locales. Todos estos problemas están recibiendo atención, sea en México o a través de la red de científicos colaboradores.

4) La tolerancia a la sequía es una característica que beneficiaría a un gran número de agricultores de las regiones de temporal. Desde 1972, el CIMMYT ha estado haciendo miles de cruzas entre trigos de invierno y trigos de primavera, con la esperanza de que la corona de la raíz más profunda de los tipos de invierno y su mayor tolerancia a la sequía se puedan transferir a los trigos de primavera. Las líneas avanzadas de estas cruzadas alcanzarán los ensayos internacionales de rendimiento por primera vez en 1977.

5) Actualmente los programas nacionales están distribuidos a agricultores trigos cristalinos de alto rendimiento — mucho más rendidores que los que tenían hace 7 años —, pero todavía falta mucho por hacer para lograr estabilidad de los rendimientos.

6) Las cebadas para alimentación humana han avanzado la mitad de la ruta recorrida antes por los trigo harineros.

7) Los fitomejoradores de triticales están ampliando rápidamente la base germoplásmica de ese cereal hecho por el hombre y observando la mejora consistente del tipo de planta, resistencia a las enfermedades y rendimiento. Estos científicos han sintetizado en una década gran parte del proceso de evolución que se llevó miles de años en el caso de los trigos. Ya comenzó la introducción comercial del triticales, pero sus beneficios todavía están por verse.

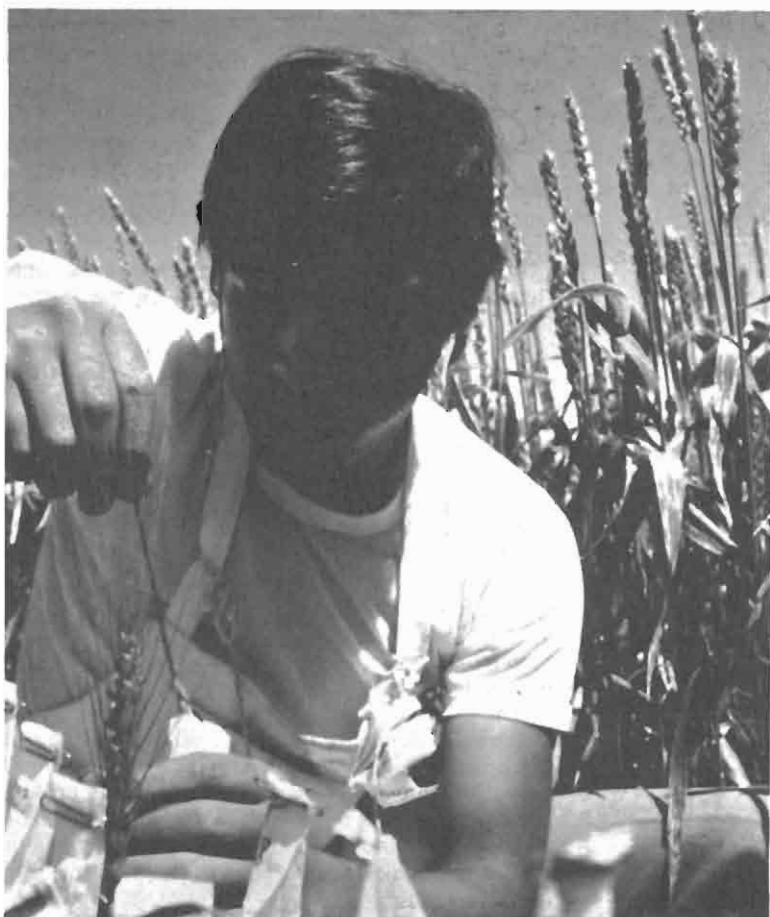
TRIGO HARINERO

Los investigadores de trigo harinero tienen como meta desarrollar variedades que produzcan altos rendimientos estables en una amplia gama de ambientes. La estabilidad requiere resistencia a las

enfermedades. La amplia adaptación requiere de insensibilidad al fotoperíodo.

A nivel mundial, las tres royas principales y septoria constituyen la mayor barrera para obtener rendimientos estables.

Las razas de roya son capaces de mutar de tal manera que una variedad de trigo con resistencia genética a las razas predominantes se tornará susceptible a una nueva raza a un período de pocos años. Una variedad de trigo harinero de alto rendimiento que porte resistencia a una o a las tres royas, no dura de ordinario de 2 a 10 años antes de que una nueva raza supere su resistencia. Los agricultores cambian entonces a otras variedades. Unas cuantas variedades han mantenido su resistencia durante décadas, pero su potencial de rendimiento es menor que el de las variedades actuales. Por ejemplo, la variedad mexicana Yaqui 50 ha sido resistente a la roya de la hoja por 25 años. Tales variedades se usan como



El sacudimiento del polen de una espiga en las florecillas de otra espiga ha acertado el tiempo necesario para hacer un cruzamiento.

progenitores en el programa de trigo harinero para introducir resistencia estable a las variedades que tienen un alto potencial de rendimiento.

Después de 10 años de su lanzamiento algunos de los trigos semienanos son todavía resistentes a la roya del tallo (por ejemplo, INIA 66). Muchas de las líneas avanzadas del CIMMYT parecen ser también resistentes en muchas localidades de todo el mundo. El nivel de resistencia a la roya del tallo en las variedades y líneas avanzadas de trigo harinero del CIMMYT parece entonces aproximarse a un tipo de resistencia horizontal. Esto se ha logrado mediante la inoculación de millones de plantas F_2 con numerosas cruza de roya del tallo a fin de eliminar plantas susceptibles, y mediante el cruzamiento de ciertas variedades resistentes y luego a través de la prueba de la progeie con respecto a resistencia a la roya en docenas de sitios de todo el mundo.

El nivel de resistencia a roya de la hoja y a la roya lineal en los trigos del CIMMYT no es comparable al de su resistencia a la roya del tallo. El CIMMYT está dando alta prioridad a aumentar la resistencia a las royas de la hoja y lineal. La mayoría de los trigos semienanos mexicanos se han tornado susceptibles a estas dos royas dentro de los tres años que siguen a su lanzamiento, con excepción de Tobarí 66. Algunas líneas en pruebas avanzadas, sin embargo, han mostrado resistencia a razas de roya de la hoja en más de 30 localidades del mundo.

En el clima fresco y húmedo de Toluca se desarrollan epifitias naturales severas durante el ciclo de verano. En el clima seco de Sonora, durante el ciclo de invierno, se hacen inoculaciones artificiales de roya del tallo y roya de la hoja. De esta manera, los trigos experimentales se sujetan dos ciclos por año a presión de selección con respecto a enfermedades.

Aparte del trabajo genotécnico convencional por resistencia, el CIMMYT utiliza otros enfoques para lograrla: las multilineas y el ataque lento de roya.

Mejoramiento y prueba en 1975

En 1975 en Obregón, Sonora, se probó el rendimiento de 1300 líneas avanzadas; las 386 mejores se seleccionaron para ser incluidas en el 9o. Ensayo Internacional de Selección de Trigos Harineros (IBWSN). Las líneas de este ensayo son de generaciones avanzadas provenientes de unas 200 cruza de un total de alrededor de 5,000 que se hicieron en 1971 a 1973. Sus rendimientos fueron de 6,500 a 9,000 kg/ha en Ciudad Obregón, bajo condiciones experimentales.

Alrededor del 30% de estas líneas portan fuerte resistencia contra septoria, una enfermedad fungosa importante en la Cuenca del Mediterráneo y en Sudamérica. Este es el primer grupo de líneas resistentes a septoria que se distribuye a través de un ensayo internacional.

Las líneas resistentes fueron seleccionadas de un vivero en Pátzcuaro, Michoacán, donde *Septoria tritici* suele presentarse en forma epifítica. Las pruebas anteriores mostraron que las líneas resistentes en Pátzcuaro probablemente sean resistentes en Túrcua y en Argelia, donde también prevalece *Septoria tritici*. Brasil tiene un complejo de *Septoria tritici* y *Septoria nodorum* más problemas de toxicidad aluminica en el suelo. Bajo tales condiciones, las líneas avanzadas mexicanas son muy insatisfactorias.

El 9º IBWSN se envió en el verano de 1975 a 150 localidades de todo el mundo para ser sembradas en el ciclo de invierno 1975-76, de manera que los datos sean retornados durante 1976.

Liberación de variedades

En 1975, la Secretaría de Agricultura de México lanzó tres nuevos trigos harineros INIA-CIMMYT. Cocoraque 75 es una línea hermana de Jupateco 73, pero es más resistente a la roya de la hoja. Salamanca 75 es un tipo de trigo suave con buena resistencia a la roya. Una corona de raíz ligeramente débil hace a Salamanca algo susceptible al acamado. Zaragoza 75 es un semienano (un solo gene de enanismo) de madurez tardía, con grano rojo, altamente resistente a la roya del tallo pero susceptible a la roya lineal. Las tres variedades son susceptibles a Septoria, pero esta enfermedad no es seria en México. En otros países, numerosos trigos harineros de origen mexicano fueron liberados en 1975. Una lista parcial sería:

Argentina - Precoz Paraná INTA, Diamante, Leones INTA
Chipre - Jaral 66 "s", Blue Silver, Mexipak
Guatemala - Maya 75
Nepal - NL 30
Pakistán - Lyallpur 73, Sandal
Paraguay - Jaral 66 "s"
Sudáfrica - Sonderend
Túnez - Carthage, Dougga
Turquía - Cumhuriyet, Sakarya (chanate 2), Jehan, Nuri 70
EUA (Estado de Colorado) - Colano

Multilíneas

Trigos harineros derivados de la cruza 8156 (una cruza mexicana hecha en 1957) se han estado cultivando en más de 13 millones de ha en los cinco continentes. Se reconoce ampliamente que el uso de una sola variedad en áreas geográficas extensas presenta un peligro potencial, puesto que una sola raza de roya podría causar una destrucción generalizada. Más aún, los estudios aerobiológicos han demostrado que una zona epifítica puede cubrir amplias superficies. No obstante, una variedad tan popular y con comportamiento tan superior podría seguir ofreciendo altos rendimientos si este peligro de enfermedades se redujera. Este es el argumento para las multilíneas.

En 1971, el CIMMYT inició un programa tendiente a diversificar la resistencia a las enfermedades en este genotipo básico. Variedades provenientes de los EUA, Canadá, Argentina, Colombia, Ecuador, Kenya, Australia, India, Rhodesia, países de Noráfrica y otras naciones, aportaron diferentes fuentes de resistencia para las tres royas y septoria.

En 1975, se produjeron 215 líneas avanzadas, las cuales se distribuyeron como el 4o. Ensayo Internacional de la Multilínea (8156) en más de 30 localidades donde esta variedad está bien adaptada.

En Toluca se sembró un juego en 1975. Las 111 líneas que sobrevivieron a la roya lineal en Toluca se probarán individualmente con respecto a rendimiento en Ciudad Obregón en 1976-76, junto con 12 diferentes compuestos multilíneales. Se espera que estos datos de rendimiento se puedan usar para formar compuestos para las condiciones de México.

Se puede informar de tres ensayos recientes de la multilínea 8156. En 1974-75 se tuvieron ensayos de rendimiento en Cd. Obregón para siete compuestos de 8156. Los rendimientos de los compuestos fueron de 7,300 a 8,000 kg/ha, en tanto que Siete Cerros (una variedad mexicana de grano blanco, derivada de 8156) se usó como testigo y rindió entre 7,500 a 8,400 kg/ha. En otro ensayo, dos de los compuestos mencionados de 8156 se probaron en 15 sitios, a nivel mundial, en 1975. Los compuestos promediaron de 4,400 a 4,500 kg/ha en tanto que Siete Cerros promedió 4,300 kg/ha en todas las localidades. Estos dos compuestos también se probaron en la estación experimental de Ciudad Obregón en 1975, usando cuatro variedades comerciales como testigos. Los compuestos rindieron 9,400 y 8,600 kg/ha; las variedades comerciales rindieron de 8,100 a 9,100 kg/ha.

Estos ensayos confirman el principio básico de la multilínea. Sin embargo, queda mucho trabajo por hacer para desarrollar multilíneas separadas para las principales regiones productoras, usando selección local de componentes para cada multilínea y multiplicando también localmente la semilla.

Variedades seleccionadas de trigo harinero de primavera formadas por CIMMYT-INIA o instituciones predecesoras, liberadas por México 1950 - 1975

Año de liberación en México	Nombre de la variedad	Año de cruce	Potencial de rendimiento a/ Kg/ha	Alt de planta a/ cm	Calificación de enfermedades en México 1975 b/			
					Roya del tallo	Roya de la hoja	Roya lineal	Septoria
1950	Yaqui 50	1945	3500	110	TMS	20MS	10MS	MR
1960	Nainari 60	1958	4000	110	10MS	5R	0	-
1962	Pitic 62	1956	5370	100	100S	60S	80S	MR
1962	Penjamo 62	1956	5870	100	50MS	0	80S	MR
1964	Sonora 64	1957	5580	85	20MS	70S	80S	S
1964	Lerma Rojo 64	1958	6000	100	30MR	80S	80S	S
1966	INIA 66	1962	7000	100	5MR	100S	80S	S
1966	Siete Cerros	1967	7000	100	TMS	20S	100S	S
1970	Yecora 70	1966	7000	80	TR	100S	100S	S
1971	Cajeme 71	1966	7000	80	TR	100S	100S	S
1971	Tanori 71	1968	7000	90	20MR	80S	60S	S
1973	Jupateco 73	1969	7000	95	TMR	TMR	60S	MR
1973	Torim 73	-	7000	75	TMR	20MS	40S	S
1975	Cocoraque 75	1969	7000	90	TR	TR	20MR	MR
1975	Salamanca 75	-	7000	90	TMR	20MS	20MS	S
1975	Zaragoza 75	-	8000	90	0	30MR	80S	S

a/ Medido en estaciones experimentales de México, con riego y esencialmente libres de enfermedades. b/ Todas las variedades fueron resistentes a las 3 royas bajo las condiciones de México al tiempo de ser lanzadas. R = resistente; S = Susceptible; 0 = sin roya; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; 20 MS = 20% de la muestra es moderadamente susceptible, es resto resistente; TMS = una traza de la muestra es moderadamente susceptible, el resto es resistente; TR = una traza de la muestra es resistente, el resto es susceptible.



Después de que Matt McMahon, agrónomo del CIMMYT (arriba, der.) da detalles acerca de un ensayo de control de malezas en terrenos de agricultores, los becarios de trigo obtienen experiencia en la identificación de malezas.



‘Enroyado’ lento La mayoría de las variedades de trigo harinero tienen resistencia de genes mayores, que es específica para la raza predominante de roya en la región pero cuando cambia la raza predominante, la resistencia conferida por el gene mayor probablemente sea inefectiva contra la nueva raza.

Variedades tales como Yaqui 50 son relativamente inafectadas por los cambios en la roya porque las plantas desarrollan pústulas cuya apariencia ordinariamente haría que un patólogo calificara a la planta como susceptible, aunque las pústulas se desarrollan más lentamente que lo normal. Debido a que hay menos pústulas productoras de esporas, la enfermedad se desarrolla más lentamente y la planta escapa de daños serios.

En 1975 los patólogos comenzaron a desarrollar métodos para medir el “enroyamiento” lento, en un intento por identificar líneas con el mayor grado de este tipo de reacción. Puesto que el enroyamiento lento resulta probablemente de los efectos aditivos de varios genes menores, las líneas de enroyamiento más lento presumiblemente portan más genes para dicha reacción que implica infección lenta. Estas líneas se podrían usar en cruces con trigos enanos de alto rendimiento que ya tengan resistencia específica a la roya. Al trabajar con roya de la hoja, los patólogos encontraron que podían identificar materiales de “enroyado” lento cuando se calificaban plantas tres veces durante el ciclo. Entre los trigos de enroyado lento, las mejores líneas se podrían identificar al protegerse algunas plantas con un fungicida y luego comparando su peso del grano con el de las plantas de la misma línea que no se protegieron con un fungicida. Las plantas en las que la enfermedad causa menor reducción del peso del grano son las de enroyado lento.

Entre los 14 materiales examinados con respecto a roya de la hoja en pruebas preliminares en 1975, Bonza 55, una variedad colombiana alta, fue la que tuvo el enroyado más lento, aún mejor que Yaqui 50, otra variedad alta. En 1976, los patólogos probarán 39 líneas, inclusive muchos trigos enanos de enroyado lento. Aunque las variedades altas como Yaqui 50 se han venido usando ya como fuentes de enroyado lento, la identificación de más y mejores variedades enanas de enroyado lento, acelerará el proceso de formar trigos enanos de alto rendimiento, adaptables, con enroyado lento. Las pruebas preliminares de 1975 indicaron que dos enanos la variedad Torim 73 y la línea avanzada Kal-Bb, tienen característica intermedia de enroyado lento, con respecto a roya de la hoja.

Trigos de invierno x trigos de primavera

Los términos tipo de primavera y tipo de invierno en los trigos harineros se refieren un tanto difusamente a las épocas del año en que estos trigos se siembran. Los tipos de invierno necesitan de un período de frío para inducir su floración. También son un tanto resistentes al frío antes de la floración. Como resultado, se les siembra en el otoño en regiones que tienen inviernos más bien fríos. Los trigos de primavera no requieren de un período frío para inducir su floración. Se les siembra en la primavera en regiones que tienen un invierno tan frío que aniquilaría a los trigos de invierno, o en el otoño en áreas con un invierno que sería muy moderado para inducir floración en los trigos de invierno.

Los trigos de primavera y los trigos de invierno se han manejado genotécnicamente como grupos separados debido a que sus

requerimientos ecológicos hace difícil su cruzamiento, y así han desarrollado diferentes características. Actualmente, los trigos de invierno son mejores que los de primavera en cuanto a su resistencia a septoria y a roya lineal y en cuanto a su tolerancia a la sequía y al frío, en tanto que los trigos de primavera son mejores en cuanto a resistencia a la roya del tallo y en lo que se refiere a calidad de panificación.

Se hizo posible el cruzamiento de campo en gran escala de trigos de primavera x trigos de invierno, cuando el CIMMYT descubrió en 1972 que ambos tipos podrían florecer simultáneamente en el campo de la estación experimental de Toluca. Debido a su altitud de 2,600 m. s. n. m., el clima es en diciembre lo suficientemente frío para inducir floración en trigos de invierno que se siembran en noviembre. El clima es también lo suficientemente cálido después de mediados de enero para permitir la siembra de trigos de primavera en los mismos lotes. Los dos grupos florecen adyacentemente en marzo y junio, lo cual permite que se realice un gran número de cruzas. En 1975, se hicieron más de 2,000 cruzas exitosas entre ambos tipos de trigo.

De estas cruzas, una porción de la semilla F_1 se envía a la Universidad del Estado de Oregon (EUA) donde los fitomejoradores seleccionan tipos de trigo de invierno que tengan características deseables transferidas por los trigos de primavera. Estos científicos hacen cruzas con otros trigos de invierno o con otras líneas de invierno x primavera, a fin de distribuirlas a través de las regiones productoras de trigo de invierno en el mundo. Alguna semilla F_1 se envía también del CIMMYT a científicos de Turquía y de la India.

Con la semilla F_1 retenida por el CIMMYT se hacen cruzas dobles o cruzas triples con trigos de primavera sembrados en Cd. Obregón y en Toluca. Los fitomejoradores seleccionan tipos de primavera que tengan características deseables transferidas de los trigos de invierno. Alrededor del 40% de la progenie se descarta el primer año debido a susceptibilidad a enfermedades o debido a una madurez excesivamente tardía. La mejor progenie remanente muestra incrementos del rendimiento, mayor resistencia a la sequía y un rango de madurez más amplio que los trigos de primavera tradicionales.

Muchos científicos de todo el mundo pueden trabajar ahora con germoplasma de invierno x primavera merced a que el CIMMYT distribuye semilla F_1 a granel de trigos de invierno x primavera a unas 100 localidades como parte de su programa de distribución de semilla F_2 .

Las cruzas hechas en el CIMMYT en 1972 alcanzan ahora la generación F_2 . Para 1977, las mejores líneas avanzadas entrarán al Ensayo Internacional de Selección de Trigos de Primavera por primera vez. Esto podría constituir un gran avance de la investigación para el mejoramiento del trigo en la década de 1970.

Ya se están usando líneas del programa de Cruzamiento de trigos harineros de invierno x trigos harineros de primavera como progenitores por parte de los fitomejoradores de triticale y de trigos cristalinos. El propósito es aumentar la variabilidad en ambos cultivos.

Distribución de F_2 De acuerdo con el programa de distribución de semilla F_2 , iniciado en 1972, el CIMMYT envía semilla de segunda generación a científicos de programas nacionales de trigo que están en posibilidad de seleccionar a

Calificación de grano de plantas individuales de generaciones segregantes.



partir de las generaciones segregantes las plantas que se comportan mejor localmente. Este programa es especialmente útil para los países que no cuentan con programas amplios de cruzamientos.

En 1975, los fitomejoradores del CIMMYT sembraron 3000 cruza en F_1 en Ciudad Obregón. Luego de descartar 2000 plantas F_1 que eran susceptibles a la roya o que tenían un tipo deficiente de planta, la progenie F_2 se clasificó para probarse bajo condiciones de temporal o de

riego. Las semillas de estas cruza F_1 que habían mostrado resistencia a roya, que involucraban progenitores que portaban resistencia a septoria y que crecieron más de 100 centímetros de estatura, se enviaron a áreas de temporal donde la resistencia a septoria es esencial además de la resistencia a la roya (por ej., Argelia, Turquía, Túnez, Argentina). La progenie de las cruza F_1 que crecieron menos de 100 cm y que tenían resistencia a la roya se enviaron a regiones con riego (por ej., Norte de India, Pakistán, Rhodesia, México). En total, 100 localidades recibieron poblaciones F_2).

Ensayo internacional de rendimiento

Cada año desde 1964, el CIMMYT conjunta un grupo de 50 variedades para formar el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigos de Primavera, que es un ensayo de rendimiento con repeticiones. En la actualidad se envía a unos 120 sitios de más de 70 países.

Este ensayo ha puesto en claro el mecanismo involucrado en la adaptación para lograr rendimiento, ha ayudado a identificar resistencia de amplia base y, lo más importante, ha suministrado a los colaboradores una amplia gama de germoplasma adecuado para lanzar en forma de variedades o para utilizarlo en los programas genotéticos.

El CIMMYT distribuye varios otros ensayos para que sean probados por los fitomejoradores de programas nacionales.

Bloque de cruzamiento y otros ensayos

El bloque de cruzamiento es un grupo de líneas y variedades de trigo cuidadosamente seleccionadas; cada una de sus entradas constituye una de las mejores fuentes del mundo para por lo menos una característica deseable. Se envió semilla de 250 entradas en 50 localidades en 1975, de tal manera que los fitomejoradores pudieran evaluarlas bajo las condiciones locales y las utilizaran en cruza si así lo deseaban. En el bloque de cruzamiento de 1975 se añadieron algunas líneas que tienen resistencia a la toxicidad aluminica, un problema serio del suelo en algunas regiones.

Dos ensayos de selección regionales son coordinadas por el CIMMYT. Uno es el Ensayo Regional de Selección por Resistencia a Enfermedades y Plagas, que sirve a los países comprendidos desde la India hasta Marruecos. El otro es el Ensayo Latinoamericano de Selección por Resistencia a Enfermedades y Plagas, que se inició en 1975. Ambos tienen como objetivo encontrar resistencia más amplia a los enfermedades en las líneas experimentales de trigo.

En la región comprendida del Mediterráneo al Medio Oriente, se cultivó un ensayo "trampa" de las variedades comerciales de trigo del Hemisferio Oriental, a fin de estimar la vulnerabilidad de las variedades comerciales a las nueva razas de roya y otras enfermedades que se diseminan a través de las fronteras internacionales.

Toxicidad aluminica

Los suelos de algunas regiones del mundo contienen niveles de aluminio que son tóxicas a la mayoría de las variedades de trigo. El problema es severo en partes del sur del Brasil. Algunas variedades altas de trigo brasileño sobreviven en suelos con alto contenido de aluminio, aunque no son de alto rendimiento. Desde 1974, el CIMMYT ha cooperado con FECOTRIGO, una institución de investigación de Brasil, mediante la siembra de semilla F_1 en Cd. Obregón de manera que se pueda hacer un

gran número de cruzas dobles con plantas F_1 del CIMMYT. En 1975, esta cooperación internacional bilateral se extendió para incluir a EMBRAPA, otra institución nacional brasileña, y ya se intento un programa más vigoroso de cruzamiento. Parte de la semilla resultante se mantendrá en el CIMMYT para seleccionarse, pero la mayor parte de la semilla se despachará a Brasil a fin de acelerar allá el programa de mejoramiento de trigo.

Trigo para el trópico húmedo

Muchos países ubicados en las zonas tropicales húmedas hacen importaciones muy substanciales de trigo y de harina de trigo. Varios países investigan su potencial para cultivar trigo en lo que llaman su "estación de invierno", el período de menor calor y menor humedad.

Para ayudar a estas regiones, el CIMMYT comenzó en 1974 a seleccionar germoplasma de trigo en su estación experimental de Poza Rica que está ubicada en el trópico bajo. Las pruebas realizadas en 1974 y 1975 mostraron que Siete Cerros, la variedad de trigo más sembrada en el mundo, es la variedad mejor adaptada agrónomicamente bajo condiciones de clima tropical húmedo, pero es susceptible a la enfermedad fungosa *Helminthosporium sativum*. Este es el principal problema patológico en Poza Rica y otras áreas tropicales. Para encontrar fuentes de resistencia se sembraron en Poza Rica en 1975, 6000 líneas de la colección mundial de trigo. Se encontró que las variedades Sturdy y Horizon tienen un cierto grado de resistencia a *Helminthosporium*. Se hicieron cruzas con muchas variedades mexicanas, y la progenie F_2 se probará de nuevo en Poza Rica.

Se necesita mucha más información sobre el comportamiento de los trigos en los trópicos húmedos, antes de que esta exploración pueda moverse a una escala comercial. Sin embargo, los resultados hasta ahora son promisorios.

TRIGO CRISTALINO

El trigo duro es cultivo alimenticio importante en las zonas que rodean al Mediterráneo, en el Medio Oriente, partes de la India, URSS, EUA, Canadá, Argentina y Chile. En los países en vías de desarrollo, el trigo cristalino se consume de ordinario como couscous, pan, chapatis, y más raramente, como macarrón y otras pastas. Para tales países, la calidad para elaborar buenos productos de pastas es no altamente importante, excepto con países que buscan exportaciones de trigo duro a Europa.

Los trigos cristalinos se "enanizaron" en México por vez primera a principios de los años sesentas mediante la cruce de trigo altos con trigos harineros enanos. En 1968, el CIMMYT expandió su trabajo en trigos cristalinos y el avance ha sido en lo que vá de los años setentas.

Desde 1968, los fitomejoradores del CIMMYT han podido producir líneas de trigo cristalino con un vasto potencial de alto rendimiento y mayor adaptación. Los mejores cristalinos igualan ahora el rendimiento de los mejores trigos harineros.

La liga del gene de enanismo con la esterilidad en los trigos cristalinos se ha debilitado, pero no se ha eliminado del todo.

Variedades de trigo cristalino liberadas en México entre 1950 y 1975

Año de liberación en México	Nombre de la variedad	Año de cruza	Rend. potencial a kg/ha	Alt. de la planta cm	Reacción a enfermedades b/				Peso hectólitrico kg/ht	Pigmento ppm
					Roya del tallo	Roya de la hoja	Roya inicial	Septoria tritici		
1941	Barrigon-Yaqui	d	4000	130	0	TS	70S	R	75	4.5
1960	Tehuacan 60	1954	4200	150	0	10MR	20MS	R	81	5.5
1965	Oviachic 65	1960	7000	90	0-40MS	30S	5MR	S	81	7.2
1967	Chapala 67	1961	7000	85	0	10MS	10MR	MS	-	4.0
1969	Jori C 69	1963	7700	85	0	TR	5MS	S	81	3.7
1971	Cocorit 71	1965	8300	85	0	5MR	5MS	MS	81	3.6
1975	Mexicali 75	1969	8600	90	0	TR	5MR	S	78	5.8

a/ medido en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO), altos niveles de fertilización, con riego, y libre de enfermedades. b/ En México, 1975. R= resistente; MR=moderadamente resistente; MS=moderadamente susceptible; S=susceptible. Las cifras antes de las letras indican porcentaje de infección. c/ Caretonoides. d/ Selección del agricultor.

Los fitomejoradores han identificado fuentes de resistencia a las enfermedades, en especial a royas y septoria. Estas fuentes se están cruzando con cristalinos enanos de alto rendimiento.

Los programas de varios países del Mediterráneo y del Cercano Oriente han liberado variedades mexicanas (o de origen mexicano) de trigos cristalinos. Entre ellos figuran:

- Argelia - Cocorit, Jori
- Chipre - Amel, Maghrebi
- Iraq - Cocorit, Jori
- Líbano - Cocorit, Jori
- Arabia Saudita - Cocorit, Jori
- Túnez - Amel, Maghrebi
- Turquía - Dicle, Gediz



Países en desarrollo donde el trigo cristalino es un cultivo importante

Mayor fertilidad Como en el caso de los trigos harineros, la incorporación del gene de enanismo Norin-10 causó alguna esterilidad en los trigos cristalinos. El desarrollo de Cocorit (1971) mostró que el ligamento entre el enanismo y la esterilidad podía romperse. En la variedad Mexicali (1975) el ligamento con la esterilidad se redujo todavía más. No obstante los trigos cristalinos tienen aún menor fertilidad que los trigos harineros. Esto significa que las espigas de trigo cristalino contienen una mayor proporción de espiguillas vacías que los trigos harineros. Los mejores cristalinos pueden igualar el peso de los mejores harineros debido a que cada grano de los cristalinos es normalmente más pesado. Si todas sus espiguillas estuvieran llenas, los trigos cristalinos superarían el rendimiento de los harineros. Un castigo extra de la tendencia de los cristalinos enanos hacia la esterilidad es que la tensión de humedad durante los períodos de sequía incrementa el número de espiguillas vacías. Los fitomejoradores están dando mayor atención a la fertilidad. En 1975, se comenzaron a probar métodos para evaluar fertilidad en generaciones tempranas.

Resistencia a las enfermedades Ninguna de las variedades cristalinas liberadas se puede considerar muy resistente a las royas ni a septoria. Se necesita resistencia especialmente en las regiones costeras húmedas.

Los ensayos internacionales de selección, en los cuales se califica un gran número de líneas principalmente con respecto a enfermedades, identifican líneas de generaciones tempranas que tienen una fuerte resistencia. Los fitomejoradores pueden usar estas líneas como fuentes de resistencia para mejorar otros materiales.

Los trigos cristalinos de los EUA se utilizan como buenas fuentes de resistencia a la roya. Los defectos de los trigos cristalinos norteamericanos son su alta estatura y su susceptibilidad a la roya lineal. Dichos trigos tienen buena calidad para la elaboración de pastas.

Aunque las líneas de trigo cristalino se seleccionan con respecto a resistencia a roya de la hoja y roya del tallo en Cd. Obregón, las razas de roya en esta localidad son más virulentas en los trigos harineros que en los cristalinos. Por tanto, también se colectan datos sobre roya en el noreste de México, donde las royas —especialmente la roya de la hoja— causan infecciones severas en los cristalinos, de tal manera que se pueden identificar cultivares resistentes. Los cristalinos se prueban igualmente junto con los harineros en Pátzcuaro, Michoacán, México, con respecto a su resistencia a septoria. En ese lugar se registran fuertes infecciones naturales. Aunque el 90% de los trigos harineros tienen resistencia adecuada allí, sólo un 10% de los cristalinos muestran buena resistencia.

Mejor potencial de rendimiento Cocorit, variedad mexicana liberada en 1971, ha sido hasta ahora el estándar para un trigo cristalino de alto rendimiento y amplia adaptación. Este trigo ha tenido tanto éxito que los agricultores de California y Arizona (EUA) han estado comprando una gran parte de la cosecha mexicana de semilla de Cocorit. Sin embargo, la línea "Stork" "S", liberada en México en 1975 bajo el nombre de Mexicali, ha establecido un nuevo estándar. En el 6° Ensayo Internacional de Selección de Trigos Cristalinos, Mexicali superó el rendimiento de Cocorit en 12 de los 28 sitios que reportaron datos, y lo igualó en otras cuatro localidades. Un

gran porción de su ventaja de rendimiento sobre Cocorit se puede atribuir al menor grado de esterilidad de Mexicali y a su grano más grande. Mexicali, tiene, además, un grano de mucho mayor calidad que Cocorit y que otras variedades mexicanas.

Sin embargo, es probable que la preeminencia de rendimiento de Mexicali sea breve. En la cosecha de 1975 en el CIANO, los fitomejoradores encontraron 47 líneas que rindieron más que Mexicali. Puesto que estas líneas incluyeron varias cruces de tipos mexicanos con cristalinos norteamericanos y chilenos, su calidad de grano y su resistencia a las enfermedades tenderán a ser buenos.

Dos exbecarios del CIMMYT, G. Gebeyehou de Etiopía (izq.) y M. Bouchoutrouch de Marruecos se encuentran en una reunión regional de trabajo celebrado en Túnez.



- Tolerancia al frío** El cultivo del trigo se extiende a elevaciones altas en países tales como Turquía, Argelia y Chile. Para estas elevaciones y para regiones productoras de cristalinos distantes del Ecuador, se necesitan dos tipos de cristalinos tolerantes al frío. En algunas áreas se necesitan tipos cristalinos de invierno verdaderos, tipos que requieren vernalización (exposición a un período frío) para inducir la floración. En otras regiones se necesitan variedades que se comportan bien bajo breves períodos de frío durante el ciclo de crecimiento.
- Los fitomejoradores del CIMMYT han conjuntado semillas de la colección de trigos cristalinos y de programas nacionales; se piensa que esos materiales portan tolerancia al frío. Se les utilizará para transferir una mayor tolerancia al frío a los trigos cristalinos de primavera.
- Los fitomejoradores también ponen más atención a los trigos harineros en los cuales el hábito de crecimiento de invierno es más pronunciado que en los cristalinos. Los genetistas usan trigos harineros de invierno y las progenies de cruza de trigos harineros de invierno x trigos harineros de primavera como progenitores. El cruzamiento de trigos harineros y trigos cristalinos, sin embargo, acarrea algunos problemas de esterilidad.
- Tolerancia a la sequía** El CIMMYT está seleccionando muchas líneas, inclusive trigos cristalinos altos, para tratar de encontrar una madurez más acelerada. Tales cristalinos deben combinar un largo período vegetativo, lo cual les permite florecer después de que pase el peligro de las heladas tardías de la primavera, con una etapa rápida de llenado del grano antes de que se registren los fuertes calores del verano. Se hacen cruzamientos con trigos cristalinos enanos de alto rendimiento y la progenie se envía a la zona de Mediterráneo para probar la madurez acelerada y medir el rendimiento.
- Como progenitores en el CIMMYT se utilizan también varios trigos cristalinos altos que tienen capacidad de resistir períodos secos cortos. Se han hecho cruzamientos con cristalinos enanos de alto rendimiento, y las poblaciones F segregantes son seleccionadas por los fitomejoradores colaboradores de varias localidades, con respecto a resistencia a la sequía, paja corta y buena calidad del grano. Las líneas seleccionadas se usan después como progenitoras en cruza subsiguientes.
- Mejor calidad del grano** Los fitomejoradores del CIMMYT califican el grano del trigo cristalino con respecto a tamaño, forma y densidad. El laboratorio de molienda y panificación califica los granos de todas las líneas con respecto a pigmentación y luego evalúa las pastas hechas con granos de líneas avanzadas.
- Un defecto de los actuales trigos cristalinos de alto rendimiento es su tendencia a tener endospermo harinoso en una porción del grano, en lugar de un endospermo completamente vítreo. La apariencia moteada de un grano con algo de endospermo harinoso suele llamarse "panza blanca". Esta característica es indeseable en el mercado. La proporción de "panza blanca" tiende a aumentar en trigos cristalinos cultivados en suelos con deficiencias de nitrógeno. Mexicali 75 tiene menos panza blanca que Cocorit, y muchas líneas avanzadas tienen todavía menos panza blanca que Mexicali.
- El pigmento (color amarillento medido por el contenido de carotenoides) es una característica deseable para las pastas. Pero un alto contenido de lipoxidasa, una enzima, puede romper los carotenoides.

Por ejemplo, las evaluaciones hechas en 1975 mostraron que la variedad Haurani, de Siria, tiene un alto contenido de pigmento en el grano (7.9 ppm) pero el color del macarrón hecho con él apenas llega a un 5 sobre una escala de 0 a 9. Una línea del CIMMYT llamada Cormorant "S" tiene un contenido moderado de pigmento, 3.5 ppm, pero el color de su macarrón llega a 7. Gediz, una variedad seleccionada y liberada en Turquía a partir de una cruce del CIMMYT, tiene un alto contenido de pigmento en el grano y al parecer un bajo contenido de lipoxidasa; tiene 6.7 ppm de pigmento y el color de su macarrón tiene una calificación de 9. Los fitomejoradores del CIMMYT están utilizando Gediz para mejorar la calidad de las líneas más nuevas. También se están usando variedades de los EUA y de Italia a fin de mejorar la calidad para la elaboración de pastas.

Cruzas de trigos cristalinos con trigos harineros Hace una década se incorporó en los trigos cristalinos el gene Norin 10 de enanismo mediante cruzamientos de trigos harineros enanos con trigos cristalinos. Ahora los fitomejoradores de cristalinos del CIMMYT están utilizando de nuevo trigos harineros para obtener ciertas características deseables que abundan más en ese tipo de trigo que en los cristalinos. Una de ellas es la resistencia a las enfermedades. En 1975, los fitomejoradores escogieron numerosos trigos de primavera por su resistencia a septoria y a las royas, e hicieron 250 cruzas con cristalinos.

La dificultad de esta técnica es que muchos trigos harineros son incompatibles con los cristalinos. La mitad de las 250 cruzas no asemillaron. Treinta de los trigos harineros progenitores se cruzaron satisfactoriamente con cristalinos pero la progenie tuvo que ser retrocruzada con cristalinos para mejorar la fertilidad.

En el germoplasma de trigos cristalinos no se encuentran a menudo tolerancia al frío y el hábito de crecimiento de invierno. Los fitomejoradores emplean la progenie F_1 de las cruzas de trigo harinero de primavera x trigo harinero de invierno para cruzarlo con cristalinos, con la esperanza de incrementar la tolerancia al frío de los trigos cristalinos.

El material más avanzado de este programa había llegado a la F_3 en 1975. Ya se están manifestando líneas con buen tipo de planta, resistencia a las enfermedades y alta fertilidad. Durante 1975 se realizaron varios cientos de cruzamientos entre trigos harineros de primavera y trigos harineros de invierno, y entre la F_1 de trigos harineros de primavera x trigos cristalinos.

Ensayos internacionales En 1975 se enviaron a un total de 47 países siete diferentes tipos de ensayos de trigos cristalinos. Los más grandes fueron el Ensayo Internacional de Selección de Trigos Cristalinos, que se remitió a 68 localidades, y el Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigos Cristalinos, que se envió a 66 localidades.

TRITICALE

Hace un siglo, un científico británico cruzó una planta de trigo con una planta de centeno; de allí produjo una planta de la progenie trigo x



Mohan Kohli, fitomejorador de triticales (der.) muestra nuevas líneas resistentes a la roya a Glenn Anderson.

centeno. Pero la planta era estéril. El primer triticales verdadero — cruce fértil de trigo x centeno — fue obtenida en Alemania a fines de la década de 1880, pero el triticales siguió siendo una curiosidad académica hasta mediados de siglo XX, cuando se desarrollaron técnicas bioquímicas que aumentaron la probabilidad de obtener plantas fértiles de triticales a partir de cruces de trigo x centeno. El mejoramiento del triticales como cultivo comenzó en Hungría hacia 1947. Pronto, esas actividades fueron seguidas por otros investigadores en Europa y Norteamérica. Cuando el CIMMYT se fundó en 1966, se continuó un proyecto cooperativo de

triticale que pocos años antes se había establecido entre la Universidad de Manitoba (Canadá) y el Programa de la Fundación Rockefeller en México.

Los primeros triticales eran altos, muy tardíos y con un alto grado de esterilidad. Desde esa época, se han mejorado considerablemente los métodos para crear nuevos triticales. Se ha cruzado un gran número de triticales entre sí y con trigos a fin de concentrar genes deseables; la mejor progenie se ha seleccionado y probado cuidadosamente. En la actualidad, los mejores triticales pueden competir en cuanto a rendimiento con los mejores trigos. Aunque no sin problemas, los triticales muestran algunas cualidades sobre otros cereales. Los triticales se aproximan al punto donde pueden constituir una seria alternativa para muchos agricultores del mundo. En tres países — Hungría, España y los EUA — existen ya siembras extensas.

Nuevos triticales primarios En los últimos años se mejoraron considerablemente las técnicas para cruzar plantas de trigo con plantas de centeno a fin de crear nuevos triticales, y la base germoplásmica disponible para los fitomejoradores se expandió mucho. Un nuevo triticale se crea al fecundar una planta de trigo con polen de una planta de centeno. Varias semanas después, el embrión se extirpa quirúrgicamente y se coloca en un medio nutritivo donde crece y se convierte en plántula. La plántula se transplanta a una maceta con suelo y en la época apropiada se remoja en el producto químico llamado colchicina para duplicar el número de cromosomas de cada célula. La extirpación del embrión de la semilla es necesario porque el endospermo de la semilla es de ordinario incapaz de sustentar la germinación y el crecimiento. Los cromosomas de la plántula deben duplicarse para permitir la división celular en los órganos reproductivos a fin de que procedan normalmente, y en consecuencia para que la planta sea fértil.

El cruzamiento de un trigo cristalino (cuatro series de cromosomas) con un centeno (dos series de cromosomas) produce un triticale hexaploide (seis series de cromosomas). El cruzamiento de un trigo harinero (seis series de cromosomas) con un centeno produce un triticale octoploide (ocho series de cromosomas). Desde 1973, el número de triticales primarios creados se han duplicado cada año.

Los triticales primarios ordinariamente se cruzan entre ellos para producir triticales secundarios, o bien se cruzan con triticales secundarios para producir otros triticales secundarios. Los triticales octoploides (de trigo harinero x centeno) son menos fértiles y menos vigorosos que los triticales hexaploides (de trigo cristalino x centeno). Empero, mediante el cruzamiento de triticales hexaploides con octoploides, una o más series de cromosomas de trigo harinero se puede transferir del triticale octoploide al hexaploide. Casi todas las líneas avanzadas de triticale son ahora hexaploides pero casi todos han sido cruzados, en alguna de sus etapas, con un triticale octoploide. Así, las mejores características de los trigos harineros se han incorporado a los triticales hexaploides.

Productos de triticale En 1968 los granos de las variedades de triticales rendían sólo el 50% de harina debido a una semilla deficientemente desarrollada, en comparación con un rendimiento de 70% de harina en los trigos harineros. En 1975, los

triticales probados en el CIMMYT tuvieron un rendimiento de 53 a 69% de harina. Se hacen pruebas de panificación con harina de triticale solo y mezclado con harina de trigos. Algunas líneas de triticale rinden harina que es mejor para panes duros ("bolillos" "pan francés") y para galletas que la de los trigos harineros. Cuando se hacen chapatis con harina de triticale, éstos se mantienen frescos por más tiempo que cuando se hacen con harina de trigo harinero.

Cruzas de triticale de invierno x triticale de primavera

El patrón climático de la estación experimental del CIMMYT en Toluca permite que los cereales con hábito de crecimiento de invierno que se siembran en noviembre florezcan en la misma época que los cereales con hábito de crecimiento de primavera que se siembran en enero. Así, se pueden hacer en gran escala en el campo cruzamientos de triticale de invierno x triticale de primavera, centeno de invierno x trigo de primavera, trigo de invierno x centeno de primavera y trigo de invierno x triticale de primavera. Puesto que los centenos de invierno se han mejorado mucho más que los centenos de primavera en los programas genotécnicos del mundo, el acceso a estos complejos germoplásmicos aumenta considerablemente la variabilidad del compuesto centeno de los nuevos triticales. Entre los beneficios de estos cruzamientos figuran una madurez más temprana y una mejor tolerancia al frío en los triticales de primavera. Al mismo tiempo, se están produciendo triticales con hábito de crecimiento de invierno. La primera prueba de los triticales de invierno se llevó a cabo en Ontario, Canadá en el invierno de 1974/75. Noventa por ciento de las siembras fueron muertas por el frío y las plantas sobrevivientes tuvieron un tipo deficiente. Pero una planta en 10 de los triticales sobrevivientes pareció tan buena como los triticales de primavera que se siembran en México. Estos serán parte de los progenitores para proseguir la mejora.

Mayor adaptación

Un defecto del germoplasma estrecho de los primeros triticales era su falta de adaptación. Es decir, cuando se probaron en muchos sitios alrededor del mundo no dieron altos rendimientos consistentemente. En el Primer Ensayo Internacional de Triticale en 1969/70 los rendimientos de las mejores variedades de triticale fueron de solamente el 75% del nivel rendido por Pitic, un trigo enano harinero de amplia adaptación. Desde esa época se han registrado avances y en el quinto ensayo (1973/74) los triticales superaron el rendimiento de los trigos testigos a nivel internacional. Por tanto, se ha observado un avance considerable en cuanto a adaptación.

Nuevos centenos progenitores

Desde 1972, los fitomejoradores del CIMMYT han conjuntado una colección mundial de centenos, que incluye 500 variedades. Además los científicos del CIMMYT han colectado en Turquía centenos nativos a fin de aumentar el germoplasma disponible para crear nuevos triticales. Un centeno enano llamado Snoopy fue empleado extensivamente para reducir el tamaño de los triticales. Además de ser enana, la progenie de Snoopy es de madurez temprana, pero tiende a ser susceptible a las enfermedades y tiene espigas pequeñas. Los fitomejoradores de CIMMYT cruzaron Snoopy con centenos altos y tardíos para obtener centenos semienanos, precoces, con espigas grandes, que ahora se usan como progenitores de los nuevos triticales.

Mejor resistencia a las enfermedades El triticale muestra buena resistencia a las enfermedades serias del trigo. Pero la mayoría de los triticales no tienen resistencia adecuada a enfermedades tales como el cornezuelo y el tizón de la espiga (*Fusarium* spp.) A fin de identificar fuentes de resistencia se enviaron ensayos de selección de triticale a 90 localidades en 1975. Estos ensayos también suministrarán información sobre enfermedades que pudieran tornarse importantes a medida que se aumenta la susceptibilidad de triticales comerciales.

El creciente número de nuevos triticales que se están creando ha aumentado mucho la variabilidad genética para resistencia a las enfermedades en los triticales.

Mejor proteína Los primeros triticales contenían un altísimo porcentaje de proteína debido a que sus granos arrugados tenían un bajo contenido de almidón. Conforme se ha mejorado el llenado de los granos del triticale, el porcentaje de proteína ha disminuído según se había predicho. Los granos de los triticales de alto rendimiento tienen ahora de 10.5 a 13.5%

En las parcelas experimentales del CIANO, Ciudad Obregón, Sonora, de der. a izq.: Willie McCuiston, exmiembro del CIMMYT y actualmente con la Universidad del Estado de Oregon, Sanjaya Rajaram, Mohan Kohli y Jesse Dubin.



de proteína, lo cual se compara con el 10 al 12% de proteína en los trigos harineros que se cultivan en los mismos campos. La calidad de la proteína se mide generalmente en términos del porcentaje de lisina, el primer aminoácido limitante. Las líneas avanzadas de triticales tenían en 1975 de 3.2 a 4.2% de lisina, en comparación de 2.3 a 3.0 en los trigos harineros. Es decir, bajo las condiciones climáticas de México, los triticales producen proteína total por lo menos 10% mayor que la de los trigos harineros, y el contenido de lisina es generalmente de 50% mayor que el de los trigos harineros.

El futuro de los triticales Los científicos del CIMMYT consideran que un cultivo como el triticales debe ganarse un lugar en los campos de los agricultores y en el mercado. El papel del CIMMYT es ver que se le pruebe ampliamente. Luego, el triticales debe cultivarse en donde muestre ventajas comerciales para la elaboración de pan, para pastoreo, para manufactura de alimentos para el ganado, o para la industria de la destilería.

CEBADA

La cebada es un alimento básico en regiones donde el ciclo de crecimiento es muy corto o donde la precipitación pluvial es inadecuada para otros cereales. La cebada es consumida por muchos habitantes de la región del Mediterráneo, Medio Oriente, India, China, Corea, la Región Andina, Europa Oriental y Norte de Europa.

Aunque se han formado numerosas variedades para malteo y para alimentación de animales, los fitomejoradores han soslayado virtualmente el desarrollo de variedades para alimentación humana. Y, sin embargo, la cebada es alimento básico para millones de seres que habitan en regiones limítrofes a los desiertos y en mesetas altas. El programa de cebada del CIMMYT comenzó en 1972, con el propósito de producir variedades adecuadas, de rendimiento estable, para la alimentación humana.

La mayoría de las cebadas que consumen los humanos son de bajo rendimiento, susceptibles a las enfermedades y de adaptación estrecha. Su comportamiento es deficiente cuando se les saca de su región nativa. Los genes de la mayoría de las variedades tienen cáscara y son útiles para elaborar cerveza o para alimentar ganado; esa cáscara debe eliminarse cuando se les utiliza para alimentación humana. Además, las cebadas utilizadas para el malteo se han formado buscando un bajo contenido de proteína, lo cual las hace un alimento insatisfactorio.

Después de 3 años de prueba, el CIMMYT ha conjuntado buenas fuentes genotécnicas de casi todos los caracteres que se desean incorporar a las variedades de cebada. Los cruzamientos han producido un gran número de líneas de cebada que combinan varias características deseables. Algunas líneas avanzadas tienen ahora un mayor potencial de rendimiento, mayor adaptabilidad y granos desnudos. Ninguna de estas líneas ha mostrado hasta ahora un nivel suficiente de resistencia a las enfermedades.

Mayor adaptación El parte, la falta de adaptación es causada por la sensibilidad a la duración del día. Las variedades sensibles florecen únicamente cuando se tienen

días de cierta duración. Si en la zona tropical se siembran cebadas de zonas templadas, pudieran florecer muy tarde o simplemente no florecen. Los fitomejoradores del CIMMYT pueden eliminar la sensibilidad a la duración del día al sembrar líneas en el invierno en un sitio ubicado a 27°N y en el verano en una localidad a 19°N. Dado que el sitio de invierno se localiza en una zona semidesértica al nivel del mar y el sitio de verano en un valle húmedo a 2,200 m. de altitud, las líneas de cebada están sujetas a diferentes medios ambientes, y sólo sobreviven las que muestran una adaptación amplia.

Mayor resistencia a las enfermedades Las epifitias severas de las dos principales enfermedades de la cebada, la roña (*Rhynchosporium secalis*) y mildiú polvoriento (*Erysiphe graminis*) durante 1975, permitieron a los fitomejoradores la identificación de progenitores con una fuerte resistencia a estas enfermedades. Benton, una variedad estadounidense, tiene resistencia notable a la roña. Cincuenta por ciento de las otras líneas se descartaron en virtud de la susceptibilidad a roña y mildiú.

Si bien una epifita severa ayuda a los fitomejoradores a identificar buenas fuentes de resistencia, muchas veces interfiere con pruebas contra otras enfermedades. El Ensayo Internacional de Observación de Cebada (IBON) suministra información sobre la resistencia de los materiales a numerosas enfermedades. El 3er. IBON que contuvo 250 líneas se envió a 42 sitios de muchos países en 1975. Puesto que los problemas de las enfermedades predominantes tienden a diferir de un sitio a otro, los resultados de IBON dan a los fitomejoradores información sobre la resistencia de cada línea a varias enfermedades de la cebada.

Granos desnudos Las variedades de grano desnudo ahorrarán a sus consumidores el trabajo de remojar la cebada para quitarle la cáscara. Mediante cruza con Godiva, una variedad de los EUA, y con otros tipos desnudos, el 40% de las líneas de generaciones tempranas tienen ahora granos desnudos. El llenado y el tamaño del grano de los tipos desnudos requieren todavía mejoras.

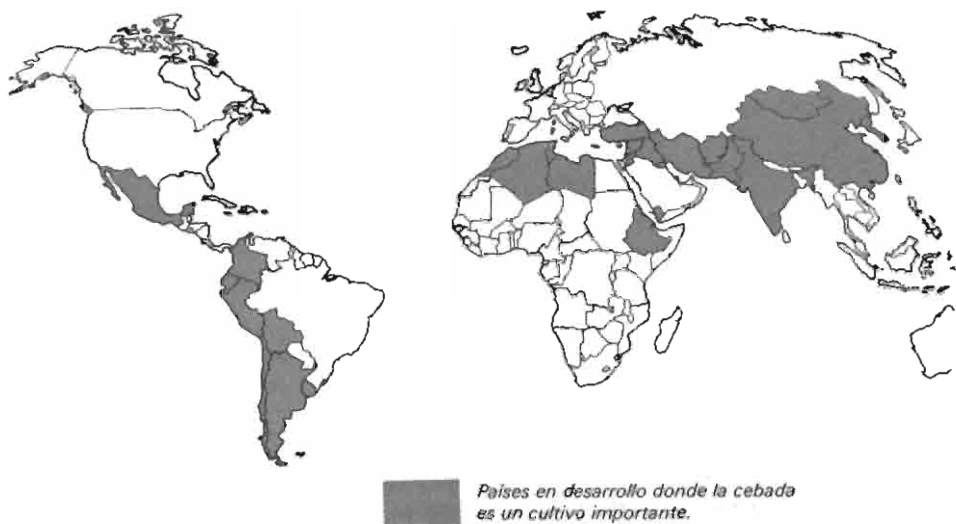
Mejor proteína Los fitomejoradores del CIMMYT tienen como objetivo simultáneo el de aumentar la calidad de la proteína de la cebada. Esto se puede lograr mediante el incremento de la cantidad de lisina, un aminoácido esencial.

Alrededor del 40% de las líneas de generaciones tempranas tienen ahora una o dos fuentes de calidad proteínica en sus progenitores. La variedad Hiproly, una de las fuentes, tiene un alto contenido de proteína y un gene de alto contenido de lisina. La otra fuente, el mutante Riso 1508, es un mutante inducido con el mismo contenido de proteína y con 15% más de lisina. Desafortunadamente ambas variedades causan grano arrugado en su progenie, y los intentos de mejorar el llenado del grano llevan hacia una disminución del contenido de lisina, especialmente en la progenie del mutante Riso 1508. Puesto que el ligamento entre el contenido de lisina y el grano arrugado es menos difícil de romper en la progenie de Hiproly, el programa ha acentuado la utilización de Hiproly como fuente de mejor proteína. Algunas progenies de cruza con Hiproly tienen hasta 3.5% de lisina — menor que el que tiene Hiproly, pero todavía arriba del contenido de la cebada normal. Para eliminar el arrugamiento, los fitomejoradores están cruzando las líneas con cebadas egipcias, que tienen granos llenos y pesados.

Prococidad En muchas regiones, la cebada es el único cereal que madura lo suficientemente rápido para producir grano en un ciclo de lluvias breve o en un verano corto libre de heladas. Super Precoz, una línea de la Unión Soviética, florece en 40 días y puede ser cosechada en 70 días en la latitud de México. Como la mayoría de las líneas precoces, tiene bajo rendimiento y otras diferencias como la tendencia a acamarse y la susceptibilidad a las enfermedades. Casi otras 100 líneas, si bien no de maduración tan precoz como Super Precoz, son de 15 a 20 días más tempranas que cualquier variedad comercial y poseen mejor resistencia a las enfermedades.

Estas líneas serán probadas con respecto a rendimiento en 1976.

Todavía no se combinan en una misma variedad de maduración temprana de alta cantidad de proteína y los granos desnudos.



Paja más fuerte Entre las razones por las cuales las cebadas tradicionales tienden a rendir poco, figura la tendencia al acamado antes de la cosecha. La mayoría de las cebadas son altas, tienen tallos débiles y estructuras radicales débiles.

Los fitomejoradores del CIMMYT cruzaron un mutante corto de la India con variedades más altas a fin de mejorar esta característica agrónoma. La progenie misma es muy corta como para usarla como variedad por parte de los agricultores, especialmente por aquellos que no usan fertilizante y no controlan las malas hierbas. La progenie corta se está usando como material progenitor para reducir la altura de otras variedades altas.

Algunas variedades de Japón y de los EUA son fuentes de tallos fuertes; las cebadas mexicanas suministran raíces vigorosas.

Las mejores plantas de cebada se arrancan y se colocan en las calles donde se vuelven a inspeccionar y a seleccionar.



Mayor potencial de rendimiento

En 1975 el programa alcanzó la etapa en la cual se pudo probar el rendimiento de las primeras líneas avanzadas de cebada. Los ensayos realizados en Cd. Obregón mostraron que bajo condiciones óptimas (riego y sin enfermedades) el 10% de las líneas de cebada igualó o excedió el rendimiento de las variedades testigo de trigos harinero y trigo cristalino. Más aún, los rendimientos de cebada se lograron con un riego menos que los necesarios para las variedades de trigo.

Veinticinco líneas de cebada que mostraron alto potencial de rendimiento en México se conjuntaron en "juegos" y se enviaron a países productores de cebada como el Primer Ensayo Internacional de Rendimiento de Cebada. Estas remisiones se hicieron en la primavera de 1975 para las siembras de otoño de ese año; los datos deberán retornar en 1976.

Nueva técnica de cruzamiento

Un cuello de botella en cualquier programa de mejoramiento de cereales es el número de cruces que se pueden hacer en el breve período de floración del cultivo. En la cebada, las florecillas se encuentran insertas profundamente lo cual hace difícil que los fitomejoradores eliminen los

órganos masculinos. Los fitomejoradores probaron una nueva técnica de emasculación en 1974 y la emplearon en gran escala en 1975. Así, cortaron la envoltura de la hoja que rodea la inflorescencia, lo cual expone las anteras y hace más fácil su eliminación. La técnica permite a los fitomejoradores hacer 800 emasculaciones al día con menos trabajadores que los que se necesitaban para hacer 300 emasculaciones por día en años anteriores. Una ventaja adicional de la técnica es que cuando se hace apropiadamente, los ovarios son más receptivos a la fecundación, de manera que se tiene mayor asemillamiento.

Ensayos internacionales

El potencial de rendimiento, resistencia a las enfermedades y comportamiento general de 25 líneas avanzadas de cebada del CIMMYT se están probando en ensayos repetidos en 32 localidades del mundo en 1975-76. Este es el primer ensayo internacional de cebada del CIMMYT.

En adición, juegos de 250 líneas de cebada se enviaron a 43 localidades como el Tercer Ensayo Internacional de Observación de Cebada. Este ensayo sin repetición suministrará registros sobre la resistencia a plagas y enfermedades de las líneas procedentes de diversos programas nacionales que se han incluido en el ensayo.

DESARROLLO DE NUEVO GERMOPLASMA

Por varios años, el CIMMYT ha estado desarrollando germoplasma no-convencional que se puede usar como progenitor donante para futuras cruces en trigos harineros y cristalinos y en triticale. El avance de este trabajo puede sugerir la naturaleza de nuevas variedades que pudieran generarse en los próximos 5 ó 10 años.

Se han refinado características especiales deseables, las cuales se han puesto en forma piramidal a fin de transferirlas subsecuentemente a líneas bien adaptadas, de alto rendimiento y resistentes a plagas y enfermedades.

Nuevas fuentes de enanismo

La mayoría de las variedades semienanas de trigo harinero obtienen sus genes de enanismo de Norin-10. Dos variedades que llegaron después al programa genotécnico, S948A1 y Tom Thumb, tienen genes de enanismo diferentes a las de Norin-10. Para 1974, el CIMMYT había producido líneas uniformes que involucraban estas nuevas fuentes de enanismo y que se sembraron en ensayos de rendimiento cosechados en 1975.

Un ensayo consistió de líneas isogénicas de CIANO F67, con los nuevos genes de enanismo. Las líneas produjeron rendimientos más altos, más tallos y más espigas por metro cuadrado que CIANO F67, y 19 progenies de 21 tuvieron más granos por espiga. La madurez fue igual. Un segundo ensayo consistió de varias líneas isogénicas de INIA 66, con los nuevos genes de enanismo. Estas líneas rindieron más que INIA 66 e igualaron el rendimiento de Jupateco 73. En un tercer ensayo, nueve líneas isogénicas de Santa Elena con enanismo de S948A1 superaron el rendimiento de Jupateco 73, Super X, Torim 73 y Yécora 70, cuatro de las variedades comerciales más rendidoras de México.

Estos ensayos mostraron que dentro de ciertos límites es posible incrementar el rendimiento de algunas de las variedades antiguas de paja

alta, mediante la reducción de la altura de la planta. Igualmente, en las variedades viejas eliminadas por problemas de altura, pudiera haber genes de rendimiento que convendría incorporar a las variedades enanas actuales.

Espigas ramificadas

En la mayoría de los trigos, las espiguillas se encuentran insertadas a lo largo de un eje central llamado raquis. En contraste, algunos trigos tienen un raquis ramificado que tiene espacio para más espiguillas. Esto a su vez significa que una espiga ramificada podría producir más granos que una espiga normal.

Desde 1970, se ha mejorado en el CIMMYT la fertilidad de los trigos ramificados y su llenado de grano, y se ha logrado un amacollamiento más vigoroso, tallos más fuertes y una mayor resistencia a las enfermedades. En 1975, una línea de la cruce del trigo harinero ramificado M. Reo x 118156 (R) 4 superó a Super X y Jupateco 73, dos variedades harineras convencionales, e igualó a las dos variedades de trigos cristalinos Stork (S) y Cocorit.

CRUZAS AMPLIAS

El avance con el triticale (centeno x trigo) ha aprontado al CIMMYT a investigar la posibilidad de crear otras cruzas "amplias" entre diferentes géneros, tales como trigo, cebada, avena y centeno.

En 1975 se tuvo éxito con varias cruzas que involucraron cebada y trigo cristalino o trigo harinero. La cebada fue fecundada con polen de trigo. Hubo asemillamiento sin el uso de un tratamiento químico. La semilla híbrida, sin embargo, fue pequeña y careció de un endospermo normal. Los embriones de la semilla, pequeños y malformados, fueron extirpados de la semilla y puestos en un medio nutritivo especial de agar. Siete de los embriones se desarrollaron en plántulas híbridas de trigo-cebada.

Los híbridos entre cebada (14 cromosomas) y cristalino (28 cromosomas) tuvieron los 21 cromosomas esperados, y los híbridos entre cebada y trigo harinero (42 cromosomas) tuvieron los 28 cromosomas esperados. Ninguno de los híbridos mostró síntomas de que los cromosomas estuvieran siendo eliminados, lo cual es un problema común en las cruzas intergenéricas.

Las plantas híbridas se parecen mucho al trigo en su hábito general de crecimiento, en la apariencia de la espiga y en la resistencia al mildiú polvoriento de la cebada. Debido a que las plantas son haploides (con cromosomas simples en lugar de pares de cromosomas), son estériles. Los citólogos planean usar colchicina para duplicar el número de cromosomas, según se hace rutinariamente con triticales haploides.

Se necesita bastante conocimiento preliminar del comportamiento cromosómico antes de que este producto se aproxime a ser un producto utilizable. El CIMMYT espera continuar su trabajo en una escala modesta, evaluar el trabajo al cabo de unos años y alentar a instituciones de investigación básica para que se dediquen a investigaciones similares.

FISIOLOGIA

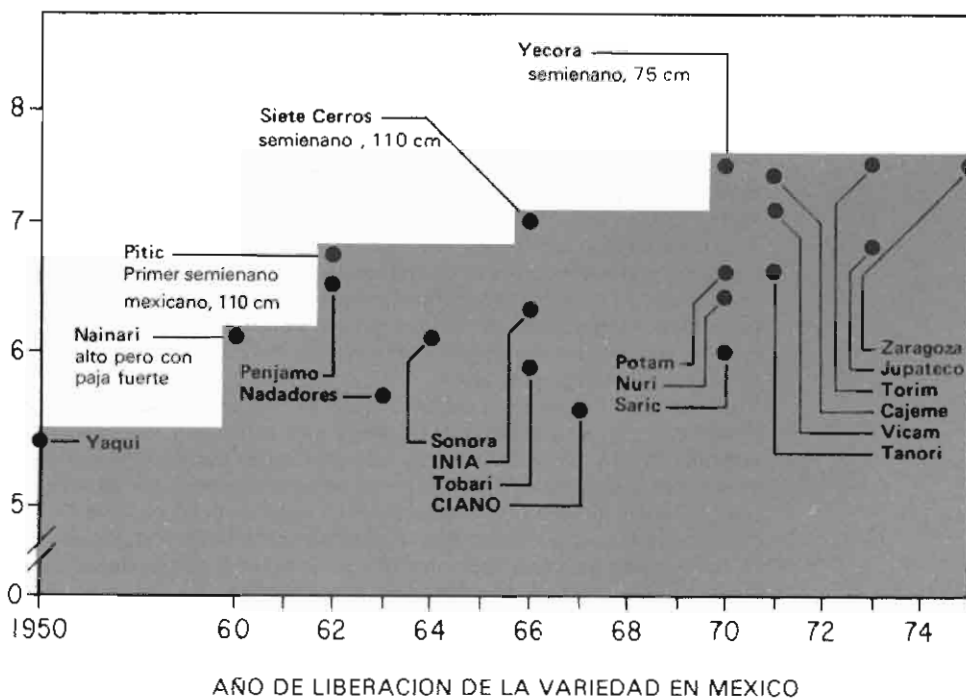
Rendimiento en ambiente óptimo En 1975 hubo en el CIANO (la estación experimental donde el CIMMYT lleva a cabo gran parte de los trabajos con trigo), un clima más frío que el normal, especialmente en abril, el cual prolongó su ciclo de crecimiento e hizo que el rendimiento experimental de varios trigos se elevara a más de 9,000 kg/ha. Por ejemplo, en ensayos de manejo óptimo, Yécora, un triple enano, rindió 9,070 kg/ha. En ensayos comparables llevados a cabo durante los cuatro años previos, Yécora rindió 6,410 a 7,950 kg/ha. Así, en ausencia de enfermedades y con abundantes abastecimientos de agua, pequeñas diferencias en la temperatura media y en la radiación solar puede hacer que los rendimientos difieran hasta en un 35%.

Ocho de 48 líneas incluídas en el ensayo de manejo óptimo rindieron más de 9,000 kg/ha. Cinco de las ocho líneas fueron trigos harineros y tres fueron trigos cristalinos.

Selección de plantas en generaciones tempranas En generaciones tempranas sólo se dispone de pocas semillas para cada cruza. Para facilitar la selección visual y para maximizar el aumento de

Superación de la barrera de rendimiento: Rendimiento medio de las variedades mexicanas bajo manejo óptimo y en ausencia de enfermedades (ensayos de fisiología, Ciudad Obregón, Sonora, México).

Rendimiento, t/ha (escala de relación)



semillas, las generaciones tempranas se siembran con espaciamentos ampliamente anormales. Si bien se pueden descartar plantas por tipos deficientes, resistencia debido a las enfermedades, etc. no se puede estimar el potencial de rendimiento sino en generaciones más tardías, cuando se dispone de suficiente semilla para ensayos repetidos.

Los fisiólogos han estado buscando un método simple para predecir el potencial de rendimiento sobre la base de una sola planta. En 1974-75, compararon docenas de genotipos en siembras espaciadas y parcelas grandes a efecto de comparar medidas tales como peso del grano, número de granos, espiguillas por espiga e índice de cosecha (proporción del peso del grano al peso de toda la planta). El índice de cosecha de plantas ampliamente separadas fue consistentemente el indicador más confiable del rendimiento de plantas normalmente separadas en parcelas grandes.

Si el índice de cosecha comprueba ser un buen predictor de rendimiento cuando se le mida en poblaciones segregantes, los fisiólogos creen que su uso podría permitir a los fitomejoradores reducir el número de líneas que se llevan a generaciones tardías donde un gran número de ellas se rechazan debido a su rendimiento inadecuado. Más aún, el uso del índice de cosecha podrá reducir las probabilidades de eliminar plantas de generaciones tempranas que pudiesen poseer un alto potencial de rendimiento.

En el árido ambiente del noroeste de México las plantas no tienen que secarse al horno para obtener una estimación razonablemente precisa del índice de cosecha. No obstante, el medir el índice de cosecha en una planta podría requerir el doble de tiempo que una mera selección visual. Todavía habrá que ver si los beneficios de utilizar el índice de cosecha supera al menor número de plantas que se pueden seleccionar en un día.

- Tamaño de la parcela** En los ensayos de rendimiento, la competencia entre diferentes genotipos en parcelas adyacentes pueden sesgar los resultados. Los fisiólogos compararon parcelas estándar de cuatro surcos, donde los cuatro fueron cosechados, con parcelas de cinco surcos donde sólo los tres surcos centrales se cosecharon después de que los extremos de la parcela se habían eliminado. Encontraron que las parcelas de cuatro surcos sesgan los rendimientos en favor de los genotipos altos. La mayor parte del sesgo es el resultado de la competencia por luz de los surcos de afuera de las parcelas adyacentes.
- Potencial de rendimiento en tres cultivos** Se compararon una variedad sobresaliente de trigo cristalino, una de trigo harinero y una de triticale bajo condiciones óptimas (con riego, bien fertilizadas, sin problemas de enfermedades) como parte de un estudio continuo para identificar las barreras que interfieren con rendimientos altos. Por primera vez, el trigo cristalino, representado por Mexicali 75, una nueva variedad, pareció ser el genotipo de mayor rendimiento y el más eficiente. Mexicali tiene un alto índice de cosecha y granos grandes. Su amacollamiento e índice de área foliar están por abajo del promedio (el índice de área foliar es la proporción del área foliar del cultivo total al área de terreno ocupado). El trigo harinero Yécora rinde casi tan bien como

Mexicali al producir muchos más granos por metro cuadrado aunque sus granos son considerablemente más ligeros.

Hojas erectas En 1975, los fisiólogos comenzaron a poner en prueba la idea de que las plantas de trigo con hojas erectas pudiera ser más fotosintéticamente eficiente que las plantas con hojas laxas normales. Los ensayos de rendimiento de poblaciones de trigo de primavera relacionadas, formadas específicamente para tener hojas con grados variables de erectividad mostraron una relación estadísticamente significativa entre alto rendimiento y hojas más erectas en algunas poblaciones, primordialmente debido a que aumentó el número de granos por metro cuadrado. Por otra parte, las hojas erectas estuvieron también asociadas con peso del grano algo bajo. En los cristalinos, las hojas erectas estuvieron asociadas con menos peso del grano, pero los granos por metro cuadrado no se incrementaron, de manera que los rendimientos disminuyeron.

Se necesitarán más estudios para determinar si estas respuestas reflejan efectos fisiológicos subyacentes de las hojas erectas, o sin son singulares con respecto a las líneas en particular usadas en estos experimentos.

Sombreado y potencial de rendimiento Los estudios con 12 trigos en 1975 confirmaron estudios anteriores, hechos previamente en una variedad, que la cantidad de luz de sol que recibe una planta es más crítica en los 30 días anteriores y posteriores a la floración. Si la radiación solar es baja (por ejemplo si el tiempo es nublado) en los 30 días anteriores a la floración, se forma un número de granos menor que el normal y se reduce el rendimiento si la radiación solar es baja en los 30 días posteriores a la floración, la reducción de tamaño del grano disminuye al rendimiento en ciclos fríos. En general, estos resultados señalan al número de granos como la clave para obtener altos rendimientos, y a la radiación solar en el mes previo a la floración como la clave para el número de granos.

Resistencia a la sequía En un ensayo que incluyó 54 trigos harineros, cristalinos, triticale y cebada, el rendimiento medio de trigos harineros semienanos y duros semienanos bajo tensión de sequía fue igual al rendimiento medio de trigos harineros altos y cebadas: alrededor de 2,500 kg/ha. En parcelas testigo (con riego adecuado) los rendimientos variaron de 5,000 kg/ha (trigos harineros altos) a 7,000 kg/ha (cristalinos semienanos). La madurez temprana de las cebadas es una ventaja bajo condiciones de sequía. En efecto, debido a que las cebadas maduran más pronto que los trigos no están expuestos a la sequía por tanto tiempo. Más aún, los rendimientos de las cebadas incluyen el peso de la cáscara, de manera que los rendimientos reales de grano de cebada son tal vez de 5 a 10% menores que los rendimientos de los trigos harineros y los cristalinos semienanos. El experimento dió evidencias de nuevo de que los trigos altos no necesariamente se comportan mejor que los trigos semienanos bajo condiciones de sequía. El rendimiento medio de los 11 semienanos de 100 a 110 cm de altura (medidas bajo condiciones de buena humedad) fue de 2,600 kg/ha, el rendimiento de los nueve enanos. 90 a 100 cm de altura, fue de 2,570 kg/ha, en tanto que el rendimiento de los ocho trigos altos (120 cm de altura en promedio) fue de 2,520 kg/ha. Bajo sequía, la

productividad inherente de los trigos de paja corta no se manifiesta del todo, de manera que sus rendimientos igualan a los de los trigos altos, aún cuando algunos trigos altos pudieran tener genes de resistencia a la sequía.

Cultivo de trigo en climas cálidos y húmedos Muchos países ubicados en los trópicos cálido-húmedos importan grandes cantidades de trigo. Varios se interesan en reducir sus importaciones cultivando trigo durante sus inviernos relativamente frescos y secos. La mayoría de los trigos no se desarrollan bien debido a desórdenes fisiológicos además de los severos problemas de enfermedades y plagas.

En 1973, los fisiólogos continuaron estudios sobre la adaptación de trigos de primavera y triticales en cuatro localidades de México, que varían de cálido-húmedos a frescos y secos. La temperatura es la principal razón fisiológica de los bajos rendimientos y los climas cálidos, pero hubo indicaciones de que si la radiación solar fuese más alta, el efecto deletéreo de la alta temperatura no sería tan grande. Varias líneas de triticales se comportaron sorprendentemente bien en la localidad cálido-húmeda.

AGRONOMIA

Ensayos en campos de agricultores en un desierto irrigado Se compararon cinco líneas de triticales con Mexicali 75, una nueva variedad de trigo cristalino, y con Jupateco 73, una variedad de trigo harinero, en cinco fincas de agricultores ubicadas dentro del Distrito de riego del Valle del Yaqui, en el Noroeste de México. Los ensayos se cultivaron utilizando las prácticas de los propios agricultores, que igualan a las de los mejores agricultores del mundo. Jupateco 73, la variedad de trigo harinero sembrada por la mayoría de los agricultores de la región, rindió 6900 kg/ha y Mexicali 75 rindió 6,800 kg/ha. Los mejores triticales fueron una línea llamada Bacum con 6,000 kg/ha y la variedad Yoreme, con 6300 kg/ha. La ligera diferencia de rendimiento de los triticales con respecto a los del trigo indica el rápido avance que se ha hecho en el mejoramiento de los triticales en menos de una década, así como la magnitud del trabajo que se tiene por delante.

En una meseta alta de temporal La cebada es el cereal de grano pequeño que tradicionalmente se cultiva en las áreas frescas y áridas cercanas a El Batán, la sede del CIMMYT ubicada en la meseta central de México. Se compararon cinco triticales con un trigo harinero y con una variedad de cebada a cinco campos de agricultores. Los ensayos fueron llevados a cabo por becarios del CIMMYT, en colaboración con el servicio de extensión agrícola de México. Varios triticales rindieron más de 4,000 kg/ha en algunas localidades lo cual refleja un buen ciclo de cultivo, la aplicación de fertilizante y el control de malas hierbas con herbicida. En cinco localidades, Cleopatra, un trigo harinero desarrollado por el INIA — la institución de investigación agrícola de México — para áreas de temporal, tuvo el mayor rendimiento promedio, 3,500 kg/ha. Bacum fue el triticales de mayor rendimiento, con 3,200 kg/ha. La variedad de cebada rindió



Un becario recibe explicaciones detalladas sobre calificación de infección de roya por parte de Santiago Fuentes (izq.), patólogo de trigo.

2,700 kg/ha. Aunque los triticales actualmente disponibles ofrecen un mejor potencial de rendimiento que la cebada, son más riesgosos en esta región debido a que madurez más larga los hace más vulnerables a las heladas tempranas.

Fuentes de nitrógeno

En dos series de ensayos realizados en Ciudad Obregón, la urea con cubierta de azufre, un fertilizante que libera lentamente al nitrógeno, no mostró ventaja. En un ensayo, los rendimientos con ese tipo de urea fueron 1,000 kg/ha menores que los obtenidos con fertilizante

Ensayos de trigos harineros, trigos cristalinos, triticales y cebada distribuidos por el programa de Ensayos Internacionales, 1975.

Pais	Trigo harinero	Crista-lino	Triti-cale	Cebada	Pais	Trigo harinero	Crista-lino	Triti-cale	Cebada
<i>Norteamérica</i>	46	16	41	3	Suiza	1	—	3	—
Canada	12	3	16	2	Yugoeslavia	7	3	3	2
EUA	34	13	25	1	<i>África</i>	102	54	60	26
<i>Latinoamérica</i>	118	46	71	30	Argelia	12	13	10	5
Argentina	22	23	13	3	Camerún	3	1	2	1
Bolivia	4	—	13	3	Chad	2	1	—	—
Brasil	24	4	13	1	Egipto	10	4	2	3
Chile	10	5	9	4	Etiopía	10	8	11	1
Colombia	2	—	2	—	Ghana	2	—	1	—
Costa Rica	1	—	1	—	Kenya	5	9	6	2
Cuba	1	—	1	—	Lesotho	1	—	1	—
Ecuador	6	2	4	4	Malagasy	1	—	—	—
Guatemala	7	—	3	1	Malawi	2	—	—	—
Guayana	1	—	—	—	Mali	1	1	—	—
Honduras	2	—	1	—	Marruecos	1	1	1	1
México	16	9	8	9	Nigeria	5	3	2	2
Nicaragua	3	—	3	—	Rhodesia	4	1	5	1
Paraguay	5	—	2	1	Senegal	2	—	2	—
Perú	9	3	7	3	Somalia	4	2	2	2
Uruguay	3	—	1	—	Sudáfrica	14	3	5	4
Venezuela	2	—	1	—	Sudán	6	—	3	—
<i>Europa</i>	55	47	64	19	Tanzania	4	—	2	—
Albania	—	3	1	—	Túnez	8	7	2	4
Austria	1	3	—	—	Uganda	1	—	—	—
Bulgaria	1	—	2	—	Zaire	2	—	1	—
Checoslovaquia	1	—	1	—	Zambia	2	—	2	—
Dinamarca	—	—	—	4	<i>Medio Oriente</i>	57	57	23	22
Inglaterra	5	1	3	2	Chipre	5	4	1	1
Finlandia	1	—	1	—	Irán	8	—	3	2
Francia	3	11	7	—	Iraq	8	7	1	3
Alemania Federal	3	1	1	2	Israel	5	3	2	—
Grecia	2	2	2	—	Jordania	4	8	4	3
Hungría	3	—	5	2	Líbano	9	9	6	4
Irlanda	1	—	1	—	Libia	2	4	1	1
Italia	1	9	—	—	Arabia Saudita	1	2	—	1
Malta	1	1	—	—	Siria	4	6	3	2
Holanda	4	1	3	1	Turquía	9	10	2	3
Noruega	—	—	1	—	Yemen del Norte	1	2	—	1
Polonia	4	5	5	—	Yemen del Sur	1	2	—	1
Portugal	1	—	2	—	<i>Este de Asia</i>				
Rumania	5	1	4	—	<i>y Oceanía</i>	133	33	79	26
Rusia	5	4	5	—	Afganistán	7	1	2	1
España	5	2	9	6	Bangladesh	6	—	4	3
Suecia	—	—	5	—	China	19	2	5	2

continúa

Ensayos de trigos harineros, trigos cristalinos, triticales y cebada distribuidos por el programa de Ensayos Internacionales, 1975 *continuación.*

Pais	Trigo harinero	Crista-lino	Triti-cale	Cebada	Pais	Trigo harinero	Crista-lino	Triti-cale	Cebada
India	41	17	35	6	Pakistán	27	9	19	7
Indonesia	1	—	—	—	Tailandia	1	1	1	—
Japón	3	—	1	1	Australia	12	1	5	1
Corea del Sur	6	—	3	4	Nueva Zelandia	2	2	—	—
Nepal	8	—	4	1	Total	511	253	339	126

convencional como sulfato de amonio y nitrato de amonio aplicado antes de la siembra. En otro ensayo en el cual se varió la época de aplicación con respecto a la siembra, los rendimientos con urea cubierta de azufre no fueron mejores que los obtenidos con otras fuentes de nitrógeno.

ENSAYOS INTERNACIONALES

En 1975, científicos colaboradores de 90 países sembraron más de 1200 ensayos de trigo, triticales y cebada distribuidos por el CIMMYT. Un ensayo consiste de una serie de líneas o variedades, a veces tantas como 300. Se envían "juegos" idénticos a científicos de numerosas localidades. Los resultados revelan la adaptabilidad de cada entrada a docenas de condiciones ecológicas diferentes así como la gama de resistencia a las enfermedades de esa entrada. La información derivada de un año de prueba en tantos sitios no podría ser igualada por décadas de prueba en una sola localidad.

El programa de ensayos internacionales ha evolucionado a partir de los ensayos cooperativos organizados en Norte y Sudamérica a fines de los años cincuentas. Cuando el programa de la Fundación Rockefeller en México recibió sus primeros becarios de otros continentes a principios de la década de los sesentas, se desarrolló la idea de establecer ensayos a nivel mundial. El principio fue el primer ensayo de rendimiento de trigos de primavera de 1964/65. Siguió otros tipos de ensayos. Anualmente se envían fuera ensayos de triticales, cristalinos, cebadas y trigos harineros. Algunos ensayos consisten de semilla F_2 , otros contienen variedades comerciales, otros contienen semilla de generaciones avanzadas. Ciertos ensayos tienen repeticiones, otros no.

Los ensayos constituyen también un mecanismo para distribuir germoplasma. Cualquier entrada en cualquier ensayo se puede usar según piense el fitomejorador local. La puede utilizar como progenitor para cruzamientos con variedades locales, o para hacer selecciones, o puede multiplicar ese material para luego distribuirlo directamente a los agricultores.

Un beneficio más de los ensayos es que propician el contacto y la cooperación entre científicos de países con diferentes condiciones socioeconómicas y credos políticos.

En 1975, 90 países recibieron ensayos. El peso total de los ensayos, enviados por vía aérea, fue de 3,500 kilos.

Número de entradas por ensayo y distribución de cada ensayo, 1975.

Ensayo	Entradas por ensayo	No. de juegos distribuidos					Este de Asia y Oceanía
		Norte América	América Latina	Europa	Africa	Medio Oriente	
<i>Trigo harinero</i>							
Bloque de cruzamiento	239	3	6	1	3	5	11
F ₂ de riego	482	1	10	2	6	8	17
F ₂ de temporal	480	4	16	3	9	3	13
F ₂ primavera x invierno	394	7	16	7	10	7	21
Ensayo Intern. de selec.	386	8	36	15	37	16	36
Ensayo Intern. de rend.	50	14	20	18	22	11	22
Multifneas	215	1	2	4	7	4	9
Ensayo Intern. de observ. de Septoria	213	7	12	5	8	2	3
F ₁	756	1	0	—	—	1	1
<i>Trigo cristalino</i>							
Bloque de cruzamiento	128	1	3	1	1	6	4
F ₂ de riego	89	2	10	9	8	11	4
F ₂ de temporal	76	2	4	6	7	15	3
Ensayo Intern. de selec.	289	2	12	12	16	12	11
Ensayo Intern. de rend.	25	7	12	15	13	5	7
Ensayo de rend. Elite	25	1	5	4	7	6	3
F ₁	—	1	—	—	2	2	1
<i>Triticale</i>							
Bloque de Cruzamiento	264	2	2	—	2	1	3
F ₂ de riego	204	6	9	6	5	3	12
F ₂ de temporal	425	8	8	9	6	2	12
F ₂ primavera x invierno	82	9	6	12	3	1	10
Ensayo int. de selec.	300	4	31	21	24	10	22
Ensayo int. de rend.	25	11	12	15	18	6	19
Resistencia a enfermedades	102	1	3	1	2	—	1
<i>Cebada</i>							
Bloque de cruzamiento	361	1	5	7	5	6	5
F ₂	202	1	8	5	5	3	6
Ensayo int. de observ.	250	—	11	5	9	8	8
Rend. de cebada	25	1	6	2	7	5	7
Total		106	265	185	242	159	271

ADIESTRAMIENTO EN TRIGO

En 1975 se adiestraron en México 46 jóvenes técnicos procedentes de 22 países, en el programa de trigo en México. Desde 1960, 364 técnicos en trigo han recibido capacitación en servicio.

Los programas de adiestramiento, que duran de 3 a 9 meses, se han estructurado de manera de desarrollar capacidades en técnicas de campo y laboratorio, suministrar experiencias en trabajos dentro de un equipo interdisciplinario de investigación, y aumentar la comprensión del desarrollo agrícola en relación con la producción de trigo.

El curso sobre producción se cambió de los campos de riego durante el ciclo de invierno en Obregón, Sonora, a los campos de temporal en el ciclo de verano, cerca de El Batán. Se dió mayor énfasis a la enseñanza del desarrollo de un paquete práctico en las parcelas de los agricultores.

Se distribuyeron tres números de *Notas de Campo del Equipo de Trigo* a exbecarios durante 1975. Este noticiero publica notas sobre investigación en los programas nacionales y en el CIMMYT.

El CIMMYT tiene seis investigadores en postdoctorado que sirven como miembros asociados (del Ecuador, México, Alemania, Rhodesia, Reina Unido y los EUA).

Durante 1975 numerosos visitantes de países en desarrollo pasaron de una semana a varios meses en el CIMMYT.

Becarios en el adiestramiento en servicio 1960 - 1975

Región y país	1975	1960-75	Región y país	1975	1960-75
<i>Noráfrica y Medio Oriente</i>	13	181	Nepal	2	5
Afganistán	0	18	Pakistán	1	33
Argelia	5	32	Filipinas	0	1
Chipre	0	2	América Latina	11	74
Egipto	1	9	Argentina	0	18
Irán	1	12	Bolivia	0	2
Iraq	0	7	Brasil	0	15
Jordania	1	6	Chile	4	9
Líbano	1	5	Colombia	0	3
Marruecos	0	17	Rep. Dominicana	1	1
Arabia Saudita	1	2	Ecuador	4	11
Siria	0	5	Guatemala	0	4
Túnez	1	21	Mexico	1	1
Turquía	2	35	Paraguay	0	2
Yemen	0	3	Perú	1	6
<i>Africa Tropical</i>	10	33	Uruguay	0	2
Etiopía	1	8	<i>Otros</i>	3	15
Kenya	2	5	Francia	1	1
Madagascar	0	1	Hungría	0	1
Nigeria	7	11	Polonia	0	2
Somalia	0	1	Portugal	0	1
Sudan	0	4	Rumania	0	2
Tanzania	0	3	España	0	2
<i>Sur y Este de Asia</i>	8	61	Rusia	0	3
Bangladesh	3	11	EUA	2	3
India	2	6			
Corea	0	5	Total	46	364

LABORATORIO DE MOLIENDA Y PANIFICACION

En el laboratorio de molienda y panificación, los científicos evalúan el grano de líneas de trigo harinero, trigo cristalino y triticale con respecto a su adecuación para la elaboración de pan, tortillas, chapatis, galletas y pastas. Estas pruebas ayudan a los fitomejoradores a seleccionar líneas que tengan una buena calidad industrial.

En 1975, el laboratorio probó la tenacidad del gluten y el tipo de grano de 30,000 muestras de generaciones (F_3 y F_4) de trigos harineros. Las líneas de generaciones avanzadas que tienen alto rendimiento y alto peso hectolítrico (peso delgado por unidad de volumen) se clasifican para diferentes usos como pan, galletas, pasteles, etc.

La calidad de panificación de los trigos del CIMMYT se mejoraría si éstos tuvieran un mayor porcentaje de proteína. Los cruzamientos en marcha entre trigos de invierno y trigos de primavera pudieran dar como resultado líneas que tengan un mayor contenido de proteína y mejores características del gluten.

En los trigos cristalinos, el laboratorio analiza líneas F_3 y F_4 con respecto a contenido de pigmento y prueba de líneas avanzadas con respecto a calidad macarronera. El análisis de pigmentos en granos de cristalinos comenzó en 1972 y los resultados de la selección se manifiesta ahora en las líneas avanzadas. El contenido promedio de pigmentos de las líneas se ha elevado de 3.8 ppm a 5.5 ppm, y en 1975 se encontraron una cuantas líneas que tienen 10 ppm. En 1975 se analizó el contenido de pigmentos de 5,500 líneas de generaciones segregantes, en tanto que se evaluó la calidad macarronera de 900 líneas avanzadas.

En triticale, se evaluaron 350 líneas de alto rendimiento que registraron alto peso hectolítrico en pruebas estándar de molienda y panificación. Se probó su calidad para elaborar galletas, tortillas y chapatis. Varias líneas tienen características deseables y se utilizarán como progenitores en futuros cruzamientos.

COOPERACION CON PROGRAMAS NACIONALES

El CIMMYT continuó su cooperación con los programas nacionales de trigo de casi todos los países en desarrollo donde el trigo es un cultivo importante.

En 1975 el equipo de trigo dedicó 1,104 días-hombre (3 años-hombre) a trabajos de consultoría con gobiernos de países productores de trigo en Asia, África y América Latina, o a discutir proyectos colaborativos de investigación con otras instituciones. La consultoría con los países en desarrollo involucra la observación de los materiales de los ensayos del CIMMYT cultivados por los colaboradores, visitas a campos de agricultores para observar las condiciones de los cultivos, participación en reuniones nacionales y regionales y reuniones con dirigentes y funcionarios agrícolas.

El CIMMYT continuó el suministro de semilla experimental a 90 países, que incluyeron virtualmente a todos los países en desarrollo ubicados entre los 30°N y 30°S que cultivan trigo.

Nuevos miembros del personal del CIMMYT fueron asignados a cinco programas nacionales de investigación y producción: Argelia, Nepal, Pakistán, Turquía y Túnez.

Se concertaron arreglos para que los programas regionales de trigo tomen una forma concreta. En 1975, un miembro del personal de trigo del CIMMYT supervisó el sistema de alarma para enfermedades de trigo y cebada en el Mediterráneo y el Medio Oriente, y un segundo patólogo se ha incorporado a esta actividad regional en 1976. Un fitomejorador de trigo del CIMMYT asumió tareas en Kenya en 1975, donde lleva a cabo trabajos regionales de ensayos de verano en regiones altas y de consultoría con los gobiernos de Africa Oriental.

En 1976 se asignará un fitomejorador senior en Ecuador, para que dé servicio a los países productores de trigo de la Zona Andina.

Cada programa regional involucra algunas actividades paralelas: asignación de personal a nivel regional, ensayos regionales, reuniones de trabajo regionales, asesoría a programas de adiestramiento nacionales, e informes de avances anuales para ayudar a estimular los esfuerzos de los programas nacionales.

PANORAMA PARA EL TRIGO 1976-1980

En una revisión de programas, a finales de 1975, el personal del CIMMYT discutió los objetivos y expectativas del programa de trigo para el período 1976-1980. Si bien los pronósticos son difíciles, se apoyaron las siguientes expectativas:

Estabilidad de rendimiento Se tornan evidentes las ganancias en la estabilidad de rendimiento de trigos harineros, trigos duros y triticales y se espera que esta tendencia continúe durante la segunda mitad de la presente década, y que se extiende igualmente a las cebadas. Una mayor adaptación lleva a una mayor flexibilidad con respecto a las diferencias climáticas de un año a otro en cada localidad de cultivo.

Es muy probable que los trigos multilineales se integren a un amplio uso comercial en países tales como India, Pakistán, Egipto, Argelia y Kenya. El principio de las multilíneas ofrece mayor estabilidad en el control de las enfermedades.

El "enroyamiento" lento —expresión derivada de "roya"—, otra característica ya introducida a muchas líneas de trigo del CIMMYT, continuará incorporándose a los materiales progenitores y por consiguiente a las nuevas variedades.

La resistencia horizontal a las enfermedades principales debe de tornarse más pronunciada a medida que la selección a nivel mundial continúe en el transcurso del tiempo.

En el período 1976-1980 se desplegará un gran esfuerzo para estabilizar la resistencia a la roya de la hoja, que actualmente exhibe una gran gama de virulencia.



Max Alcalá da instrucciones sobre el ensamble de uno de los muchos ensayos de trigo que el CIMMYT envía cada año a los colaboradores.

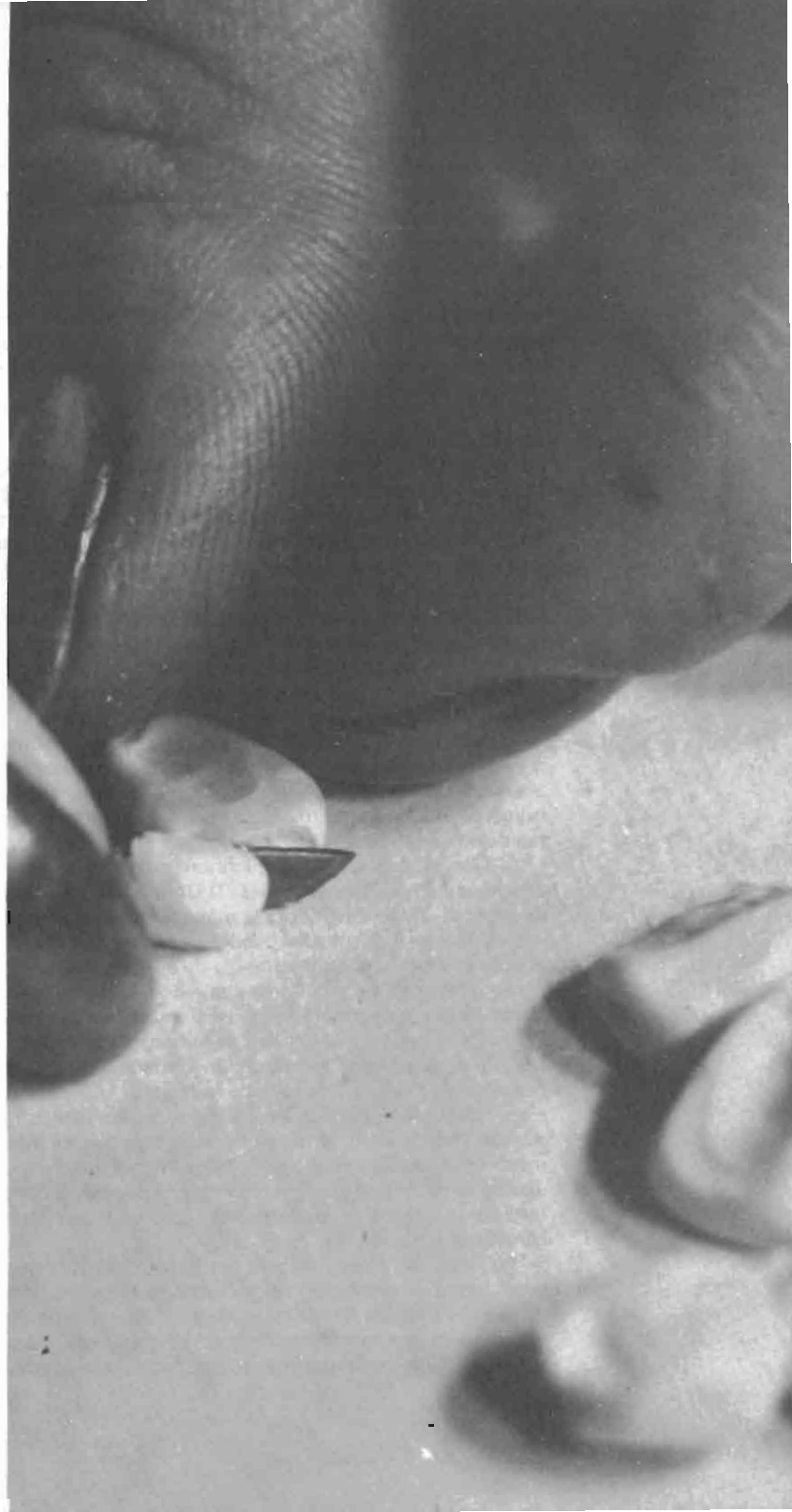
Trigos harineros Los científicos del CIMMYT anticipan ganancias adicionales para los trigos harineros durante la segunda mitad de esta década, ganancias que afectarán "nichos" en particular donde los rendimientos de los trigos harineros están ahora constreñidos. Estas restricciones incluyen resistencia a Septoria (importante en la cuenca del Mediterráneo, en África Oriental y en Sudamérica), tolerancia a la toxicidad aluminica (notable en Brasil), mayor tolerancia a la sequía (a partir de las cruza de trigo de invierno x trigo de primavera, que beneficiarán a las áreas de temporal), y trigo adaptados a los ciclos frescos de invierno en los trópicos bajos y húmedos (algo que buscan los países de Centroamérica, África Occidental y en Sureste de Asia). Cada avance incrementaría la flexibilidad del trigo en uno o más de los nichos y suministrará un incremento a la producción mundial de trigo.

Trigos cristalinos Se espera que la investigación actual sobre trigos cristalinos produzca nuevas variedades comerciales con modificaciones para 1980 — variedades con mejor resistencia a las enfermedades, particularmente a Septoria, roya del tallo, roña; calidad industrial para la elaboración de pastas, mayor tolerancia a la sequía, madurez más temprana, y mayor rendimiento merced a una espiga de mayor tamaño y a un grano más grande.

- Triticale** La base germoplásmica del triticale se amplió considerablemente en el período 1970-75 y se habrá de ampliar otro tanto en los próximos cinco años. Se tendrán nuevos avances en la reducción del arrugamiento del grano, en el mejoramiento de la resistencia a las enfermedades y en el aumento de los rendimientos. Las ventajas económicas del triticale sobre los trigos, con comportamiento notablemente superior en suelos ácidos, deberán conducir a su adopción comercial en la India, Etiopía, Argelia, Kenya, Brasil y Argentina. Ya se dispone de variedades de triticale adecuadas para harinas para panes, alimentos para animales, forraje para animales, y para usarse en la industria maltera y de destilería. El mayor contenido de lisina del triticale lo hace de interés para los países con déficit de alimentos proteínicos. El triticale habrá de invadir algunas áreas productoras de trigo harinero hacia fines de la década y se moverá hacia las regiones periféricas donde su tolerancia al frío y adaptabilidad a suelos problemáticos expandirá la producción de los márgenes de la agricultura mundial.
- Cebada** Hacia fines de esta década las primeras variedades de cebada para alimento humano derivadas de materiales del CIMMYT habrán de ser liberadas para usarse en áreas con deficiencias de humedad o de ciclo de cultivo cortos, donde el trigo no se cultiva con éxito. Estas nuevas variedades tendrán paja fuerte y corta, madurez temprana, resistencia genética a las enfermedades principales, mejor calidad proteinica, granos desnudos y altos rendimientos.
- Sistemas de detección de enfermedades** Para 1980 se espera que el sistema de vigilancia de enfermedades para trigo, cebada y triticale en el Hemisferio Oriental suministre una alarma anticipada de 2-3 años al brote de nuevas razas de royas, antes de que alcancen proporciones epifíticas sobre las siembras comerciales. Este sistema se ha diseñado para identificar —para los gobiernos de la región, desde Marruecos hasta la India— las variedades comerciales que están en peligro y recomendar variedades de reemplazo que deben ser incrementadas y distribuidas, a fin de evitar epifitias.
También se operarán servicios parciales de este tipo en Africa Oriental y Sudamérica.
- Ensayos de verano y otros servicios regionales** Por algunos años, el CIMMYT ha ayudado a gobiernos interesados a cultivar dos ciclos de trigo experimental por año, mediante el envío de semilla desde México para sembrarla fuera del ciclo normal. Ahora se suministrará un servicio similar al Hemisferio Oriental, mediante el Gobierno de Kenya con ayuda de un fitomejorador del CIMMYT asignado allá. El ensayo de verano se ampliará durante el período 1976-1980.
El CIMMYT espera que sus actividades regionales de trigo en el occidente de Asia, Africa Oriental y Sudamérica estén en completa operación hacia 1980.
- Personal asignado en programas nacionales** El CIMMYT continuará la asignación de algunos científicos de trigo a programas nacionales, por lo menos hasta fines de la década, pero puede haber cambios en cuanto a países (en 1976, hay personal del CIMMYT asignado a Argelia, Túnez, Turquía, Pakistán y Nepal).

- Científicos locales** El CIMMYT espera que los cuerpos de científicos nacionales que trabajan en sus propios programas de trigo sean grandemente fortalecidos en el período 1976-1980. El CIMMYT proseguirá adiestrando alrededor de 50 jóvenes técnicos por año en México, o sea unos 250 en los próximos 5 años. Se espera que el adiestramiento de instructores se torne una característica reconocida de este programa y que los instructores regresen a sus países de origen a organizar cursos de capacitación para agrónomos de producción locales. El personal del CIMMYT radicado en México viajará a los diferentes países a ayudar a estos cursos.
- Medición de los avances** El CIMMYT está preparado para que el avance de su programa de trigo en el resto de la década sea juzgado por la mayor estabilidad y resistencia a las enfermedades entre los trigos duros, cristalinos, cebadas y triticales desarrolladas en México, por las decisiones de los programas nacionales de liberar nuevas variedades que seleccionen a partir de materiales enviados desde México, y por el sostenimiento y aumento de rendimientos en los campos de los agricultores.

servicios de apoyo



La sección de economía apoya los esfuerzos del CIMMYT tendientes a ayudar a los programas nacionales a desarrollar y difundir nueva tecnología de maíz y trigo. Desempeña esta tarea mediante 1) trabajos con científicos agrícolas y funcionarios que toman decisiones a fin de identificar procedimientos para hacer a la nueva tecnología y a las medidas políticas más consistentes con la situación o las circunstancias de los agricultores; 2) conjuntando esfuerzos con el personal de los programas de maíz y trigo en sus programas de adiestramiento, y 3) proporcionando información que los programas de maíz y trigo pueden usar al establecer sus propias prioridades.

Estudios de adopción

La primera tarea de envergadura del CIMMYT en el área de la economía fue una serie de estudios de adopción realizada de 1972 a 1975. Estos estudios se diseñaron para ver de qué manera los patrones de adopción de las nuevas tecnologías de maíz y trigo fueron modelados por la influencia combinada de factores tales como la edad, la educación y la tenencia de la tierra del agricultor; la ubicación agroclimática de la finca y su distancia a los mercados, y por las políticas gubernamentales relacionadas con el acceso de los agricultores a la información y a los insumos. Varios de esos estudios han sido publicados por el CIMMYT. Se tienen trabajos en marcha sobre comparaciones entre países según dichos estudios.

Hasta ahora, los análisis apoyan varias aseveraciones generales:

— Los agricultores adoptan con rapidez las variedades que se adecúan a sus ambientes. Ordinariamente los productores más grandes son los primeros en adoptar pero los productores pequeños los siguen con rapidez.

— Tres casos distinguen la influencia del tamaño de la finca sobre la adopción de nuevas variedades: 1) Donde adoptan pocos agricultores pequeños. 2) Donde adopta la mayoría de los agricultores grandes, la mayoría de los agricultores pequeños también adopta. 3) Donde adopta una proporción intermedia de agricultores grandes, adopta un número menor de agricultores pequeños. Empero, las investigaciones detalladas en una región donde existen los tres casos, sugieren que la influencia aparente del tamaño de la finca sobre la adopción no es real. En lugar de ello, la explicación verdadera estriba en la heterogeneidad agroclimática de la región.

— Los fertilizantes tienden a ser adoptados menos rápidamente que las nuevas variedades y tienden a ser usados a niveles más bajos que los recomendados. El tamaño de la finca influye generalmente sobre el uso de fertilizantes; los agricultores más pequeños aplican menos fertilizante que los agricultores más grandes bajo circunstancias climáticas similares.

Pocas de las otras variables que caracterizan al agricultor y a la finca tienen alguna contribución significativa a la explicación de las variedades mejoradas o de los fertilizantes. Una variable que tendió a ser significativa fue el grado de especialización en maíz o en trigo. De ordinario, esta variable estuvo positivamente relacionada con adopción de elementos de

la nueva tecnología y fue significativa tanto estadísticamente como operativamente. Para todas las otras variables —educación, tenencia, trabajo fuera de la finca, distancia a los mercados, etc.— las relaciones no fueron consistentes y rara vez tuvieron significación estadística, y aún entonces tendieron a no ser operativamente significativas.

Finalmente, los estudios muestran que la política gubernamental facilita la difusión de la nueva tecnología de varias maneras. Una es mediante el mantenimiento de relaciones favorables de precios. Otra es mediante el acceso seguro y amplio a los insumos y a la información. Pero lo que destaca en los estudios es la influencia marcada de los factores agroclimáticos sobre la adopción. Esto hace aparecer que el interés primordial del gobierno debiera ser asegurar que los esfuerzos de la investigación sean conducentes a la obtención y desarrollo de tecnología que verdaderamente se ajusten a las necesidades de los sectores de agricultura que más preocupan a los gobiernos.

Falta por hacer algún trabajo adicional sobre la síntesis de los estudios de adopción. Se contempla la conclusión de esto en 1976.

Desarrollo de tecnología adaptada a las circunstancias de los agricultores

Los hallazgos de los de adopción sugieren que podría haber grandes recompensas a una delineación más cuidadosa de las circunstancias agroclimáticas y económicas de los agricultores *al tiempo en que se desarrollan y se prueban las nuevas tecnologías*, más que después de que los agricultores las han rechazado o aceptado. Tal investigación, creemos, ampliará considerablemente la probabilidad de que las tecnologías desarrolladas y recomendadas se ajusten de veras a las condiciones de los agricultores y, por tanto, sean adoptadas con mayor rapidez.

Para ser eficaz, la investigación tendría que combinar los esfuerzos conjugados de investigadores en economía y en ciencias agrícolas. Por consiguiente, la sección de economía comenzó en 1955 a probar el valor de ese trabajo con programas nacionales de mejora de cultivos y a evaluar los métodos que podrían utilizarse. Si los estudios preliminares verifican que esta investigación colaborativa es factible y productiva, esperamos que el trabajo futuro de la sección de economía en esta área será el de facilitar y alentar dicha tarea por parte de economistas locales que trabajan en programas nacionales con los cuales el CIMMYT colabora.

La sección de economía tiene en marcha cinco estudios de este tipo: dos en México, uno en Zaire, uno en Túnez y otro en Pakistán. Los estudios en México los llevan a cabo economistas que residen en la sede del CIMMYT, en colaboración con el personal del programa de adiestramiento en maíz en el caso de un estudio sobre maíz en la región de Poza Rica. El otro estudio se realiza en colaboración con el personal de adiestramiento en trigo en el caso de un estudio de una región productora de cebada cercano a la sede del CIMMYT.

Los estudios en Zaire (maíz), Túnez (trigo) y Pakistán (maíz) los llevan a cabo economistas locales en estrecha colaboración con el personal de maíz y trigo del CIMMYT comisionado en esos países.

Adiestramiento en economía para agrónomos

El componente económico de los programas de adiestramiento en maíz trigo se relaciona con el programa orientado a adaptar la tecnología a las condiciones de los agricultores. El objeto es sensibilizar más a los adiestrados acerca de los factores que son importantes para los agricultores conforme ellos evalúan las nuevas tecnologías. También se acentúa el suministro de procedimientos que los becarios pueden utilizar al formular recomendaciones para los agricultores.

Todos los becarios del CIMMYT reciben adiestramiento en manejo de estaciones experimentales.



Para suplementar estos esfuerzos y para completar el trabajo del CIMMYT con programas nacionales, la sección ha publicado un manual de economía para agrónomos. Este manual destaca los elementos que influyen en cómo el agricultor percibe las prácticas que él sigue, y suministra una lista sencilla de cotejo para acoplar dichos puntos de vista a la experimentación y a la formulación de recomendaciones.

Prioridades de la investigación sobre cultivos

Las prioridades dentro del CIMMYT son establecidas por los dos programas principales, maíz y trigo, junto con la administración central. Los estudios de economía contribuyen a las deliberaciones con información y análisis sobre temas relevantes.

Con el advenimiento de los programas regionales en maíz y trigo, se puso más énfasis en esta actividad. Durante 1975, se examinó la economía del trigo en la zona Andina. Además de presentar datos históricos sobre producción, consumo y comercialización del trigo el estudio da información sobre la magnitud y tipo de recursos puestos en las actividades de investigación y extensión en trigo. El estudio, asimismo, registra los cambios en políticas gubernamentales sobre precios de trigo, precios de insumos, almacenamiento y programas de precios de garantía y comercialización.

La sección de economía lleva a cabo estudios ad-hoc para apoyo de los programas de maíz y trigo. Uno de tales proyectos se relaciona con las necesidades de nutrición de los humanos y cómo se satisfacen estas necesidades en un cierto número de países seleccionados. Estos estudios involucran el establecimiento de relaciones de colaboración con nutriólogos y con investigadores preocupados por las difusiones de la nutrición en ciertos países. La información resultante es de valor para establecer prioridades de fitomejoramiento dentro de los programas de maíz y de trigo.

SERVICIOS DE LABORATORIO

El laboratorio de calidad de proteínas y los laboratorios de suelos y nutrición vegetal sirven a los programas de maíz y de trigo.

Laboratorio de calidad de proteínas

Durante 1973, el laboratorio de proteínas analizó 17,400 muestras de maíz con respecto a contenido de proteínas y triptofano mediante métodos en colorimétricos. Este es casi el triple del número de muestras analizadas en el año anterior. La medición del triptofano, un aminoácido limitante en la proteína del endospermo, da una indicación indirecta del nivel de lisina, el primer aminoácido limitante, de manera que el método colorimétrico es una manera rápida de determinar la calidad proteínica del maíz. La evaluación química es esencial para confirmar que la proteína de alta calidad existe en maíces que tienen el gene opaco-2 combinado con genes modificadores que dan granos de apariencia normal.

El laboratorio usó el procedimiento de fijación de colorante (DBC) para evaluar el contenido de lisina en 200 muestras de cruza de sugary-2 x opaco-2, en las cuales el alto contenido de azúcares reductores interfieren

con el método colorimétrico usado para el triptofano. Puesto que los granos de maíces harinosos son visualmente idénticos a los granos opacos, los opaco-2 segregantes de cruza de opaco-2 x harinoso-1 no se pueden identificar visualmente. Los granos de opaco-2, sin embargo, tienen un mayor contenido de aminoácidos libres que los granos normales. La prueba de ninhidrina se usa para medir el nivel de aminoácidos libres. Puesto que esta prueba no destruye los granos, identificados como segregantes de opaco-2 se pueden sembrar subsiguientemente. En 1975, el laboratorio identificó segregantes de opaco-2 en semillas de 350 familias y las semillas seleccionadas se sembraron más tarde en el campo.

También se hicieron análisis de contenido de proteína utilizando el procedimiento de micro-Kjeldahl, y análisis de calidad utilizando el procedimiento DBC en 5,300 muestras de cebada, 3,000 muestras de triticale, 1,500 muestras de trigo y 283 muestras de sorgo.

El laboratorio de nutrición vegetal y suelos lleva a cabo análisis químicos de muestras de suelo, agua, tejidos vegetales y granos. Para ayudar a los fisiólogos, cuyo interés es creciente en la translocación de nutrientes de las plantas vegetales de la planta al grano, se iniciaron investigaciones sobre maneras eficientes de medir los azúcares en los tallos y las hojas en diferentes estadíos. Durante 1975, el laboratorio analizó 365 muestras de suelo con respecto a pH, iones asimilables (calcio, magnesio, potasio y fósforo), materia orgánica y nitrógeno. Además, se determinó el contenido de nitrógeno y azúcares totales de 6,400 muestras de tejidos vegetales.

Estudios de nutrición

El CIMMYT no cuenta con instalaciones para llevar a cabo estudios para determinar en animales la calidad nutritiva de los granos. En lugar de ello, en 1975 el CIMMYT suministró muestras de granos a investigadores en nutrición en Guatemala, México y Dinamarca, donde se realizarán estudios con animales.

En el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, el Dr. Ricardo Bressani y sus colaboradores utilizaron ratas para evaluar la razón de eficiencia proteínica (PER) de cuatro muestras de triticale y de cinco muestras de maíz de alta calidad proteínica en dietas con 8% de proteína. El PER de los triticales varió de 1.71 a 2.00 usando 1.28 para Yécora, el trigo harinero testigo. Los maíces de calidad proteínica y con endospermo duro tuvieron valores de PER de 2.14, casi iguales que las líneas con endospermo suave. La dieta de caseína tuvo un PER de 2.86.

Se probaron 16 muestras de triticale como fuente de proteína en dietas de ratas en crecimiento. Estos ensayos fueron llevados a cabo por el Dr. Armando Shimada del Instituto de Investigaciones Pecuarias de México. No se encontraron diferencias significativas en el efecto de las líneas sobre la tasa de crecimiento de las ratas. Se realizaron ensayos similares con dos maíces de calidad proteínica con endospermo duro, y se mostró que su calidad nutritiva fue igual.

El laboratorio del Dr. B. O. Eggum, en Dinamarca, evaluó muestras de tres triticales y cuatro maíces. La utilización neta de la proteína (NPU), que refleja la retención de nitrógeno en el organismo, fue alta para los triticales (62 a 65) y para el maíz de alta calidad proteínica alrededor de

70, tanto para los maíces de endospermo duro como para los de endospermo suave). El maíz normal tuvo un valor NPU de 57.

MANEJO DE ESTACIONES EXPERIMENTALES

El CIMMYT lleva a cabo investigaciones en ocho estaciones experimentales ubicadas en México. Cuatro pertenecen al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de México y cuatro son operadas por el CIMMYT. Algunas de las características de las estaciones experimentales:

<i>Estación</i>	<i>Elevación</i>	<i>Latitud</i>	<i>No. de ha usadas por el CIMMYT</i>
CIANO - INIA	Nivel del mar	27°N	130
Los Mochis-INIA	Nivel del mar	25°N	2
Navojoa - INIA	Nivel del mar	27°N	10
Rio Bravo - INIA	Nivel del mar	26°N	1
Poza Rica - CIMMYT	Nivel del mar	20°N	39
			(dos veces al año)
El Batán - CIMMYT	2240 m	19°N	44
Toluca - CIMMYT	2640 m	19°N	69
Tlaltizapán - CIMMYT	940 m	18°N	31
			(dos veces al año)

Las cuatro estaciones operadas por el CIMMYT están completamente desarrolladas. Los terrenos han sido nivelados y cercados, se les ha dotado de caminos internos, y se les equipó con facilidades de riego y drenaje. Los edificios de trabajo están completos, aunque los dormitorios y comedores para becarios se han pospuesto.

La extensión de terrenos en las estaciones de la meseta alta es aún inadecuada para las siembras de verano, hechas con la semilla levantada en el ciclo de invierno anterior en las estaciones experimentales de baja altitud. Por tanto, el CIMMYT renta 12 ha cada verano desde 1974.

La estación experimental de Poza Rica registró inundaciones destructivas en septiembre de 1974, luego del ciclón Fifi. Estas inundaciones removieron partes de la superficie del terreno y dejaron hoyos. Los daños se repararon en 1975.

Científicos de la Universidad del Estado de Pennsylvania (EUA) ayudaron al CIMMYT a analizar los suelos de El Batán, Tlaltizapán y Toluca durante 1975.

Desde 1973, el CIMMYT ha adiestrado a técnicos que manejan estaciones experimentales de programas nacionales de Pakistán, Costa de Marfil, Egipto, Brasil y Zaire. En 1976 se han aceptado seis técnicos de tres países. El personal de las estaciones experimentales también participa en cursos cortos sobre manejo de campos experimentales que se dan a unos 100 becarios de maíz y trigo cada año.

El jefe de estaciones experimentales dedica varias semanas del año a trabajos de consulta sobre manejo de campos experimentales en varios

países. Hasta ahora este programa se ha realizado en Pakistán, Nepal, Filipinas, Tanzania, Nigeria, Costa de Marfil, Argentina y Turquía. En 1975, se ayudó al Instituto Internacional de Investigaciones sobre Arroz con sede en las Filipinas, a planear el desarrollo de sus nuevos terrenos. Tres países asiáticos solicitaron ayuda en 1976 y otros están en lista de espera para el futuro.

Publicaciones editadas en 1975

Título	Idioma	Págs.	Tiraje
<i>Folleto de informes</i>			
Este es el CIMMYT	Español	48	2,800
	Inglés	46	2,800
Revisión de Programas 1975	Español	112	3,500
	Inglés	104	4,000
CIMMYT 1974 Maize Improvement	Inglés	104	4,000
The Potential for Increasing Cereal and Livestock Production in Algeria	Inglés	54	500
	Francés	72	500
India's High Yielding varieties Programs in Wheat 1966-67 to 1971-72			
The Diffusion of Hybrid Maize in Western Kenya	Inglés	58	1,000
Resultados del 4o. y 5o. Ensayo Internacional de Selección de Trigos Harineros 1970-72	*	39	1,000
Resultados del 9o. Ensayo Internacional de Rendimiento de Trigos de Primavera 1973-73	*	136	1,200
Resultados del 4o. Ensayo Internacional de Rendimientos de Trigos Cristalinos 1972-73	*	60	1,000
Resultados del 5o. Ensayo Internacional de Rendimientos de Trigos Cristalinos 1973-74	*	66	1,079
Resultados del 4o. Ensayo Internacional de Rendimientos de Triticale 1972-73	*	47	1,000
Resultados del 1o. al 5o. Ensayos Internacionales de Selección de Trigos Cristalinos 1969-1974	*	70	1,074
<i>Reimpresos</i>			
Some ways international research programs can assist advanced nations	Inglés	8	500
Programas nacionales de producción para introducir maíz de alta calidad proteínica a los países en desarrollo	Inglés	9	500
	Español	8	500
Una comparación de las enfermedades del maíz en ambientes templados y tropicales	Inglés	10	500
	Español	11	500
La estación agrícola experimental, sus funciones de apoyo para trabajar en el campo en los países en desarrollo	Inglés	17	500
	Español	16	500
Potencial para aumentar la eficiencia de la producción de cereales	Inglés	9	500
	Español	10	500
Preparación del personal para la investigación agrícola	Inglés	9	500
	Español	9	500
Las desiguales perspectivas de ganancias de la investigación agrícola en relación con la política económica	Inglés	8	500
	Español	8	500
<i>El CIMMYT Hoy</i>			
Maíz de alta calidad proteínica	Español	16	5,600
	Inglés	16	5,500
Trigo duro: nueva era para un cultivo antiguo	Español	16	5,200
	Inglés	16	3,800
The return of medic	Inglés	17	4,600

SERVICIOS DE INFORMACION

En 1975 publicaron 18 nuevos títulos. Además, se revisó y reeditó el folleto de información general *Este es el CIMMYT*. La mayoría de los folletos, informes y reimpresos se publicaron en dos idiomas (español e inglés) o en tres idiomas (Español, Inglés y Francés).

Se inició una nueva serie, *El CIMMYT Hoy*, de la cual se publicaron tres números en inglés y dos en español durante el año. Los artículos de *El CIMMYT Hoy* tratan aspectos amplios de las actividades del CIMMYT para el público general informado.

Se publicó la memoria del Simposio Internacional CIMMYT-Purdue sobre Calidad Proteínica en Maíz que se realizó en 1972. La memoria apareció en forma de libro (500 páginas) en inglés y fue publicado para el CIMMYT por Dowden, Hutchinson y Ross (USA), bajo el título *High-Quality Protein Maize*. La versión castellana probablemente sea publicada en México por una editorial comercial.

El CIMMYT inició una nueva revista serie periódica en inglés cuyo título es *Maize quality protein abstracts*. La revista periódica es publicada para el CIMMYT por el Commonwealth Agricultural Bureau (Reino Unido) con fondos del programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. El Volumen 1 (1975) consiste de cuatro números que contienen 145 resúmenes. Además se publicó y distribuyó un volumen retrospectivo que cubre toda la literatura mundial publicada entre 1960 y 1974 sobre asuntos de maíz de alta calidad proteínica. Dicho volumen contiene 337 resúmenes. Alrededor de 600 científicos reciben la nueva revista periódica.

Lista de envíos Durante 1975 alrededor de 800 individuos e instituciones solicitaron ser incluidos en la lista de envíos del CIMMYT, lo cual incrementó el número de direcciones a 4,900 individuos y 500 bibliotecas. La mitad de las direcciones se ubican en países de habla hispana.

La lista de envíos se codificó para facilitar una distribución más selectiva de publicaciones.

Audiovisuales Se reorganizó la exposición permanente del edificio administrativo y se añadieron muchas nuevas presentaciones. La exposición ilustra las actividades del CIMMYT en el aumento del abastecimiento alimentario del mundo. La sección de audiovisuales, a su vez, continuó su apoyo a los programas de maíz y trigo en cuanto se refiera a trabajos de ilustraciones y fotografía.

Servicio de visitantes En 1975 se registraron en la sede del CIMMYT más de 5,000 visitantes de 55 países, que vinieron solos o en grupos. Muchas otras personas visitantes las estaciones experimentales del CIMMYT, donde no se mantienen registros.

Servicios de biblioteca La pequeña biblioteca de trabajo del CIMMYT (2,500 volúmenes, 1,200 series periódicas) continuó ofreciendo sus servicios al personal de la sede, a los investigadores en postdoctorado y a los 100 becarios. La biblioteca del CIMMYT sirve también como vínculo con la Biblioteca Agrícola Nacional de México (50,000 volúmenes; 3,000 series periódicas) ubicada en Chapingo, a unos 10 km del CIMMYT.

SERVICIOS DE ESTADISTICA

En 1975 llego al CIMMYT un biometrista facilitado por el Ministerio de Desarrollo de Ultramar (Reino Unido). En espera de la llegada de la propia computadora de la Unidad (Data General Nova 364K con dos discos y otras facilidades periféricas), el CIMMYT ha utilizado una computadora Nova 2, obtenida en préstamo con propósitos demostrativos.

Con programas adaptados por la Universidad de Colorado (EUA), la computadora en préstamo no ha presentado problemas para analizar con rapidez los ensayos internacionales de maíz. Esta máquina se usó también para demostrar la aplicación del sistema EXIR para procesar información del banco de germoplasma del maíz del CIMMYT.

En la actualidad, el laboratorio de taximetría de la Universidad de Colorado está trabajando en un programa para los ensayos internacionales de trigo. Cuando se tenga la nueva computadora y se disponga de un programador, habrá de ser posible satisfacer todas las necesidades de computación del CIMMYT.

Temporalmente, el programa de economía del CIMMYT procesará parte de sus datos fuera del CIMMYT.

Los servicios administrativos y de contabilidad se manejan ya en las máquinas dentro del CIMMYT.

informes especiales



INFORME ESPECIAL

IMPACTO DE LOS TRIGOS DE ALTO RENDIMIENTO: DOS MIL MILLONES DE DOLARES AL AÑO

Varios economistas que trabajan en forma independiente comienzan ahora a obtener respuestas a la interrogante: ¿Cuál es el impacto de los trigos de alto rendimiento?. Los economistas miden la superficie sembrada, el aumento de la producción, los rendimientos medios según se comparan con los de las variedades tradicionales y el valor bruto de incremento alimentario. Ninguno ha producido hasta ahora una secuencia ordenada de datos sobre dichas interrogantes, pero la magnitud general de las respuestas están bien establecida.

Dos destacados cronistas de las variedades de alto rendimiento son Dana G. Dalrymple y Robert Evenson. Dalrymple es analista del Servicio de Investigación Económica del Depto. de Agricultura de los Estados Unidos. Evenson es economista del Consejo de Desarrollo Agrícola (ADC) y en la actualidad es profesor visitante en el Colegio de Agricultura de la Universidad de Filipinas en Los Baños. Ambos han publicado en años recientes varios estudios sobre las variedades de alto rendimiento.

En los párrafos siguientes se presentan algunas de sus estimaciones, pero el CIMMYT asume la responsabilidad plena por la selección arbitraria de los datos y de las proyecciones a través del mundo en desarrollo.

¿Cuán ampliamente se siembran los nuevos trigos? Dalrymple ha conjuntado datos sobre la siembra del trigo de alto rendimiento en 15 países de Surasia y Noráfrica. Concluye él que en el ciclo 1974/75 se sembraron por lo menos 19.3 millones de hectáreas de los nuevos trigos en esos 15 países.

Cinco países en desarrollo que sembraron las superficies más grandes contribuyeron con más del 80% de esas cifras:

India	11,800,000 ha
Pakistán	3,700,000 "

Iraq	800.000 "
Turquía	700.000 "
Afganistán	500,000 "

No se han publicado datos comparables sobre las superficies sembradas con los nuevos trigos en Africa Oriental, Sudáfrica o América Latina. Cuando se agreguen dichos datos, sin duda se encontrará que las nuevas variedades ocuparon en 1975 más de 25 millones de hectáreas en los países en desarrollo, o sea el 40% de la superficie triguera total en el mundo en desarrollo.

¿Mayores rendimientos? Los mejores datos sobre rendimiento de los trigos enanos proceden de la India y Pakistán.

Durante el período 1965-1970, los nuevos trigos superaron el rendimiento de las variedades tradicionales en un 200% (unos 2,400 kg/ha contra 800 kg/ha); sin embargo, a medida que aumentó la proporción de la superficie total sembrada con las nuevas variedades, disminuyó la superioridad en rendimiento, de manera que el término de 8 años dicha superioridad era de aproximadamente 125% (unos 1,600 kg/ha contra 700 kg/ha). Otro estudio realizado en India y Pakistán muestra que el rendimiento medio nacional de trigo de esos países aumentó en un 50% entre 1966 y 1973. El estudio abarca tanto a las nuevas variedades como a las variedades tradicionales.

Dado que India y Pakistán constituyen una alta proporción de la superficie sembrada con los nuevos trigos, se puede hacer la siguiente generalización: cuando se introducen trigos de alto rendimiento a una zona ecológica a la cual se adaptan (por ej.: al Punjab de India y Pakistán), y se diseminan hasta cubrir la mitad de la superficie triguera nacional, superarán el rendimiento de las variedades tradicionales en un 100% y aumentarán el rendimiento medio nacional en un 50%.

Aumento de la producción y su valor.

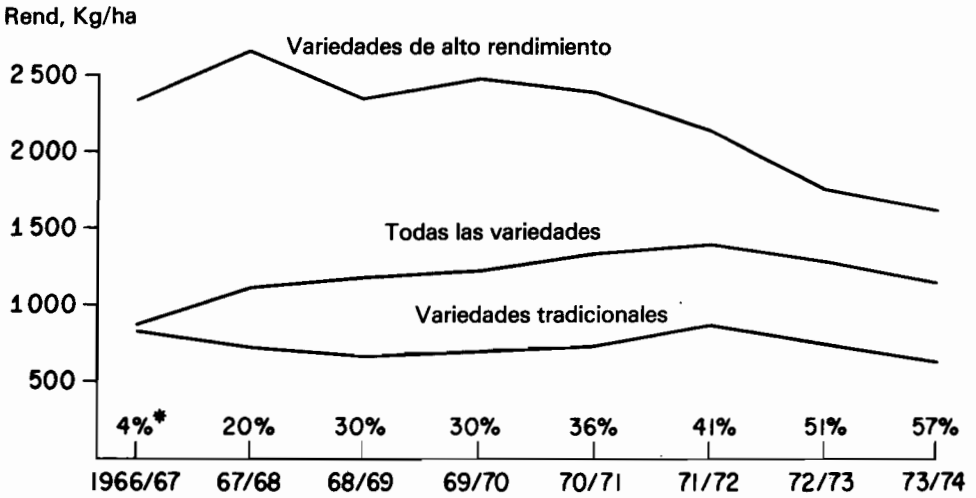
Evenson ha publicado varios estudios sobre el aumento de la producción de trigo

Trigos de alto rendimiento en Sud Asia y el Medio Oriente, 1965-1975. Superficie sembrada y porcentaje del área triguera, total sembrado con variedades de alto rendimiento según estimaciones del Departamento de Agricultura de los E. U. A.

Year	Bangladesh		India		Nepal		Pakistan		Total Suresia		Afganistán		Argelia		Egipto		Irán	
	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%
65/66	-	-	3	*	1	1	5	*	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66/67	-	-	540	4	6	5	101	2	648	1	*	-	-	-	-	-	-	-
67/68	-	-	2942	20	24	13	957	16	3923	22	1	-	-	-	-	-	-	-
68/69	8	7	4792	30	53	26	2387	38	7242	122	4	-	-	-	-	-	10	*
69/70	9	7	5004	30	75	34	2681	43	7771	146	5	5	2	-	-	-	37	1
70/71	13	12	6542	36	98	43	3128	52	9782	232	9	140	7	-	-	-	63	2
71/72	15	12	7858	41	115	52	3286	57	11275	255	10	320	14	1	*	125	3	3
72/73	21	18	10007	51	170	66	3375	56	13576	450	15	600	28	20	4	138	3	3
73/74	29	23	10911	57	206	76	3472	59	14619	475	16	na	na	212	40	261	6	6
74/75	33	23	11778	62	246	85	3682	62	15741	522	17	na	na	78	14	292	7	7

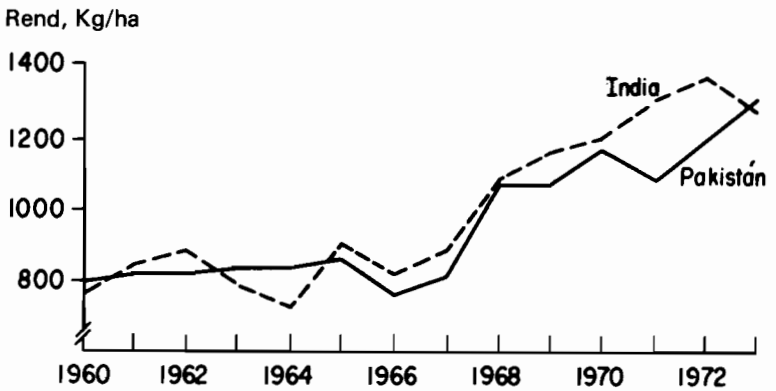
Iraq	Libano		Marruecos		Arabia Saudita		Siria		Túnez		Turquía		Total Medio Oriente	
	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%	000 ha.	%
65/66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
66/67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	*	2	651
67/68	6	*	-	-	-	-	-	-	1	*	170	2	199	4123
68/69	41	2	-	-	-	-	-	-	12	2	579	7	770	8012
69/70	195	10	2	4	46	2	-	-	53	7	623	8	1108	8878
70/71	125	9	7	12	90	5	-	-	4	102	11	640	8	11219
71/72	950	45	12	19	206	10	-	-	7	60	6	650	8	13930
72/73	595	50	20	31	294	14	-	-	15	99	9	na	na	3046 ^a
73/74	700	43	na	na	375	20	2	225	15	55	6	na	na	3575 ^b
74/75	750	50	na	na	300	17	10	252	16	54	6	na	na	3528 ^b

* Negligible. ^a/Incluyendo Turquía en 1971-72. ^b/Incluyendo a Argelia y Libano al nivel de 1972-73 y Turquía al nivel de 1971-72



India: Tendencias en rendimiento de variedades tradicionales y alto rendimiento.

* Proportión de la superficie triguera total sembrada con variedades de alto rendimiento.



Tendencias en rendimiento de trigo en India y Pakistán. Fuente: USDA

“asociada” con las nuevas variedades y el correspondiente paquete de prácticas.

Enfocándose sobre 10 países de Asia y el Medio Oriente, Evenson calculó la proporción del aumento de la producción de trigo en esos países en 1972/73 “asociada” con las nuevas variedades. Luego extrapoló la contribución a la producción por parte de todos los países en desarrollo que estuviese “asociada” con las variedades de alto rendimiento en 1972. A partir de estos tres pasos, el Dr. Evenson concluyó que la revolución triguera había añadido 906 millones de dólares al flujo de ingresos de los países en desarrollo en 1972/73.

En 1975 el precio del trigo que entró al mercado internacional aumentó a aproximadamente US \$150 por tonelada, o sea el doble del precio usado por Evenson. Por tanto, el impacto de la revolución triguera en 1974/75 se puede poner en 1,800 millones de dólares.

Esta cifra se puede redondear más. La siembra de trigos semienanos en los países de Asia y el Medio Oriente aumentó un 15% después de que Evenson hizo sus cálculos. Por consiguiente sería incluso conservador asignar un valor de 2,000 millones de dólares al aumento de las cosechas de los países en desarrollo, logrado merced a los nuevos trigos en 1975.

INFORME ESPECIAL

PROGRAMAS COOPERATIVOS CON OTROS INSTITUTOS AGRICOLAS INTERNACIONALES

El CIMMYT participa en varios programas conjuntos con otros institutos agrícolas internacionales. He aquí algunos ejemplos.

Investigación en papa. Desde 1972, el Centro Internacional de la Papa (CIP) ha usado tierra, mano de obra y maquinaria de la estación experimental del CIMMYT ubicada en Atizapán, en el Valle de Toluca, según un acuerdo de servicio que posibilita al CIP exponer germoplasma de papa a los ataques más severos del mundo de tizón tardío, una enfermedad de la papa, y luego seleccionar con respecto a resistencia. El CIP dirige la investigación desde su sede en Perú y reembolsa el CIMMYT los costos del servicio.

Mejoramiento de Maíz en la Región Andina. A partir de 1976, el CIMMYT asignará tres científicos de maíz a la Región Andina, bajo un programa conjunto con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Dos de los científicos CIMMYT-CIAT residirán en la sede del CIAT en Colombia, donde impulsarán actividades cooperativas

de maíz entre los gobiernos de cinco países andinos. Uno más será comisionado para residir en Quito, Ecuador, donde ayudará a poner en marcha investigaciones sobre maíz harinoso, que es un cultivo importante en la Zona Andina. Este programa regional será planeado conjuntamente por el CIMMYT y el CIAT, y los costos serán financiados por el CIMMYT mediante donativos especiales. Ambos centros participarán en actividades de adiestramiento.

Mejoramiento de maíz en Asia. A partir de 1976, dos científicos del programa de maíz del CIMMYT serán comisionados al Centro Internacional de cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT) con sede en India, a fin de que impulsen el mejoramiento del maíz en unos 15 países asiáticos, desde Afganistán hasta Indonesia. El CIMMYT pagará todos los costos de los servicios en ICRISAT, a la vez recibirá de dicho instituto apoyo administrativo y solicitará algunos servicios de multiplicación de semilla, sobre bases reembolsables. El personal comisionado por el CIMMYT dedicará mucho de su tiempo a



Un becario aprende cómo operar una combinada

actividades de consultoría con los gobiernos de la región. El acuerdo de servicio con ICRISAT es algo diferente al proyecto CIMMYT-CIAT descrito arriba.

Proyecto de sorgo tolerante al frío en la sede del CIMMYT. Desde los años cincuentas, el programa internacional de maíz ha dedicado recursos marginales a un proyecto para desarrollar sorgos tolerantes al frío adaptados a elevaciones mayores de los 2,000 metros. El razonamiento es que el sorgo podría comportarse adecuadamente esta zona climática. Se espera que a partir de 1977, ICRISAT financiará y aportará personal para este programa en la sede del CIMMYT, sobre bases de cooperación similares al proyecto de papa mencionado antes.

Mejoramiento de maíz en África Tropical. Comenzando en 1976, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) y el CIMMYT convinieron en hacer planes conjuntos para sus actividades respectivas sobre mejoramiento de maíz en África Tropical. Esto incluye el mejoramiento en el CIMMYT con respecto al virus rayado del maíz y a la prueba de resistencia en el IITA y en otros sitios de África, a fin de superar una de las restricciones más severas para la producción de maíz en África. No se ha propuesto el intercambio de personal o de fondos entre el IITA y el CIMMYT.

Cooperación con Kenya. El CIMMYT ha asignado a Kenya a un científico de trigo y a un economista. Mediante un acuerdo con el

Laboratorio Internacional de Investigación sobre Enfermedades del Ganado (ILRAD), estos miembros del personal del CIMMYT dependerán de los servicios administrativos del ILRAD, sobre bases de reembolso, a medida que el nuevo laboratorio de enfermedades del ganado desarrolla sus propias facilidades y personal, y queda en posibilidad de compartir sus servicios.

Arreglos administrativos conjuntos en programas nacionales. Las pláticas recientes de programa externo en Pakistán, Nepal y otros países, han destacado la necesidad de contar con servicios administrativos comunes que estén a disposición de todos los centros internacionales que operan en un mismo país. En Pakistán, estas facilidades comunes están tomando forma bajo el patrocinio del Consejo de Investigación Agrícola que está elaborando acuerdos de uso por separado con el

CIMMYT, el IRRI, el CIP y posiblemente otros centros. De igual manera, en Nepal se están desarrollando servicios comunes bajo el patrocinio del Ministerio de Agricultura con la ayuda del Servicio Internacional de Desarrollo Agrícola. Estos servicios se pondrán inicialmente a disposición del CIMMYT, el IRRI y el CIP. Se trata de un esquema flexible, que probablemente sea adoptado o adaptado por otros programas nacionales.

Programa propuesto sobre mejoramiento de trigo y cebada. El Consejo Directivo del CIMMYT ha recomendado a los miembros de la Junta Directiva del Centro Internacional para la Investigación Agrícola en Regiones Áridas (ICARDA) que se estructure un programa conjunto ICARDA-CIMMYT para el Mejoramiento del Trigo y la Cebada en la Región del Mediterráneo y en el Medio Oriente.

INFORME ESPECIAL

EXPERIENCIA DEL CIMMYT CON BECARIOS DOCTORALES 1966-1976

Durante la década que termina en 1976, el CIMMYT ha supervisado 88 becarios postdoctorados y predoctorados. Los nombres de los becarios se enlistan abajo. Cuando hace poco el personal del CIMMYT revisó esta experiencia de adiestramiento, se encontró con algunos hechos interesantes que ayudarán a estructurar las becas futuras.

Becas en postdoctorado. El becario postdoctorado en el CIMMYT generalmente tiene un nombramiento de dos años, durante los cuales sirve como investigador asociado que lleva a cabo estudios al lado del personal internacional. El CIMMYT acepta becarios solamente si el trabajo que ellos desempeñan contribuye directamente al programa básico

del CIMMYT. En la década que termina en 1976, 43 becarios postdoctorados de 19 países recibieron experiencias en el CIMMYT. Veintitrés de ellos procedían de países en desarrollo y el resto de países industrializados:

America Latina

Argentina
Barbados
Chile
Ecuador
El Salvador
México

Asia

India
Japón
Tailandia
Turquía

Europa

Alemania
Dinamarca
Irlanda
Países Bajos
Suecia
Reino Unido

Otros

Australia
Canadá
EUA

Beccarios en postdoctorado en el CIMMYT, 1966-1976

Nombre y disciplina	Origen	Perfodo	Fuente de financiamiento	Empleo subsiguiente
C De León Fitopatología de maíz	México	1967-69	CIMMYT	CIMMYT
G. Díaz C Entomología de maíz	México	1967-69	CIMMYT	Gob. de México
G. Kingma Fitomejoramiento de maíz	Holanda	1967-69	CIMMYT	CIMMYT
E. Rodríguez Fitopatología de trigo	México	1968-70	CIMMYT	CIMMYT
A.F.E. Palmer Fisiología de maíz	Reino Unido	1968-70	CIMMYT	CIMMYT
S. Jinahyon Fitomejoramiento de maíz	Tailandia	1968-70	CIMMYT	Gob. de Tailandia
S. Rajaram Fitopatología de trigo	India	1969-71	CIMMYT	CIMMYT
G. Granados R. Entomología de maíz	México	1969-71	FR	CIMMYT
B. Devecioglu Fitomejoramiento de trigo	Turquía	1969-70	FR CIMMYT	Gob. de Turquía
S.K. Vasal Fitomejoramiento de maíz	India	1970-71	CIMMYT	CIMMYT
D. MacKenzie Fitopatólogo de trigo	EUA	1970-72	FR	Centro Asiático de Investigación y Desarrollo de Plantas Hortícolas
V.L. Asnani Fitomejoramiento de maíz	India	1970-71	FR	IITA
M.M. Kohli Fitomejoramiento de trigo	India	1971-72	CIMMYT	CIMMYT
K.D. Sayre Fitomejorador de papa	EUA	1971-73	FR	CIP
S. Sriwatanapongse Fitomejoramiento de maíz	Tailandia	1971-73	CIMMYT	Gob. de Tailandia
R.J. Redden Fitomejoramiento de trigo	Australia	1972-74	CIMMYT	IITA
W.L. Haag Agronomía de maíz	EUA	1973-74	FR	CIMMYT
D.H. Ris Lambers Fisiología de trigo	Holanda	1973-75	CIMMYT	IRRI
R.N. Wedderburn Protección vegetal en maíz	Barbados	1973-75	CIMMYT	CIMMYT
M.A. MacMahon Agronomía de triticale	Irlanda	1973-75	IDRC	CIMMYT

continúa

Becarios en postdoctorado en el CIMMYT, *continuación*

Nombre y disciplina	Origen	Período	Fuente de financiamiento	Empleo subsiguiente
R. McKBird Banco de germoplasma	EUA	1973-75	FR	Univ. de Colorado (USA)
R. Soza Agronomía de maíz	Chile	1973-74	CIMMYT	CIMMYT
K.S. Fischer Agronomía de maíz	Australia	1973-75	CIMMYT	CIMMYT
A. Merker Citología de triticale	Suecia	1973-74	IDRC	Asoc. de Semilla de Suecia
S.P. Singh Fitomejoramiento de sorgo	India	1973-75	IDRC	CIMMYT
E. Moscardi Economía	Argentina	1975-76	CIMMYT	CIMMYT
S. Pandey Fitomejoramiento de maíz	India	1974-	UNDP	**
R.A. Kirkby Protección vegetal en maíz	Reino Unido	1974-	CIMMYT	**
W.A. Stoop Agronomía/fisiología de maíz	Holanda	1974-	CIMMYT	CIMMYT
J. James Cruzas amplias en maíz	Reino Unido	1974-	ODM/ CIMMYT	**
H.S. Córdova Fitomejoramiento de maíz	El Salvador	1975-	CIMMYT	CIMMYT
H.E. Vivar Fitomejoramiento de trigo	Ecuador	1975-	CIMMYT	**
P.C. Wall Fisiología de trigo	Irlanda	1975-	CIMMYT	**
D. Leihner Agronomía de trigo	Alemania	1975-	Gob. de Alemania	**
J.B. Thomas Cruzas amplias de trigo	Canada	1975-	CIMMYT	**
T.C. Stilwell Agronomía/fisiología de maíz	EUA	1975-	CIMMYT	**
J.A. Mihm Protección vegetal en maíz	EUA	1975-	CIMMYT	**
P.G. Goertz Fitomejoramiento de maíz	Alemania	1975-	Gob. de Alemania	**
S. Taba Fitomejoramiento de maíz	Japón	1975-	UNDP	**
G. Ortíz Fitomejoramiento de trigo	Mexico	1976-	CIMMYT	**

continúa

Becarios en postdoctorado en el CIMMYT, *continuación*

Nombre y disciplina	Origen	Período	Fuente de financiamiento *	Empleo subsiguiente
J. Hanson Fitomejoramiento de maíz	Reino Unido	1976-	CIMMYT	**
V. Rodríguez V. Fitomejoramiento de maíz	El Salvador	1976-	CIMMYT	**
B. Skovmand Fitomejoramiento de trigo	Danamarca	1976-	CIMMYT	**

* FR - Fundación Rockefeller; CID - Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá); UNDP - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; ODM - Ministerio del Desarrollo de Ultramar (Reino Unido); 66 Prosiguen la beca y la estadía.

Veintiocho de estos investigadores concluyeron su estadía a principios de 1976 y se emplearon con diversas entidades. El CIMMYT considera que la elección del empleo revela algo acerca del valor de la experiencia que recibieron. Los empleos tomados fueron como sigue:

Se incorporaron el personal del CIMMYT 17
Se incorporaron a otro centro agrícola internacional 5
Se incorporaron a instituciones de investigación de su propio gobierno (país en desarrollo) 4
Se incorporaron al personal docente de una Universidad o a una compañía privada productora de semillas 2
Todos estos exbecarios obtuvieron empleo en el campo profesional con que fueron adiestrados.

Becarios predoctorados. Los becarios predoctorados más ordinariamente pasan de 12 a 18 meses en el CIMMYT donde llevan a cabo la investigación para su tesis bajo la supervisión del CIMMYT, a fin de calificar para el grado de maestría o doctorado. Los arreglos hechos son mutuamente aceptables para la universidad que concederá el grado. Durante la década que termina en 1976, 45 predoctorados fueron recibidos en el CIMMYT, procedentes de 18 países:

Asia	América Latir
Japón	Argentina
Malasia	Colombia
Pakistán	El Salvador
Africa	Honduras
Argelia	México
Camerún	Otros
Egipto	Reino Unido
Costa de Marfil	EUA
Kenya	
Túnez	
Uganda	
Zaire	

El adiestramiento en predoctorado se ajusta a las necesidades de la mayoría de los candidatos de los países en desarrollo, y también a las necesidades de sus gobiernos. De aquí que más de dos tercios de los becarios predoctorales del CIMMIT hayan provenido de países en desarrollo, y que la mayoría de ellos planeen servir a sus gobiernos al obtener su grado.

Investigación en equipo. En la actualidad, hay seis becarios predoctorales de la Universidad de Cornell (EUA) dedicados a la "investigación en equipo". Es decir, hacen su investigación de tesis en el CIMMYT EN temas relacionados, pero para diferentes departamentos académicos de la Universidad. El grupo está constituido por un fitomejorador de maíz, un entomólogo de maíz, un fitopatólogo de maíz, un agrónomo de maíz,

Beccarios predoctorales y candidatos a maestría que han hecho su investigación de tesis en el CIMMYT bajo la supervisión del CIMMYT, 1966-1976

Candidato e institución	Origen	Período	Patrocinador *	Empleo subsiguiente*
G. Martínez V. Comunicaciones Univ. de Wisconsin	México	1966-67	FF/CIMMYT	CIMMYT
A. Puente B. Suelos Univ. del Edo. de Iowa	México	1968-69	FR (Plan Puebla)	Banca Privada
G. Granados R. Entomología - maíz Univ. del Edo. de Kansas	México	1968-69	FR/CIMMYT	CIMMYT
L.A. Elías Barragán Entomología - maíz Univ. del Edo. de Kansas	México	1968-69	FR/CIMMYT	Agroindustria privada
R. Coffman Fitomejoramiento - trigo Univ. de Cornell	EUA	1970-71	FR/Cornell	IRRI
J Yamaguchi Fisiología de maíz Univ. de Hokkaido	Japón	1970-72	CIMMYT	Univ. de Hokkaido (Japón)
M. Splitter Fitomejoramiento - maíz Univ. de Cornell	EUA	1970-72	FR/Cornell	CIMMYT
M. Alcalá D. Agronomía - trigo Univ. del Edo. de Oregon	México	1970-73	FR	CIMMYT
D. Sperling Fitomejoramiento - maíz Univ. de Cornell	EUA	1971-72	FR/Cornell	CIMMYT
H. Díaz C. Desarrollo Agrícola Univ. de Wisconsin	México	1970-74	FR/CIMMYT	Gob. de México
N'G. Bosso Fitomejoramiento - maíz Univ. de Cornell	Costa de Marfil	1971-75	FF/CIMMYT	Gob. Costa de Marfil
A.A. Ismail Fitomejoramiento - maíz Univ. de Cornell	Egipto	1971-74	FF/CIMMYT	Gob. de Egipto
D. Midmore Fitomejoramiento - trigo Univ. de Reading	Reino Unido	1973-75	ODM	Gob. del Reino Unido
I. Timti Patología de maíz Univ. del Edo. de Kansas	Camerún	1973-76	FF	Gob. de Camerún

continúa

Becarios en postdoctorado en el CIMMYT, *continuación*

Candidato e institución	Origen	Período	Patrocinador *	Empleo subsiguiente *
F. Bidinger Agronomía - maíz Univ. de Cornell	EUA	1972-76	FR	ICRISAT
P. Marko Ext. Agrícola Univ. de Reading	EUA	1972-74	CIMMYT	CIMMYT
J.L. Maya de L. Fitomejoramiento - trigo Univ. del Edo. de Oregon	México	1972-75	FR	Gob. de México
E. Moscardi Economía Agrícola Univ. de California	Argentina	1972-75	Univ. de Calif/CIMMYT	CIMMYT
J. Cutié Economía Agrícola Univ. de Wisconsin	El Salvador	1972-74	FF/Univ. de Wisconsin/CIMMYT	Universidad
H. Colmenares Economía Agrícola Univ. de Wisconsin	Colombia	1972-74	FF/CIMMYT	Gob. de Colombia
J. Gerhart Administración Pública Univ. de Princeton	EUA	1973-75	FF/CIMMYT	FF
S. Gafsi Economía Agrícola Univ. de Minnesota	Túnez	1973-75	FF/Minnesota/CIMMYT	Banco Mundial
M. Mwamufiya Economía Agrícola Univ. del Edo. de Oregon	Zaire	1974-	USAID/CIMMYT	**
E. Ortega Bioquímica Univ. del Edo. de Kansas	México	1973-75	FR	CIMMYT
B.R. Khan Agronomía Univ. del Edo. de Kansas	Pakistán	1973-76	FF	Gob. de Pakistán
M.S. Khan Agronomía Univ. del Edo. de Kansas	Pakistán	1973-76	FF	Gob. de Pakistán
A. López B. Patología de trigo Univ. del Edo. de Oregon	México	1973-	FR/CIMMYT	**
L. Adem Sistema trigo/medicado Ins. Agrícola de Waite	Argelia	1974-	FF/CIMMYT	**

continúa

Becarios predoctorales y candidatos, *continuación*

Candidato e institución	Origen	Período	Patrocinador *	Empleo subsiguiente *
A. Dahmane Sistema trigo/medicado Inst. Agrícola de Waite	Túnez	1974-	FF/CIMMYT	**
M Nyanguila Agronomía Univ. del Edo de Kansas	Zaire	1973-76	Gob. de Zaire	Gob. de Zaire
M. Makambo Agronomía Univ. del Edo. de Kansas	Zaire	1974-	Gob. de Zaire	**
B. Bimayala Agronomía Univ. del Edo. de Iowa	Zaire	1974-	Zaire	**
M. Ngandu Agronomía - maíz Univ. del Edo. de Iowa	Zaire	1974-	Zaire	**
M. Athar Fitomejoramiento - maíz Univ. del Edo. de Kansas	Pakistán	1975-	USAID/ Gob. de Pakistán	**
R. Maurer Agronomía - trigo Univ. de Nebraska	México	1975-	FR	**
P. Brajcich Fitomejoramiento - trigo Univ. del Edo. de Oregon	México	1975-	FR/CIMMYT	**
B. Muruli Ciencias vegetales Univ. de Edo. De Kansas	Kenya	1975-	FF	**
M. Contreras Patología de maíz Univ. de Cornell	Honduras	1975-	FR/CIMMYT	**
D. Galt Economía agrícola Univ. de Cornell	EUA	1975-	FR/CIMMYT	**
F. Peairs Entomología de maíz Univ. de Cornell	EUA	1975-	FR/CIMMYT	**
M. Rodríguez Suelos/Agronomía de maíz Univ. de Cornell	Colombia	1975-	FR/CIMMYT	**
S. Muchena Fitomejoramiento - maíz Univ. de Cornell	Rhodesia	1975-	NORAD/CIMMYT	**

continúa

Becarios predoctorales y candidatos, *continuación*

Candidato e institución	Origen	Período	Patrocinador *	Empleo subsiguiente *
K. Nor Biometría Univ. de Cornell	Malasia	1976-	Univ. Malasia/ CIMMYT	**
P. García Economía agrícola Univ. de Cornell	EUA	1976-	FF/CIMMYT	**
S. S. Shabani Patología de maíz Univ. Agrícola Mecánica de Texas.	Zaire	1976-	Zaire	**

* IRRI — Instituto Internacional de Investigaciones sobre Arroz; Icrisat - Instituto Internacional de Investigaciones sobre Cultivos de los Trópicos Semiáridos; FF — Fundación Ford, FR — Fundación Rockefeller; ODM — Ministerio del Desarrollo de Ultramar (Reino Unido); USAID — Agencia Noruega para el Desarrollo Internacional.

un edafólogo y un economista agrícola. Además de adiestrarse en una disciplina básica, cada participante adquiere experiencia como parte de un equipo interdisciplinario. En 1975, cinco candidatos a maestría de la Universidad del Estado de Kansas (EUA) se dedicaron a investigación en equipo en el CIMMYT y produjeron tesis en temas estrechamente relacionados, aunque obtuvieron sus grados de diferentes departamentos académicos.

Beneficios. La experiencia de 10 años de becarios postdoctorales sugiere que el CIMMYT puede manejar simultáneamente hasta 26 becarios con residencia en México y que la experiencia adquirida por los becarios puede preparar a un joven científico de un

país en desarrollo para que sirva a su propio gobierno, o para que se incorpore al personal de un centro internacional.

Durante la década pasada, el CIMMYT reclutó a 22 nuevos científicos de entre sus becarios postdoctorales y predoctorales. En el curso de la misma década, los puestos dentro del personal internacional se expandieron de 8 a casi 80 (combinando el personal asignado a la sede y el comisionado al programa externo). Los becarios doctorales pasaban entonces a través de un programa de selección y de un proceso de adiestramiento. Durante la segunda mitad de la década de 1970, se acentuará aún más la preparación de jóvenes científicos que sirvan a los gobiernos de sus países. Esto influirá en la elección de los candidatos.

SPECIAL REPORT
CIMMYT PUBLICATIONS 1965-1975

Below is a list of bulletins, pamphlets, and proceedings published by CIMMYT during the past decade.

1965

Chromosome morphology of certain races of maize in Latin America. Albert E. Longley and Takeo A. Kato. Y. 112 p.

1966

Statistical genetic theory and procedures useful in studying varieties and intervarietal crosses in maize. C.D. Gardner and J.H. Lounquist. 34 p.

Preliminary reports of the first three Inter-American and the first two Near East-American spring wheat yield nurseries. 130 p.

Third Near East-American spring wheat yield nursery, 1963-1965. Charles F. Krull, et al. 66 p.

Teoría genético-estadística y procedimientos útiles para el estudio de las variedades y cruzamientos inter-varietales de maíz. C.D. Gardner y J.H. Lounquist. 34 p.

Trigo híbrido: su potencial para alimentar una creciente población mundial. Ricardo Rodríguez, et al. 48 p.

Germoplasma exótico para el mejoramiento del maíz en los Estados Unidos. E.J. Wellhausen 23 p.

1967

Fourth Inter-American spring wheat yield nursery, 1963-1964. Charles F. Krull, et al. 56 p.

Hybrid wheats: their development and food potential. Ricardo Rodríguez, et al. 37 p.

CIMMYT annual report 1966-67. 103 p.

Mejoramiento genético del anfiploide triticale. Marco Antonio Quiñones Leyva. 98 p.

Informe anual CIMMYT 1966-67. 103 p.

1968

CIMMYT annual report 1967-68 99 p.

Field technique for fertilizer experiments. Reggie J. Laird. 48 p.

First international spring wheat yield nursery, 1964-65. Charles F. Krull, et al. 98 p.

Second international spring wheat yield nursery, Charles F. Krull, et al. 98 p.

Variability in the lysine content of wheat, rye, and triticale proteins. Evangelina Villegas, et al. 32 p.

Informe anual CIMMYT 1967-68. 99 p.

Técnicas de campo para experimentos con fertilizantes. Reggie J. Laird. 48 p.

Producción de maíz en Centroamérica. Reconocimiento de experiencias en programas de fomento. D.T. Myren and S.G. Manger. 16 p. (reimpreso)

1969

A modified method for rapid tripotphan analysis of maize Horacio Hernández H. and Lynn S. Bates. 7 p.

Combining data from fertilizer experiments into a function useful for estimating specific fertilizer recommendations. R.J. Laird, et al. 30 p.

A green revolution yields a golden harvest. Norman E. Borlaug, et al. 11 p. (reimpreso)

CIMMYT report 1968-69. 122 p.

Informe anual CIMMYT 1968-69. 122 p.

1970

A survey on stem rust resistance in the USDA world durum collection and in CIMMYT durum breeding lines. S. Rajaram, et al. 25 p.

Third international spring wheat yield nursery, 1966-67. Keith W. Finlay et al. 74 p.

First and second international screening nurseries (1967-1969). David McKenzie, et al. 28 p.

The Puebla Project 1967-69. 120 p.

Strategies for increasing agricultural production on small holdings. 86 p.

CIMMYT annual report 1969-70. 138 p.

El Proyecto Puebla 1967-69. 120 p.

Estrategias para aumentar la productividad agrícola en zonas de minifundio. 86 p.

Informe anual CIMMYT 1969-70 138 p.

1971

Bibliography of corn, Vol. I, II, III. 1887 p.

Bibliography of wheat, Vol. I, II, III. 2239 p.

Chemical screening methods for maize protein quality at CIMMYT. Evangelina Villegas and Edwin T. Mertz. 14 p.

Fourth international spring wheat yield nursery, 1967-1968. 77 p.

Fifth international spring wheat yield nursery, 1968-1969. 78 p.

A survey on leaf rust resistance on the USDA world durum collection. S. Rajaram, and J.F. Surtai. 32 p.

Third international bread wheat screening nurseries

- (series A and B) 1969-1970. David R. McKenzie. 23 p.
- Progress in developing triticale as an economic crop. F.J. Zillinsky and N.E. Borlaug. 27 p.
- Proceedings of the first maize workshop. 107 p.
- CIMMYT annual report 1970-71. 114 p.
- Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de la proteína del maíz.** Evangelina Villegas y Edwin T. Mertz. 14 p.
- Informe anual CIMMYT 1970-71. 114 p.
- Methodes chimiques employées par CIMMYT dans la détermination et l'évaluation de la qualité de la protéine du maïs.** Evangelina Villegas, Edwin T. Mertz. 15 p.
- 1972**
- Sixth international spring wheat yield nursery 1969-1970. 80 p.
- The international wheat and maize nurseries. Handbook for fertilizer conversions to basic units. Dr. R. McKenzie and John Cadavid. 7 p.
- Preliminary summary of the first international elite selection yield trials (1 and 2). A spring wheat yield nurseries, 1969-1970. 41 p.
- First elite selection yield trial-1 and elite selection yield trial-2 1969-1970. 41 p.
- Preliminary summary of the second international elite selection yield trials. (1 and 2). A spring wheat yield nursery, 1970-1971. 36 p.
- First international maize adaptation nursery (IMAN) 1970-1971. 55 p.
- First international durum yield nursery 1969-1970 48 p.
- First international triticale yield nursery, 1969-1970. 53 p.
- Report on the grain quality of the entries in "the seventh international spring wheat yield nursery" 1970-1971. 12 p.
- The green revolution, peace and humanity. Norman E. Borlaug. 38 p. (reimpreso)
- La revolución verde, paz y humanidad. Norman E. Borlaug. 38 p. (traducción)
- 1973**
- Proceedings wheat, triticale and barley seminar. 378 p.
- Second and third international triticale yield nurseries 1970-71, 1971-72. 103 p.
- Triticale breeding and research at CIMMYT. A progress report. F.J. Zillinsky. 84 p.
- Treatment design for fertilizer use experimentation. Foster B. Cady and Reggie J. Laird. 30 p.
- Seventh international spring wheat yield nursery, 1970-1971. 107 p.
- CIMMYT annual report 1972. 151 p.
- Mejoramiento e investigación sobre triticale en el CIMMYT. F.J. Zillinsky. 78 p.
- Informe anual del CIMMYT 1972. 152 p.
- 1974**
- Third international opaque-2 maize trials, 1972-73. 40 p.
- Eighth international spring wheat yield nursery, 1971-1972. 132 p.
- Ninth international spring wheat yield nursery, 1972-1973. 133 p.
- Second and third international durum yield nurseries. 114 p.
- CIMMYT report on wheat improvement, 1973. 112 p.
- CIMMYT report on maize improvement, 1973. 74 p.
- Epidemiology of wheat rusts in the western hemisphere, Sanjaya Rajaram, Armando Campos V. 27 p.
- CIMMYT review 1974, 96 p.
- Proceedings—world wide maize improvement in the 70's and the role for CIMMYT. 393 p.
- Maize diseases, 1974. Carlos De Leon. 77 p.
- Informe del CIMMYT sobre el mejoramiento de maíz, 1973. 84 p.
- Informe del CIMMYT sobre el mejoramiento de trigo, 1973. 117 p.
- Epidemiología de las royas del trigo en el hemisferio occidental, Sanjaya Rajaram, Armando Campos V. 28 p.
- Memoria—el mejoramiento del maíz a nivel mundial en la década del setenta y el papel del CIMMYT. 393 p.
- Enfermedades del maíz. 1974. Carlos De Leon. 77 p.
- Revisión de programas 1974. 94 p.
- Evaluación de avances y problemas en la obtención de especies forestales resistentes a la roya. N.E. Borlaug. 50 p. (traducción)
- Evolucionar o perecer. N.E. Borlaug. 30 p. (traducción)
- La productividad agrícola y el problema alimentario de la población humana. R.J. Laird. 43 p. (traducción)
- La producción de alimentos a nivel mundial para el futuro. N.E. Borlaug, 8 p. (traducción)
- Maladies du maïs. Carlos De Leon. 77 p.
- 1975**
- The potential for increasing cereal and livestock production in Algeria. E.D. Carter. 54 p.
- CIMMYT review 1975. 104 p.

- This is CIMMYT 46 p.
- High-quality protein maize-proceedings of the CIMMYT-Purdue symposium on protein quality in maize. 524 p.
- The Puebla Project, seven years of experience, 1967-1973. 118 p.
- India's high yielding varieties programme in wheat V.S. Vyas, 1966-67 to 1971-72. 35 p.
- Fourth international tritricale yield nursery, 1972-1973. 47 p.
- Fourth international durum yield nursery 1972-1973. 60 p.
- Fifth international durum yield nursery, 1974-75. 76 p.
- Results of the first to fifth international durum screening nurseries (IDSN). 1969-1974. 72 p.
- Quality protein maize. Anthony Wolff. 16 p.
- Durum wheat: New age for an old crop. Steven A. Breth. 16 p.
- The return of medic. Steven A. Breth. 16 p.
- Some ways international research programs can assist advanced nations, E.W. Sprague. 8 p. (reimpreso)
- National production programs for introducing high-quality protein maize in developing countries. E.W. Sprague. 9 p. (reimpreso)
- The uneven prospects for gains from agricultural research related to economic policy. T.W. Schultz, 8 p. (reimpreso)
- Potential for improving production efficiency of cereals. R.G. Anderson. 8 p. (reimpreso)
- Developing agricultural research personnel. E.W. Sprague. 9 p. (reimpreso)
- The field support functions of the agricultural experiment station in the developing countries. C.R. Pomeroy. 16 p. (reimpreso)
- A comparison of maize diseases in temperate and tropical environments. B.L. Renfro and A.J. Ullstrup. 10 p. (reimpreso)
- Revisión de Programas 1975. 112 p.
- Este es el CIMMYT, 1975. 46 p.
- Maíz de alta calidad proteínica, Anthony Wolff. 16 p.
- Trigo duro: Nueva era para un cultivo antiguo, Steven A. Breth. 16 p.
- Preparación del personal para la investigación agrícola. E.W. Sprague. 9 p. (traducción) .
- Las desiguales perspectivas de ganancias de la investigación agrícola en relación a la política económica. T.W. Schultz. 8 p. (traducción) .
- Programas nacionales de producción para introducir maíz de alta calidad proteínica a los países en desarrollo. E.W. Sprague. 8 p. (traducción) .
- Una comparación de las enfermedades del maíz en ambientes templados y tropicales. B.L. Renfro, y A.L. Ullstrup. 11 p. (traducción) .
- La estación agrícola experimental, sus funciones de apoyo para trabajos en el campo en los países en desarrollo. C.R. Pomeroy. 16 p. (traducción) .
- Le potentiel de développement de la production céréalière et de l'élevage en Algérie. E.D. Carter, 1975. 72 p.

INFORMACION ESPECIAL:

EVALUACION DEL PROGRAMA DE ADIESTRAMIENTO EN TRIGO DEL CIMMYT

Este artículo fue escrito por Burton E. Swanson, profesor asistente del Colegio de Educación, Universidad de Illinois (EUA), y se ha traducido de: Journal of Agronomic Education 4:85-89, bajo permiso del autor y de la Sociedad Americana de Agronomía 1

El programa de adiestramiento en trigo en México es una parte integral del programa externo general del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo para poner a disposición de los agricultores de las principales zonas productoras de trigo del trópico y subtropico la nueva tecnología triguera. Los programas nacionales vigorosos son parte esencial de esta estrategia internacional de mejoramiento de trigo, tanto en el proceso de generar y diseminar tecnología mejorada de trigo, como para lidiar con los problemas tecnológicos (primordialmente problemas de epifitias) que constituyen una amenaza potencial para el precario balance alimentario de países densamente poblados.

Cuando la revolución triguera comenzó a difundirse fuera de las fronteras de México a principios de la década de los sesentas, particularmente a Sudasia y el Medio Oriente, los programas nacionales de mejoramiento de trigo de los países menos desarrollados eran de ordinario débiles y deficientemente organizados. Por tanto, el CIMMYT organizó un programa de adiestramiento en servicio que ayudase a elevar la capacidad técnica del personal de investigación de estos programas nacionales de mejoramiento de trigo. Desde que el CIMMYT comenzó su programa internacional de adiestramiento en trigo a principios de los sesentas, más de 300 participantes de unos 40 países se han capacitado en México. A fines de 1972 se inició un estudio de seguimiento a efecto de determinar cuán eficaz había sido este enfoque de adiestramiento para satisfacer los requerimientos de trabajo de los exbecarios. Se envió por correo un cuestionario a todos los exbecarios que habían regresado a sus trabajos en sus países de origen y que habían

estado allí por lo menos durante 6 meses. De los 183 exbecarios a quienes se les enviaron cuestionarios, 134 contestaron (73.2%) 2 Los datos reportados en este documento se basa en el estudio de seguimiento. 3

Un perfil seleccionado de becarios. El mayor acento del programa de adiestramiento en trigo del CIMMYT se dirige hacia los investigadores de nivel medio. En esta sección se presentan datos para caracterizar a los becarios que fueron seleccionados para participar en el programa de adiestramiento en mejoramiento de trigo.

La edad promedio de los becarios que vienen a México fue de 30.6 años, y casi todos fueron hombres. Hubo solamente dos mujeres. Aunque el CIMMYT prefiere seleccionar becarios con licenciatura como mínimo, se encontró que el 21% tenían un nivel académico más bajo que la licenciatura cuando vinieron a México. Del resto, el 58% tenía licenciatura y el 21% tenía maestría o doctorado.

Varios autores han indicado que el personal agrícola seleccionado para cursar adiestramiento académico en los Estados Unidos provienen frecuentemente de áreas urbanas y está poco familiarizado con los problemas agrícolas de sus países de origen (Mellor, 1963; Wharton 1959). A los exbecarios se les plantean varias preguntas para saber más acerca de sus antecedentes. En primer lugar, se encontró que el 61% había crecido (por lo menos hasta los 12 años de edad) en áreas rurales, mientras que el 39% indicó haber crecido en ambientes urbanos. De los exbecarios respondientes, el 47.5% indicó que sus padres trabajaban en ocupaciones agrícolas (casi todos eran agricultores, propietarios de sus fincas); el resto de los padres de los exbecarios tenían empleos en los negocios (20.0%), el gobierno (13.3%), la industria (7.5%), docencia (5.8%), una profesión (4.2%), o el ejército (1.7%).

Todos los becarios del CIMMYT tenían empleo antes de ir a México a adiestrarse y el

98% estaba asociado con trabajos de mejoramiento de trigo. En promedio, los becarios habían trabajado 6 años en eso antes de ser seleccionados para adiestrarse en México. La mayoría se había dedicado activamente a la investigación de campo antes de venir a México (83.5%); el resto se había dedicado a labores de extensión en el campo (6.5%), investigación de laboratorio de invernadero (5%), trabajos de administración (5%).

Objetivos y metodología del adiestramiento. El programa de adiestramiento se desarrolla en torno a tres objetivos educacionales principales: (i) impartir a los adiestrandos las pericias y conocimientos de investigación que se necesitan para manejar un programa de mejoramiento de trigo, (ii) alentar y desarrollar la habilidad de los adiestramientos para crear (sintetizar) nuevas formas de tecnología triguera, y (iii) provocar tipos específicos de cambio de actividades entre los adiestrandos.

Adiestramiento técnico. La primera mitad del período regular de adiestramiento en mejoramiento de trigo que es de 8 a 9 meses, se dedica en gran parte a la mecánica de llevar a cabo un programa de investigación eficiente y bien organizado. Los adiestrandos aprenden las habilidades y técnicas de investigación necesarias para manipular y evaluar nuevas formas de tecnología triguera. Esta capacitación se logra mediante el "adiestramiento en el trabajo" (Laird, 1972, págs. 22-24).

Los becarios siguen el programa de trigo del CIMMYT a través de cada etapa del ciclo de crecimiento (y del desarrollo varietal); cada tarea de la operación se discute primero en el aula y luego se demuestra en el campo.

Luego de que el becario ha tenido la oportunidad de practicar la pericia del caso y de que se verifica su proeficiencia razonable, procede a ayudar a realizar cada tema de investigación dentro del programa de investigación en marcha.

Una vez que el adiestrando ha aprendido cómo llevar a cabo un programa de investigación, él puede hacer hincapié

creciente en el contenido o los materiales, a través del programa de investigación. En términos de objetivos educacionales, se enfatiza la síntesis (Bloom, 1956, págs. 162-72). La tarea del equipo de fitomejoramiento es crear (sintetizar) nuevas líneas genéticas mediante la combinación o recombinación de diversos tipos de germoplasma. Para lograr efectividad y eficiencia en el desarrollo de variedades mejoradas de alto rendimiento, el adiestrando debe familiarizarse crecientemente con las características y materiales genéticos que intenta manipular. Por ejemplo, un científico experimentado del programa de trigo del CIMMYT puede caminar por una parcela de una generación avanzada —y hay cientos de esas parcelas— y mediante su sola inspección ocular, puede dar la genealogía aproximada de la línea (de varios cientos de líneas y variedades progenitoras potenciales), dar varias razones de por qué se hizo la cruce, y evaluar las características fenotípicas de la línea. Al trabajar al lado de científicos experimentados en el programa de trigo del CIMMYT, y al plantear o al serle planteada la pregunta "¿por qué", los adiestrandos comienzan luego a desarrollar habilidad e introspección en cuanto al proceso creativo de la ingeniería genética.

Cambio de actitudes. Hay una expresión muy utilizada en el programa de adiestramiento en trigo del CIMMYT: "Las plantas te hablan, pero para oír las tienes que usar tus ojos." Es decir, las plantas de trigo que se cultivan bajo condiciones muy diversas (ambientes favorables y desfavorables para el crecimiento) responden de manera diferente a dichas condiciones. Un buen observador es capaz de detectar cómo reaccionan las plantas a cada una de estas condiciones ambientales y, con base en estas reacciones, seleccionar las líneas genéticas de mayor potencial.

Los científicos del CIMMYT emplean una técnica de selección/adiestramiento semejante, aunque algo controvertida en el programa de capacitación. Algunos observadores han criticado al CIMMYT por "usar" a los adiestrandos para realizar

—como parte de su capacitación—, las tareas tediosas y rutinarias de investigación, tales como inocular las poblaciones segregantes con esporas de royas 5. Las inoculaciones artificiales con patógenos es una tarea que el CIMMYT necesita hacer y requiere de unas dos semanas de trabajo duro y laborioso, a través de parcelas lodosas (muchas veces bajo la lluvia), inyectando dos macollos de cada planta F₂ con una jeringa llena de inóculo de enfermedades.

Luego de la primera mañana de realizar esta tarea, no hay adiestramiento técnico adicional en la actividad; sin embargo, lo que el personal del CIMMYT aprende sobre la "población de adiestrandos" durante esas dos semanas es importante. Algunos becarios pueden disfrazar su disgusto por este tipo de trabajo durante una o dos mañanas, pero después de una semana o 10 días, los becarios claramente segregan con respecto a su reacción al "trabajo duro de campo". Algunos pudieran desempeñar la tarea cuando algunos científicos del CIMMYT andan cerca, pero cuando éstos se retiran, los becarios se van a descansar a la sombra de un árbol (representando una actitud de "acatamiento", dado este tipo de comportamiento). Otros se reportan enfermos por algunos días a fin de evitar el trabajo (no-acatamiento), y otros más se pasan el tiempo en el campo, desempeñando sus tareas. El CIMMYT desea particularmente identificar a este último grupo de adiestrandos que "se han identificado con" o han "internalizado" actitudes positivas hacia este tipo de investigación (Kelman, 1958, pp. 51-160). El CIMMYT considera que en este último grupo el que comenzará a constituir el equipo básico de científicos de campo dentro de los programas nacionales de mejoramiento de trigo.

El equipo de trigo del CIMMYT concibe al programa de adiestramiento en México solamente como el primer paso de un largo proceso de capacitar investigadores eficaces y de consolidar programas nacionales de mejoramiento de trigo. En virtud de esta perspectiva a largo plazo, el programa de adiestramiento constituye un mecanismo para capacitar técnicos investigadores a la vez que

Cuadro 1. Nivel de satisfacción de los exbecarios con el programa general de adiestramiento técnico en el CIMMYT

Nivel de satisfacción	número	Porcentaje
Muy satisfecho	85	65.4
Algo satisfecho	42	32.3
Neutral	1	0.8
Algo insatisfecho	2	1.5
Muy insatisfecho	0	
Total	130	100.0

Cuadro 2. Nivel de uso del adiestramiento en las actividades actuales de los exbecarios

Nivel de uso	Número	Porcentaje
Poco o ningún uso del adiestramiento	8	6.4
Algún uso del adiestramiento	59	47.2
Uso cabal del adiestramiento	58	46.4
Total	125	100.0
No contestaron	5	

* Esta categoría incluye a 4 respondientes que continúan estudios de postgrado

Cuadro 3. Actividad actual de exbecarios del CIMMYT

Categoría o puesto	número	Porcentaje
Fitomejorador de trigo	76	58.4
Agrónomo de trigo	12	9.2
Fitomejorador (otros cultivos)	7	5.4
Patólogo de trigo	4	3.1
Tecnólogos de cereales	6	4.6
Especialista en tensión de trigo	5	3.8
Certificación de semilla de trigo	1	0.8
Encargado o jefe estación experimental	4	3.1
Técnico de investig. agrícola	1	0.8
Profesor de universidad	1	0.8
Administrador de extensión	1	0.8
Puesto administrativo (programa Nacional de trigo)	5	3.8
Otro tipo de puesto administrativo	3	2.3
Estudiante de postgrado	4	3.1
Totales	130	100.0

un instrumento de selección de "generación temprana" para identificar científicos en ciernes, con potencial para el trabajo de investigación, y orientados hacia los problemas prácticos de la investigación de campo. Se observa a los adiestrandos en México y de nuevo en su país de origen. A los que sobresalen en actitud, proyección, habilidad intelectual y conocimientos técnicos, se les identifica prioritariamente como candidatos a becas académicas. Al brindarle oportunidades de estudios superiores, se espera que se les promueva a puestos clave de investigación y dirección dentro de sus propios programas, en años futuros.

Resultados y análisis del estudio de seguimiento de los adiestrados. Se planteó a los becarios un cierto número de preguntas diferentes a fin de determinar cómo consideraban al programa de adiestramiento del CIMMYT en términos evaluativos en particular desde la perspectiva de su trabajo actual y de las condiciones de su país de origen.

En primer lugar, se les preguntó que estimaran el programa de adiestramiento técnico considerando su capacitación y experiencia antes de ir a México. Setenta y cinco respondientes (57.7%) indicaron que el adiestramiento técnico fue muy apropiado, en tanto que otros 51 (39.2) lo estimaron algo apropiado. Dos respondientes estuvieron indecisos, y solo otros dos (1.5%) indicaron su opinión de que el programa de adiestramiento técnico fue algo inapropiado con respecto a su capacitación y experiencia previas.

A los becarios se les pidió después que estimaran la adecuación del adiestramiento técnico considerando las condiciones de su país de origen. Setenta respondientes (54.7%) indicaron que la capacitación técnica fue muy apropiada, y otros 47 (36.7%) la estimaron algo apropiada para las condiciones de su país de origen. Tres respondientes (2.3%) estuvieron indecisos, mientras que ocho (6.3%) becarios lo consideraron algo inapropiado para las condiciones de su país de origen.

Finalmente, a los becarios se les pidió una estimación general de su experiencia de adiestramiento total en México (Cuadro 1) y luego que estimaran cuánto de dicho adiestramiento había podido emplear en su trabajo actual (Cuadro 2).

Además de solicitar directamente a los exbecarios que evaluaran el programa de capacitación y el nivel de uso de su adiestramiento, otro interés mayor fue el de determinar si ellos trabajaban aún en puestos donde podían hacer uso directo de su adiestramiento previo. Se les pidió primero que dieran el título descriptivo de su puesto actual (Cuadro 3). Según indican los datos, una alta proporción de los exbecarios trabajan todavía en las áreas de habilidad específica para los cuales fueron adiestrados — particularmente mejoramiento genético de trigo, agronomía de trigo, tecnología de cereales, patología de trigo o extensión de trigo.

Se pidió a los exbecarios que nombrasen los principales cultivos con que trabajan en sus actividades actuales. Noventa respondientes (71.4%) indicaron que sólo trabajaban con trigo y cebada, en tanto que otros 25 (19.8%) trabajaban con trigo y otros cultivos. Tres respondientes señalaron que sólo trabajaban con otros cultivos; tres dijeron que ya no trabajaban en ningún tipo de programa de mejoramiento de cultivos y cinco (además de los cuatro estudiantes de postgrado) no respondieron, pero presumiblemente ya no trabajan directamente en mejoramiento de trigo.

El desempeño de trabajo de los exbecarios dedicados activamente a mejoramiento del trigo en la época en que se realizó la encuesta (105 técnicos), se midió preguntando a cada uno cuántos experimentos de investigación, ensayos repetidos de investigación aplicada, cruza genética y parcelas demostrativas de producción habrían hecho, establecido o completado en 1972. Según se muestra en el Cuadro 4, los exbecarios realizan un número substancial de actividades de investigación de campo que tienden a enfatizar tipos de investigación aplicada o de desarrollo, particularmente en el área de mejoramiento y prueba de variedades.

El comportamiento de trabajo observado en los exbecarios es bastante consistente con los objetivos y la estrategia del adiestramiento seguidos por el CIMMYT. Más aún, según el análisis comparativo del programa de adiestramiento en trigo del CIMMYT con el programa de adiestramiento en investigación del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Arroz, fue posible determinar que este patrón de comportamiento de trabajo se explica en gran parte (por lo menos en estos dos casos) por el impacto del propio programa de capacitación

(como variable interviniente) más que por otras variables independientes, tales como las características personales de los exbecarios, los tipos de posiciones actuales de los exbecarios, o los tipos de organización donde trabajan los exbecarios 6. Por tanto se concluye que el programa de adiestramiento en trigo del CIMMYT ha tenido éxito en la capacitación de investigadores procedentes de países en desarrollo para que éstos lleven a cabo programas de investigación cuya meta es producir una mayor tecnología triguera.

Tipo de actividad	Becarios que realizan cada actividad (N = 105)		No. promedio actividades completadas por exbecarios N° 105
	N°	%	()
A. Experimentos de invernadero o laboratorio	13	12.4	1.37
B. Experimentos de campo en estaciones experimentales	56	53.3	5.62
C. Cruzas genéticas	56	53.3	227.10
D. Ensayos de investigación aplicada repetidos en est. experimentales	65	61.9	7.24
E. Ensayos de investigación aplicada repetidos en predios de agricultores	44	41.9	4.74
F. Parcelas de producción de alto rendimiento en terrenos de agricultores	37	35.2	3.71

*Las actividades de investigación medidas en esta variable se clasificaron en el estudio original en términos de un continuum general de investigación —en movimiento a partir de investigación experimental en las categorías superiores (Tipos A y B), a través de tipos de investigación o desarrollo en las categorías intermedias (tipos C, D y E), a la demostración de la tecnología mejorada para agricultores en las categorías de abajo (tipo F)— para determinar cuales tipos de actividades de investigación estaban enfatizando los exbecarios (Swanson, 1974. Training agricultural research and extension workers, págs. 163-166).

1/ Este documento fue escrito como parte de un proyecto de investigación sobre sistemas internacionales de transferencia de tecnología auspiciado por el Programa de Estudios Avanzados sobre Formación de Instituciones (PASITAM) del Consorcio de Universidades del Medio Oeste para Actividades Internacionales (MUCIA), mediante un

donativo 211 (d) de la Agencia para el Desarrollo Institucional de los Estados Unidos. La investigación original en la cual se basa este documento, fue apoyada por donativos del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Arroz, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo y el Centro de Estudios sobre Tenencia de la Tierra de la Universidad de

Wisconsin. Cuando este documento fue escrito, el autor era investigador asociado en el Departamento de Educación Continua y Vocacional, en la Universidad de Wisconsin en Madison, Wisc.

2/ Cuatro cuestionarios contestados se recibieron muy tarde y no fueron incluidos en el análisis.

3/ Burton E. Swanson. 1974. Training agricultural research and extension workers from less developed countries. Ph. D. Dissertation (inédita). págs. 101-187. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

4/ El CIMMYT ofrece ahora cuatro diferentes cursos de adiestramiento en mejoramiento de trigo. El programa original de fitomejoramiento se ha suplementado con cursos de tecnología de cereales, patología del trigo y producción de trigo (primordialmente para especialistas en extensión). Puesto que la mayoría de los respondientes del estudio de seguimiento había participado en el programa original de adiestramiento en mejoramiento de trigo, dicho curso se describe aquí. (Para información sobre los otros tres programas de adiestramiento, véase Swanson: Training agricultural research and extension workers).

5/ El-Togby, Hassan Ali, A. B. Joshi, Vernon Ruttan, and Howard A. Stepler. 1972. Report of the CIMMYT

external program review panel. (Memorandum interno) CIMMYT, México.

6/ Swanson. Training agricultural research and extension workers, p. 365-379

Literatura citada

Bloom, Benjamin, S. 1956. Taxonomy of educational objectives, handbook 1: Cognitive domain. David McKay Company, New York.

Kelman, H. C. 1958. Compliance, identification and internalization, three processes of attitudinal change. J. Conflict Resolution. 2:51-60.

Laird, Dugan H. 1972. Training methods for skills acquisition. American Society for Training and Development, Madison, Wis.

Mellor, John W. 1963. Professional training in agriculture for foreign students. p. 210-235. In Irwin T. Sanders (ed.). The professional education of students from other lands. Council on Social Work Education, New York.

Wharton, Clifton R., Jr. 1959. The U. S. graduate training of Asian agricultural economists. The Council on Economic and Cultural Affairs, Inc. New York.

**Fuentes de financiamiento del CIMMYT en 1975 y
aplicación de fondos Miles de US \$**

US \$ 6048

Ingresos básicos sin restricciones

- US \$ 1786 Banco Interamericano de Desarrollo
- 1765 Agencia para el Desarrollo Internacional de los EUA
- 650 Fundación Ford
- 625 Fundación Rockefeller
- 303 Gobierno de Alemania Federal
- 150 Gobierno de Dinamarca
- 110 Ministerio de Desarrollo de Ultramar (Reino Unido)
- 70 Programa de las N. U. para el Mejoramiento del Ambiente
- 10 Institute Mundial du Phosphate
- 579 Cargos administrativos e ingresos misceláneos

1758

Ingresos básicos restringido

- 1018 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Maíz de alta calidad proteínica/ proyecto de economía en Africa Oriental
- 562 Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional Proyecto de investigación en triticales
- 121 Banco Interamericano de Desarrollo Proyecto de maíz en Centroamérica y el Caribe
- 55 Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (canadá). Investigación sobre sorgos tolerantes al frío

1419

Ingreso para proyectos especiales

- 714 Función Ford¹
Proyectos en Argelia, Argentina, Egipto, Pakistán, Tanzania, Túnez; adiestramiento misceláneo
- 167 Banco Interamericano de Desarrollo
Adiestramiento en Maíz y Trigo
- 128 Función Rockefeller
Proyecto en Turquía; adiestramiento misceláneo
- 111 Gobierno de Zaire
Programa nacional de maíz
- 99 Instituto Internacional de Agricultura Tropical
Proyecto en Tanzania; adiestramiento misceláneo
- 80 Donativos para adiestramiento de 13 patrocinadores
- 75 Centro internacional de la Papa
- 38 Agencia para el Desarrollo Internacional de los EUA. Proyectos en Nepal; adiestramiento misceláneo
- 7 Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (Canadá).

9223	INGRESO TOTAL
7568	Costos básicos de operación
1638	Trigo
1464	Maíz
856	Adiestramiento
758	Estaciones experimentales
428	Servicios de información y biblioteca
200	Economía
105	Laboratorios de servicio general
75	Servicios de estadística
52	Conferencias
899	Administración
697	Operaciones generales
289	Costos indirectos
97	Adquisiciones de capital
1550	Erogaciones de proyectos especiales
1328	Erogaciones directas
222	Erogaciones indirectas
9118	EROGACIONES TOTALES
105	Reembolsos de patrocinadores y saldos sin erogar
9223	EROGACIONES TOTALES, REEMBOLSOS Y SALDOS

Ubicación y altitud de las estaciones experimentales donde el CIMMYT realiza investigaciones en México (■ estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SAG).

