

Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997

Michael L. Morris y
Miguel A. López-Pereira

Programa de Economía



CIMMYT

INTERNATIONAL MAIZE AND
WHEAT IMPROVEMENT CENTER

El CIMMYT (www.cimmyt.mx o www.cimmyt.cgiar.org) es una organización internacional, sin fines de lucro, dedicada a la investigación científica y la capacitación. Tiene su sede en México y colabora con instituciones de investigación agrícola de todo el mundo para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de maíz y trigo para los agricultores de escasos recursos en los países en desarrollo. Es uno de los 16 centros que cuentan con el apoyo del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). El CGIAR incluye a unos 60 países colaboradores, organismos regionales e internacionales y fundaciones privadas que cuentan con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El CIMMYT recibe fondos para su agenda de investigación de varias fuentes, entre las que se encuentran fundaciones, bancos de desarrollo e instituciones públicas y privadas.

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

© Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 2000. El CIMMYT es el único responsable de esta publicación. Las designaciones empleadas en la presentación de los materiales incluidos en esta publicación de ninguna manera expresan la opinión del CIMMYT o de sus patrocinadores respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o zona, o de las autoridades de éstos, o respecto a la delimitación de sus fronteras.

Impreso en México.

Cita correcta: Morris, M. L. y M. A. López Pereira. 2000. *Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997*. México, D.F.: CIMMYT.

Resumen: En este informe se documenta el número y los tipos de variedades e híbridos de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento entre 1966 y 1997; se describen las variedades e híbridos comercializados por organismos públicos y empresas privadas productores de semilla en América Latina en 1997; se analizan las tendencias recientes en las ventas de semilla comercial de maíz; se estima la superficie sembrada con germoplasma mejorado de maíz en 1996; y se examinan los factores que han influido en la adopción. Los autores han encontrado que el lugar preponderante que había ocupado la investigación por parte del sector público en el mejoramiento de maíz corresponde ahora al sector privado, el cual controla la producción de semilla comercial de maíz, y que la industria semillera se ha concentrado cada vez más en América Latina. Si bien la superficie sembrada con germoplasma mejorado de maíz continúa aumentando, su adopción ha sido irregular. Los materiales del CIMMYT se han usado ampliamente en los programas de mejoramiento de los sectores público y privado, y la superficie total sembrada con materiales vinculados con el Centro sigue expandiéndose.

ISBN: 970-648-053-6

Descriptor AGROVOC: América Latina; maíz; *Zea mays*; híbridos; variedades; producción de semillas; industria de semillas; fitomejoramiento; empresas públicas; empresas privadas; políticas de investigación; políticas de comercialización; apoyo a la investigación; adopción de innovaciones; entorno económico; análisis económico.

Otras palabras clave: CIMMYT.

Códigos de categorías AGRIS: E14 Economía y Políticas del Desarrollo.

Clasificación decimal Dewey: 338.16.

Índice

Cuadros	iv
Figuras	vi
Resumen	vii
Agradecimientos	x
Introducción	1
Objetivos del estudio	1
Fuentes de información	2
Definición de términos clave	2
La economía del maíz en América Latina	4
Los ambientes de cultivo de maíz	4
Las tendencias de la producción	4
Las tendencias del consumo	6
La inversión en la investigación de maíz en América Latina	7
Organización del sistema de investigación de maíz	7
Políticas que afectan a las industrias nacionales de semilla de maíz	8
Estructura actual de las industrias nacionales de semilla de maíz	9
Inversión en investigación fitogenética de maíz	10
Los productos de los programas latinoamericanos de mejoramiento de maíz	12
Lanzamientos efectuados por el sector público	13
Materiales (patentados) del sector privado	16
El uso del germoplasma del CIMMYT	20
Los programas públicos de mejoramiento	22
Los programas privados de mejoramiento	25
Adopción de las variedades modernas (VM) de maíz	28
Ventas de semilla comercial de maíz	29
Superficie sembrada con germoplasma mejorado	32
Superficie sembrada con germoplasma derivado del CIMMYT	36
Factores que afectan la adopción del germoplasma mejorado	38
Resumen y conclusiones	42
Referencias	45

Cuadros

Cuadro 1.	Cobertura de la encuesta de 1997 sobre los impactos del maíz en América Latina	2
Cuadro 2.	Distribución estimada de la producción de maíz por zona ecológica en América Latina a fines de los años 90 (miles de ha)	5
Cuadro 3.	Producción e importaciones netas de maíz en América Latina, 1995-1997	5
Cuadro 4.	Crecimiento de los rendimientos de maíz por región, 1961-1997 (crecimiento anual medio, %)	6
Cuadro 5.	Consumo de maíz en América Latina, 1992-1994	6
Cuadro 6.	Políticas vinculadas con la industria semillera de maíz en América Latina a fines de los años 90	8
Cuadro 7.	Regímenes de derechos de propiedad intelectual en América Latina a fines de los años 90	8
Cuadro 8.	Cantidad de organizaciones productoras de semilla de maíz en América Latina, 1996	9
Cuadro 9.	Indicadores de la investigación de maíz en el sector público en América Latina, 1996	10
Cuadro 10.	Indicadores de la investigación de maíz en el sector privado en América Latina, 1996	10
Cuadro 11.	Costos de patrocinar a un investigador principal de maíz en América Latina, 1996 (en dólares estadounidenses)	11
Cuadro 12.	Tipo y cantidades de materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997	13
Cuadro 13.	Adaptación ecológica de los materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997	14
Cuadro 14.	Características del grano de los materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997	15
Cuadro 15.	Tipo de madurez de los materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997	15
Cuadro 16.	Tipo de materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997	16
Cuadro 17.	Adaptación ecológica de los materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997	17
Cuadro 18.	Características del grano de los materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997	17
Cuadro 19.	Tipo de madurez de los materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997	18
Cuadro 20.	Empleo del germoplasma del CIMMYT por los programas públicos de mejoramiento de maíz de América Latina, 1966-1997 (% de materiales lanzados que contenían germoplasma del CIMMYT)	22
Cuadro 21.	Contenido aproximado de germoplasma del CIMMYT en los materiales de maíz generados por el sector público en América Latina, 1966-1997 (% de los materiales lanzados)	22

Cuadro 22.	Empleo de materiales del CIMMYT en productos generados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997	23
Cuadro 23.	Formas de empleo del germoplasma del CIMMYT por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997 (% de los materiales lanzados)	24
Cuadro 24.	Empleo del germoplasma del CIMMYT por las empresas privadas de semilla en América Latina, 1997 (% de los materiales patentados existentes en el mercado)	25
Cuadro 25.	Adaptación ecológica de los materiales patentados que contenían germoplasma del CIMMYT en América Latina, 1997 (% de materiales existentes en el mercado)	26
Cuadro 26.	Forma de empleo del germoplasma del CIMMYT por las empresas privadas de semilla en América Latina (% de materiales patentados existentes en el mercado en 1997)	27
Cuadro 27.	Contenido aproximado de germoplasma del CIMMYT en los materiales patentados en América Latina (% de los materiales existentes en el mercado en 1997)	27
Cuadro 28.	Ventas de semilla comercial de maíz en América Latina, 1996 (miles de t)	29
Cuadro 29.	Principales productores de semilla de maíz en América Latina, 1996	30
Cuadro 30.	Composición de las ventas de semilla de maíz en América Latina, 1996 (miles de t)	30
Cuadro 31.	Evolución de las ventas de semilla comercial de maíz (t) en América Latina, 1990-1997.....	31
Cuadro 32.	Relaciones entre los precios de la semilla y del grano según el tipo de material, América Latina, 1997	32
Cuadro 33.	Superficie de maíz en América Latina en 1996 (comparación de las estimaciones según la opinión de expertos de los SNIA y las estadísticas de la FAO)	33
Cuadro 34.	Superficie sembrada con variedades locales, VPL mejoradas e híbridos (según datos de la FAO) en América Latina, 1996 (miles de ha)	33
Cuadro 35.	Superficie sembrada con variedades locales, VPL mejoradas e híbridos (estimaciones según la opinión de expertos de los SNIA) en América Latina, 1996 (% de la superficie total de maíz)	34
Cuadro 36.	Superficie probablemente sembrada con VM de maíz (calculada con base en las ventas de semilla comercial), sin reciclaje de la semilla, América Latina, 1996	35
Cuadro 37.	Superficie probablemente sembrada con VM de maíz (calculada con base en las ventas de semilla comercial), con reciclaje de la semilla, América Latina, 1996.....	35
Cuadro 38.	Superficie sembrada con germoplasma mejorado: comparación de las estimaciones directas efectuadas por expertos de los SNIA y las estimaciones indirectas basadas en las ventas de semilla comercial (miles de ha).....	36
Cuadro 39.	Proporción de la semilla comercial de maíz vendida en 1996 en América Latina que contenía germoplasma del CIMMYT (%)	37
Cuadro 40.	Superficie sembrada con VPL mejoradas e híbridos que contenían germoplasma del CIMMYT, América Latina, 1996	38
Cuadro 41.	Características asociadas con las etapas del desarrollo de la industria de semilla de maíz	39
Cuadro 42.	Factores asociados con la adopción del maíz híbrido en América Latina	41

Figuras

Figura 1. Tasa de lanzamientos de materiales realizados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-2000	13
Figura 2. Tipo de materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997	13
Figura 3. Características de todos los materiales generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997	19
Figura 4. Empleo del germoplasma del CIMMYT como materiales fuente por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997	24
Figura 5. Empleo del germoplasma del CIMMYT por el sector privado en América Latina (% de todos los materiales patentados existentes en el mercado en 1997)	26
Figura 6. Forma de uso del germoplasma de maíz del CIMMYT por distintos tipos de organizaciones en América Latina en los años 90	27
Figura 7. Composición de las ventas de semilla de maíz en América Latina, 1996	30
Figura 8. Evolución de las ventas de semilla comercial de VPL e híbridos de maíz en América Latina, 1990-1997	31
Figura 9. Evolución de las ventas de semilla comercial de maíz según el tipo de organización, América Latina, 1990-1997	31
Figura 10. Relaciones entre los precios de la semilla y del grano en América Latina, 1996	32

Resumen

En este informe, el más reciente en una serie de estudios de los impactos del maíz y el trigo publicada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), se presenta un panorama actualizado de los impactos de la investigación fitogenética de maíz en América Latina.

También se documentan las cantidades y tipo de variedades e híbridos de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento entre 1966 y 1996; se describen las variedades e híbridos comercializados por los organismos públicos y las empresas privadas de semilla en América Latina en 1997; se analizan las tendencias recientes en las ventas de semilla comercial de maíz; se estima la superficie de maíz sembrada con germoplasma mejorado en 1996; y se analizan los factores que han influido en la adopción.

Los datos que se presentan en este informe fueron recopilados mediante entrevistas con representantes de instituciones públicas de investigación, organismos gubernamentales y empresas privadas de semilla de toda América Latina. En 1992 se efectuó una encuesta inicial cuyos resultados se publicaron en *Impacts of International Maize Breeding Research in the Developing World, 1966-1990* (López-Pereira y Morris 1994). En 1997 se realizó una segunda encuesta, más extensa, que incluyó entrevistas con representantes de 36 organizaciones públicas de semilla de maíz y 172 empresas privadas de 18 países. Se recopiló información en prácticamente todo organismo de América Latina dedicado al

mejoramiento del maíz y a la producción de semilla. En conjunto, las organizaciones que participaron en la encuesta producían aproximadamente el 97% de la semilla comercial de maíz vendida en América Latina en 1996.

En los siguientes párrafos se sintetizan los principales resultados de esa investigación.

La mayor parte de la investigación fitogenética de maíz es realizada por el sector privado.

Durante la última década, el lugar preponderante de la investigación fitogenética de maíz en América Latina se ha trasladado de los organismos públicos de investigación a las empresas privadas productoras de semilla. Los gastos en investigación (IyD) del sector privado se han incrementado continuamente, en tanto que el apoyo a los organismos públicos de mejoramiento de maíz ha disminuido. Actualmente, el grado de inversión del sector privado supera considerablemente al del sector público.

Las empresas privadas controlan ahora la producción de semilla comercial de maíz.

La reducción del apoyo a la investigación de maíz en el sector público ha sido acompañada de un gradual retiro del estado de las actividades de producción de semilla comercial. Durante las décadas de los 80 y los 90, muchos organismos públicos de semilla con déficit económicos fueron privatizados o cerrados, y los que restan constituyen una parte insignificante

del mercado total de semilla. El retiro estatal de la producción de semilla ha sido acompañado de una expansión equivalente de la industria privada de semilla. Las empresas privadas controlan ahora el mercado de la semilla de maíz en casi todos los países latinoamericanos, excepto en la región del Caribe.

La industria semillera de maíz se ha concentrado cada vez más.

El surgimiento de la floreciente industria privada de semilla de maíz en América Latina se ha caracterizado por una continua consolidación, a medida que las grandes empresas multinacionales han absorbido a muchas empresas locales pequeñas mediante adquisiciones y fusiones. La industria semillera de maíz se encuentra hoy en día muy concentrada en América Latina. En la mayoría de los países, las tres empresas de semilla más grandes controlan el 75% o más de la participación en el mercado total.

La superficie sembrada con germoplasma mejorado de maíz continúa aumentando.

La superficie sembrada con germoplasma mejorado de maíz en América Latina continúa expandiéndose. En 1996, se sembraron casi 14 millones de ha (equivalentes a cerca del 48% de la superficie total sembrada con maíz) con variedades mejoradas e híbridos. Esto representa un aumento considerable con respecto a 1990, cuando se sembraron con variedades mejoradas e híbridos poco menos de 10 millones de ha (equivalentes a aproximadamente el 43% de la superficie total de maíz).

El patrón de adopción del germoplasma mejorado de maíz ha sido irregular.

Aunque el uso de germoplasma mejorado de maíz ha aumentado en toda América Latina en conjunto, el patrón de adopción ha sido irregular. El uso de dicho germoplasma está concentrado en zonas donde el maíz es un cultivo comercial, mientras que en las regiones caracterizadas por una agricultura orientada al autoconsumo, la mayoría de los agricultores continúan cultivando variedades locales. La superficie sembrada con variedades mejoradas e híbridos sigue siendo particularmente modesta en algunos de los países y regiones más pobres de América Latina, entre ellos México (20.3%), América Central (21.8%) y el Caribe (31.3%).

El uso de híbridos se ha incrementado en forma espectacular en comparación con el de variedades mejoradas de polinización libre (VPL).

El crecimiento de la industria privada de semilla se ha reflejado en un pronunciado cambio en el tipo de materiales que se siembran en los campos de los agricultores. La superficie sembrada con híbridos ha aumentado, en tanto que la superficie sembrada con VPL mejoradas ha disminuido. Para 1996, la superficie sembrada con híbridos ya superaba holgadamente a la superficie sembrada con VPL mejoradas. A pesar de las advertencias de que sólo los productores comerciales en gran escala adoptarían los híbridos, estos materiales han sido adoptados con éxito en muchos países por productores en pequeña escala.

Los programas públicos de mejoramiento han usado ampliamente los materiales del CIMMYT.

Los programas públicos de mejoramiento de maíz han hecho amplio uso de los materiales del CIMMYT. De 1966 a 1997, aproximadamente el 55% de todas las variedades e híbridos lanzados por los programas públicos de mejoramiento contenían germoplasma del CIMMYT, y, contrariamente a lo esperado, este porcentaje ha aumentado con el tiempo. No obstante, la forma en que se usa el germoplasma del CIMMYT ha cambiado. Por ejemplo, la tendencia cada vez mayor por parte de los fitomejoradores del sector público es someter los materiales del CIMMYT a ciclos adicionales de selección antes de usarlos para formar variedades terminadas.

Los fitomejoradores del sector privado han usado ampliamente los materiales del CIMMYT.

Los fitomejoradores del sector privado también han empleado en gran medida los materiales de maíz del CIMMYT. Si bien no siempre se dispone de información detallada acerca de los antecedentes genéticos de los híbridos patentados, se estima que el 75% de toda la semilla de maíz vendida por las empresas privadas en América Latina en 1996 contenía germoplasma derivado del CIMMYT. Sin embargo, la forma en que se usan estos materiales suele variar dependiendo del tipo de empresa productora de semilla. Las pequeñas empresas locales suelen utilizar las líneas del CIMMYT directamente para generar híbridos; por su parte, las grandes empresas con sólidos programas de fitomejoramiento (incluida la mayoría de las multinacionales) les dan el mismo uso, pero con frecuencia prefieren usar los materiales del CIMMYT como germoplasma fuente para desarrollar sus propias líneas endogámicas.

La superficie total sembrada con VPL mejoradas e híbridos derivados del CIMMYT continúa aumentando.

La superficie sembrada con VPL mejoradas e híbridos que contienen germoplasma del CIMMYT en su genealogía continúa aumentando. En 1996 se sembraron 10.6 millones de ha con materiales mejorados que contenían germoplasma del CIMMYT, que representaban más del 36% de la superficie total de maíz en América Latina y más del 75% de la superficie sembrada con materiales mejorados. El uso de materiales mejorados que contienen germoplasma del CIMMYT se concentra en los ambientes de tierras bajas tropicales de América Latina.

La adopción del germoplasma mejorado depende de muchos factores.

En la adopción del germoplasma mejorado influyen muchos factores, de los cuales sólo algunos corresponden a las características del germoplasma mismo. En términos generales, la adopción de este tipo de germoplasma es mayor en los países donde obtienen beneficios tanto los agricultores al adoptar VPL mejoradas e híbridos como las empresas al producir y vender la semilla. Por consiguiente, los encargados de formular políticas deberán ser muy realistas en cuanto a la capacidad de los investigadores para promover los cambios deseados en la productividad. Se necesita germoplasma mejorado para aumentar la productividad, pero el germoplasma mejorado por sí solo no es suficiente; se requieren otros factores, como incentivos económicos adecuados, estructuras institucionales apropiadas y un entorno de políticas favorables.

Agradecimientos

Los datos que se presentan en este informe fueron reunidos con la colaboración de numerosas personas y organizaciones dedicadas a la investigación fitogenética de maíz, la producción de semilla comercial o ambas actividades. Si bien no es posible mencionar a todos en forma individual, deseamos expresar nuestro agradecimiento a los cientos de investigadores y representantes de empresas de semilla que participaron en la encuesta.

La recolección de datos en América Central fue posible gracias al patrocinio de la Corporación Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).

Miguel López-Pereira llevó a cabo todas las entrevistas, con la colaboración de Michael Morris. El apoyo logístico, en especial la ayuda para establecer contacto con los representantes de las empresas semilleras, fue proporcionado por numerosos colegas del CIMMYT, entre ellos Hugo Córdova y David Beck en México, Gustavo Sain y Mónica Zurek en Costa Rica, Jorge Bolaños en Guatemala, Héctor Baretto en Honduras, Carlos De León y Luis Narro en Colombia, Patrick Wall en Bolivia y Man Mohan Kohli en Uruguay.

Ricardo Calvo y Federico Carrión, del Programa de Economía del CIMMYT, ayudaron a incorporar, verificar y analizar los datos de la encuesta. Kelly Cassaday editó el manuscrito en inglés. La edición en español estuvo a cargo de Ma. Concepción Castro y Alma McNab. Miguel Mellado y Marcelo Ortiz, de la Unidad de Publicaciones, realizaron el diseño y la formación.

Introducción

Objetivos del estudio

A principios de los años 90, los investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) efectuaron un amplio estudio para documentar los impactos de la investigación fitogenética de maíz. Los resultados de ese estudio, publicados en 1994 en una monografía del CIMMYT titulada *Impacts of International Maize Breeding Research in the Developing World, 1966-1990*, constituyen un rico acervo de información sobre los productos resultantes de las actividades de mejoramiento de maíz en los países en desarrollo y un esbozo del panorama contundente de la amplia difusión de las variedades mejoradas e híbridos de maíz (López-Pereira y Morris 1994). En años posteriores, los datos generados por el estudio de los impactos mundiales del maíz efectuado por el CIMMYT se aceptaron como auténticos y se usaron en una amplia diversidad de actividades de inversión y manejo de la investigación.

Una vez que se concluyó el estudio inicial en 1994, el CIMMYT se comprometió a actualizar y ampliar la base de datos sobre los impactos mundiales del maíz aproximadamente cada cinco años. Se consideró que era importante actualizarla periódicamente dado el vertiginoso ritmo de los cambios tecnológicos que caracteriza a la economía mundial del maíz. Asimismo, se consideró necesario ampliar la base de datos, ya que en el estudio inicial no fue posible obtener información extensa y detallada del sector privado.

Las actividades para actualizar y ampliar la base de datos sobre los impactos del maíz comenzaron en 1997. Teniendo en cuenta la magnitud de la tarea de recolectar datos, el estudio mundial se dividió en tres estudios regionales: uno para América Latina, otro para África al sur del Sahara y el tercero para Asia. En este informe se presentan los resultados del primero de dichos estudios, cuyos objetivos básicos han permanecido prácticamente sin cambios desde el estudio inicial de los impactos mundiales del maíz:

- Estimar el grado de inversión de los sectores público y privado en la investigación fitogenética de maíz en los países en desarrollo;
- Documentar los productos de germoplasma de los programas públicos y privados de mejoramiento de maíz en estos países;
- Documentar el empleo de los materiales del CIMMYT por los programas públicos y privados de mejoramiento de maíz en los países en desarrollo; y
- Estimar la tasa de adopción del germoplasma mejorado de maíz a nivel de finca en esos países.

Un objetivo adicional de los estudios que se realizan actualmente –posible gracias a la disponibilidad de los datos iniciales recopilados en 1992– es evaluar la naturaleza y las dimensiones de los cambios que se producen en la organización, así como el desempeño de la industria mundial de la semilla de maíz.

Fuentes de información

Además de basarse en los datos originales sobre los impactos de 1992, este informe contiene datos nuevos recolectados en 1997 mediante una extensa encuesta entre organizaciones latinoamericanas. La encuesta abarcó 18 países, incluyendo a todos los principales productores de maíz de la región (Cuadro 1).¹

En comparación con la encuesta de 1992, la de 1997 aportó muchos más datos del sector privado. Se pidió a los directores de 36 organismos públicos

Cuadro 1. Cobertura de la encuesta de 1997 sobre los impactos del maíz en América Latina.

	Organismos públicos incluidos en la encuesta	Empresas privadas incluidas en la encuesta	Ventas de semilla de maíz, 1996 (miles de t)	Porcentaje del mercado de semilla de maíz
América Central	7	39	5.4	90
Costa Rica	1	4	0.1	100
El Salvador	1	6	2.1	91
Guatemala	1	5	1.5	86
Honduras	2	13	1.0	95
Nicaragua	1	9	0.5	95
Panamá	1	2	0.3	90
El Caribe	3	4	2.4	95
Cuba	1	0	1.6	100
Haití	1	2	0.3	65
República Dominicana	1	2	0.5	100
México	11	18	32.6	97
América Central, el Caribe y México	21	61	40.5	96
Zona Andina	11	63	21.1	96
Bolivia	5	15	2.6	88
Colombia	1	9	3.2	95
Ecuador	2	7	2.8	96
Perú	2	15	1.6	88
Venezuela	1	17	10.9	100
Cono Sur	4	48	219.4	98
Argentina	1	14	64.9	94
Brasil	1	24	151.8	99
Chile	–	–	–	–
Paraguay	2	10	2.7	93
Uruguay	–	–	–	–
América del Sur	15	111	240.6	98
América Latina	36	172	281.0	97

Fuente: Cálculos de los autores.

de semilla de maíz (programas de mejoramiento y organismos de producción de semilla) y a representantes de 172 empresas privadas que llenaran los cuestionarios que se les proporcionaron. Casi todos los que respondieron fueron entrevistados personalmente; sólo en raros casos se obtuvo información en forma indirecta (por ejemplo, por correo o por medio de fuentes secundarias). La muestra incluyó a casi todas las organizaciones públicas y privadas de América Latina que actualmente participan en el mejoramiento de maíz; en conjunto, estas organizaciones produjeron alrededor del 97% de la semilla comercial de maíz vendida en América Latina en 1996. Dado el tamaño de la muestra, la información que se presenta en este informe ofrece un panorama muy amplio y muy exacto de los impactos de la investigación de maíz en América Latina.

Definición de términos clave

Antes de continuar, es necesario definir una serie de términos clave. Por convención, los productos de los programas de mejoramiento científico de maíz, ya sean variedades de polinización libre (VPL) o híbridos, son llamados *materiales mejorados*, término que refleja el hecho de que sus características han sido sistemáticamente modificadas en formas tales que producen beneficios económicos para quienes los cultivan. Si bien el empleo del término *mejorado* resulta apropiado en este contexto, una consecuencia desafortunada de la convención es que las variedades tradicionales cultivadas por los agricultores (llamadas en este informe indistintamente *razas criollas* o *variedades locales*) a menudo terminan por ser consideradas como *no mejoradas*. Evidentemente, esto es inexacto. Las razas criollas han sido sometidas a numerosos ciclos de mejoramiento por parte de los agricultores; muchos de ellos tienen mucha práctica en identificar germoplasma superior y son expertos en

1 Chile, cuya superficie de maíz es de aproximadamente 100,000 ha, no fue incluido en la encuesta. No obstante, la omisión es relativamente poco importante porque en Chile el maíz se cultiva en ambientes templados, que no constituyen un objetivo específico del programa de mejoramiento de maíz del CIMMYT.

seleccionar plantas individuales con las características deseadas. Los procedimientos de selección que emplean los agricultores se asemejan en muchas formas a aquellos de los programas de fitomejoramiento y, si bien los métodos de mejoramiento científico permiten obtener logros en las parcelas de los fitomejoradores con más rapidez que en los campos de los agricultores, los avances logrados por los agricultores en miles de años han sido enormes.

Además de no indicar claramente que las variedades locales también son mejoradas, el empleo del término *materiales mejorados* para referirse únicamente a aquellos que producen los programas científicos de mejoramiento, tiene otra consecuencia desafortunada. Las variedades e híbridos de maíz pasan por un proceso continuo de cambio genético en los campos de los agricultores. En el caso de las variedades e híbridos desarrollados originalmente por los programas de mejoramiento, este fenómeno es llamado a veces “deterioro genético” o “depreciación genética”, y el proceso se describe como una “contaminación” de los materiales mejorados por la exposición a fuentes externas de polen. El empleo de esos términos negativos es

engañoso y puede caracterizar incorrectamente lo que en realidad sucede. Pese a que el cambio genético no es deseable cuando los agricultores prefieren preservar las características del germoplasma original, en muchos casos dicho cambio se produce a medida que las variedades se adaptan mejor a las condiciones locales de producción y/o las preferencias de los consumidores. En otras palabras, lo que algunos fitogenetistas llaman peyorativamente “deterioro genético” puede en realidad ser un fenómeno positivo desde el punto de vista de los agricultores. Por consiguiente, el proceso puede describirse en forma más apropiada, con términos menos valorativos como, por ejemplo, la “rustificación” o la “adaptación local” de los materiales mejorados (Wood y Lenné 1997).

En este informe, el término *materiales mejorados* se refiere a las variedades e híbridos producidos por los programas fitogenéticos. Sin embargo, su empleo no implica en ningún sentido que las variedades locales no sean mejoradas.

La economía del maíz en América Latina

Los ambientes de cultivo de maíz

El maíz es el principal cereal en América Latina y se cultiva en una amplia diversidad de ambientes de producción, altitudes que van desde el nivel del mar hasta más de 3,000 m de altura, temperaturas extremadamente frías o muy calientes, regímenes de humedad que fluctúan desde los excesivamente húmedos a los semiáridos, terrenos que abarcan desde llanuras a las laderas más empinadas, con muchos y variados tipos de suelo y usando una gran variedad de tecnologías de producción.

No existe un sistema universalmente reconocido para clasificar los ambientes de producción del maíz. Lo más cercano a un sistema de clasificación estandarizada ha sido desarrollado por el CIMMYT, organismo cuya misión consiste en mejorar germoplasma de maíz para los países en desarrollo. De esta manera, el Centro ha clasificado cuatro ambientes principales de producción conocidos como *mega-ambientes*. (1) las tierras bajas tropicales, (2) las zonas subtropicales/de altitud media, (3) las tierras altas tropicales y (4) las zonas templadas. Estos mega-ambientes, definidos básicamente en función de sus factores climáticos (por ejemplo, la temperatura media durante el ciclo de cultivo, la altura sobre el nivel del mar, la duración del día), en teoría se caracterizan por su relativa uniformidad dentro de la misma clase. Sin embargo, como en los hábitos de crecimiento de las plantas de maíz influyen las complejas interacciones entre muchos

factores climáticos diferentes, no siempre está claro dónde termina exactamente un mega-ambiente y comienza otro.

Al considerar la importancia relativa de los cuatro mega-ambientes, es importante señalar que aproximadamente el 85% la producción de maíz en América Latina proviene de ambientes no templados; únicamente cerca del 15% se cultiva en ambientes templados, principalmente en el sur de Brasil, Argentina y Chile (Cuadro 2). La marcada diferencia entre los ambientes no templados y templados donde se cultiva el maíz tiene implicaciones importantes para la distribución del germoplasma mejorado. En general, las variedades e híbridos de maíz con buen comportamiento en las regiones templadas no se distribuyen directamente a regiones no templadas sin antes ser sometidas a un extenso ciclo de mejoramiento adicional de adaptación. Por esa razón, la mayoría de las VPL mejoradas e híbridos desarrollados para los países industrializados (incluyendo casi todos los híbridos comerciales generados por empresas privadas de semilla) no son muy útiles para la mayoría de los agricultores latinoamericanos.

Las tendencias de la producción

En el Cuadro 3 se sintetizan las estadísticas de la producción de maíz en América Latina. Los datos globales de los países ocultan una considerable variación en los métodos de producción y consumo.

En muchas partes de México, América Central y el Caribe, así como en algunas zonas de los países andinos, el maíz es un importante alimento básico que una gran parte de la población rural produce para consumo doméstico. Excepto por un pequeño sector agrícola comercial, la mayoría de los sistemas de producción de maíz en esos países se caracterizan por su pequeña escala, su complejidad y su gran dependencia de la tracción animal y, sobre todo, de la mano de obra. El maíz a menudo se siembra asociado con frijol, calabaza, chiles, yuca y otros cultivos alimentarios destinados al consumo doméstico, y muchos agricultores usan poco o ningún fertilizante químico o plaguicidas. En general, se hace poco uso de las variedades mejoradas, ya sea porque los agricultores no tienen acceso a fuentes confiables de semilla o porque

prefieren cultivar las variedades tradicionales de maíz desarrolladas para satisfacer necesidades específicas de la alimentación del hombre y los animales.

Más al sur, el panorama es diferente. En el sur de Brasil, Argentina y Chile, los productores en gran escala cultivan el maíz básicamente con propósitos comerciales; utilizan un mayor grado de mecanización y, cuando es rentable, grandes cantidades de insumos. El empleo de variedades mejoradas, sobre todo híbridos, es muy amplio. Muchos de los ambientes de producción de maíz identificados en este último grupo de países son de clima templado y, por tanto, los productores han adoptado directamente los híbridos comerciales, así como las prácticas agronómicas mejoradas que se originan en América del Norte y Europa.

Cuadro 2. Distribución estimada de la producción de maíz por zona ecológica en América Latina a fines de los años 90 (miles de ha).

	Tierras bajas tropicales	Subtropicales/ de altitud media	Tierras altas	Templadas	Total
América Central	1,555.4	49.7	36.5	0.0	1,641.6
Costa Rica	14.5	0.0	0.0	0.0	14.5
El Salvador	293.3	0.0	0.0	0.0	293.3
Guatemala	492.8	36.5	36.5	0.0	565.8
Honduras	403.9	13.2	0.0	0.0	417.1
Nicaragua	277.8	0.0	0.0	0.0	277.8
Panamá	73.1	0.0	0.0	0.0	73.1
El Caribe	365.8	0.0	0.0	0.0	365.8
Cuba	74.0	0.0	0.0	0.0	74.0
Haití	250.3	0.0	0.0	0.0	250.3
República Dominicana	41.5	0.0	0.0	0.0	41.5
México	3,000.0	1,553.6	3,042.9	0.0	7,596.5
América Central, el Caribe y México	4,921.2	1,603.4	3,079.4	0.0	9,603.9
Zona Andina	1,363.2	414.9	539.3	0.0	2,317.4
Bolivia	106.0	41.6	145.5	0.0	293.0
Colombia	331.9	262.9	47.1	0.0	642.0
Ecuador	258.6	110.4	181.3	0.0	550.4
Perú	223.3	0.0	165.3	0.0	388.7
Venezuela	443.3	0.0	0.0	0.0	443.3
Cono Sur	9,903.5	4,325.5	0.0	2,728.5	16,957.4
Argentina	214.5	0.0	0.0	2,574.2	2,788.7
Brasil	9,333.8	4,325.5	0.0	0.0	13,659.3
Chile	0.0	0.0	0.0	103.1	103.1
Paraguay	355.2	0.0	0.0	0.0	355.2
Uruguay	0.0	0.0	0.0	51.2	51.2
América del Sur	11,266.7	4,740.4	539.3	2,728.5	19,274.8
América Latina	19,187.9	6,343.7	3,618.6	2,728.5	28,878.7

Fuente: Cifras estimadas por los autores basadas en datos del Programa de Maíz del CIMMYT (1988) y de la FAO (1998).

Cuadro 3. Producción e importaciones netas de maíz en América Latina, 1995-1997.

	Superficie (millones de ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (millones de t)	Importaciones netas (millones de t)
América Central	1.64	1.76	2.90	0.78
Costa Rica	0.02	1.74	0.03	0.31
El Salvador	0.29	2.20	0.64	0.14
Guatemala	0.57	1.96	1.11	0.14
Honduras	0.42	1.63	0.68	0.04
Nicaragua	0.28	1.16	0.32	0.02
Panamá	0.07	1.50	0.11	0.13
El Caribe	0.37	0.90	0.33	0.82
Cuba	0.07	1.17	0.09	0.13
Haití	0.25	0.80	0.20	0.02
República Dominicana	0.04	1.04	0.04	0.67
México	7.60	2.30	17.49	1.83
América Central, el Caribe y México	9.60	2.19	21.04	3.43
Zona Andina	2.32	1.80	4.16	2.73
Bolivia	0.29	2.07	0.61	0.00
Colombia	0.64	1.61	1.03	0.92
Ecuador	0.55	1.10	0.60	-0.02
Perú	0.39	2.04	0.79	0.82
Venezuela	0.44	2.53	1.12	1.01
Cono Sur	16.96	2.88	48.77	-3.27
Argentina	2.79	4.35	12.13	-5.01
Brasil	13.66	2.55	34.80	1.34
Chile	0.10	8.49	0.88	0.41
Paraguay	0.36	2.38	0.85	-0.09
Uruguay	0.05	2.26	0.12	0.08
América del Sur	19.27	2.75	52.92	-0.54
América Latina	28.88	2.56	73.97	2.89

Fuente: FAO (1998).
^a 1993-1995.

En comparación con otras regiones del mundo, el comportamiento de la economía latinoamericana del maíz ha sido variado (Cuadro 4). Durante las décadas de los 60, los 70 y los 80, el incremento de los rendimientos de maíz en América Latina en general fue más lento, comparado con el de los países en desarrollo; asimismo, se observó que en América Latina el aumento de los rendimientos fue inferior al que se registró en Asia, pero, casi siempre, superior al de África al sur del Sahara. Sin embargo, en los años 90, las posiciones se invirtieron: Hasta 1997, los rendimientos de maíz en África al sur del Sahara aumentaron con mayor rapidez que en todas las demás regiones en desarrollo y Asia se quedó atrás. El comportamiento relativamente favorable del sector latinoamericano de maíz durante los años 90 puede atribuirse al crecimiento acelerado de la productividad en el Cono Sur, cuando los productores respondieron a los marcados aumentos en los precios mundiales del maíz. El aumento de la productividad en México, América Central y la Zona Andina ha sido mucho más modesto. No obstante, existen en México grandes zonas de producción de maíz, como las de Sonora y Sinaloa, entre otras, donde se han logrado incrementos significativos en los rendimientos.

Cuadro 4. Crecimiento de los rendimientos de maíz por región, 1961-1997 (crecimiento anual medio, %).

	1961-70	1971-80	1981-90	1991-97
América Central	1.98	2.12	0.30	3.10
México y				
América Central	2.23	3.35	0.30	1.46
Zona Andina	1.36	1.84	0.68	1.61
Cono Sur	1.66	1.45	0.33	3.92
África al sur del Sahara	1.09	1.16	0.93	3.57
Sur, Este y Sudeste de Asia				
América Central	4.19	3.87	2.93	1.69
Países en desarrollo	2.91	3.11	1.66	2.27
Países industrializados	3.11	1.77	1.14	1.73

Fuente: Cifras calculadas por los autores usando datos de la FAO (1998).

Las tendencias del consumo

A diferencia de otros cereales importantes que el hombre principalmente incluye en su dieta, como el trigo y el arroz, el maíz es un cultivo de uso múltiple, ya que se emplea para consumo humano, para alimentar a los animales o como materia prima en la industria. Las estadísticas del consumo de maíz en América Latina muestran diferencias marcadas entre los países en cuanto a la importancia relativa de cada uno de esos usos finales (Cuadro 5). El maíz es el alimento básico de la población en México, América Central y algunas partes de la Zona Andina, pero en el Cono Sur, la mayor parte del maíz se emplea para alimentar a los animales o con fines industriales.

Cuadro 5. Consumo de maíz en América Latina, 1992-1994.

	Consumo (millones de t)	Consumo per cápita (kg)	Porcentaje usado como:		
			Alimento humano	Alimento para los animales	Otros usos
América Central	3.57	117.1	68	25	7
Costa Rica	0.27	81.7	22	71	7
El Salvador	0.70	130.1	66	28	6
Guatemala	1.47	146.5	75	18	7
Honduras	0.61	115.1	79	12	9
Nicaragua	0.28	71.9	82	7	11
Panamá	0.24	92.9	36	61	3
El Caribe	1.09	43.0	16	79	5
Cuba	0.20	18.3	0	94	6
Haití	0.22	31.8	52	40	8
República Dominicana	0.67	88.7	8	88	4
México	18.46	209.8	60	25	15
América Central, el Caribe y México	23.11	178.8	59	28	14
Zona Andina	5.95	61.8	53	32	15
Bolivia	0.37	51.7	56	38	6
Colombia	1.83	53.1	68	29	3
Ecuador	0.55	50.5	16	5	79
Perú	1.40	61.5	20	72	8
Venezuela	1.80	86.1	74	13	13
Cono Sur	39.79	189.4	10	79	11
Argentina	5.61	165.7	3	85	12
Brasil	32.28	208.6	10	78	12
Chile	1.28	93.0	7	89	4
Paraguay	0.43	92.8	44	36	20
Uruguay	0.20	61.8	32	53	15
América del Sur	45.74	149.3	15	73	12
América Latina	68.86	158.1	30	58	12

Fuente: FAO (1998).

La inversión en la investigación de maíz en América Latina

Organización del sistema de investigación de maíz

Antes de analizar los impactos de la investigación fitogenética de maíz en América Latina, es conveniente examinar brevemente la organización del sistema de investigación en la región. Las VPL mejoradas e híbridos que llegan finalmente a los campos de los agricultores son productos de un sistema internacional de mejoramiento que incluye a un centro de investigación internacional con financiamiento público (el CIMMYT), numerosos programas públicos de mejoramiento que trabajan en el ámbito nacional, regional, estatal o distrital y cientos de empresas privadas de semilla, tanto nacionales como multinacionales. Dado que existe información acerca de la organización y el desempeño de este sistema internacional de investigación en otras publicaciones, no se describirá en detalle aquí (véanse López-Pereira, Clancy y Morris 1992; López-Pereira y Filipello 1994; López-Pereira y Morris 1994).

Como miembro fundador del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR por sus siglas en inglés), el CIMMYT, cuya misión es realizar investigaciones en maíz, cumple una función esencial en las actividades de mejoramiento de este cereal en América Latina. En colaboración con otras organizaciones públicas y privadas, el CIMMYT genera, evalúa y distribuye germoplasma mejorado de maíz. Contrariamente a la opinión generalizada, la meta del CIMMYT no es producir materiales

terminados, y es por ello que el Centro no libera variedades e híbridos para uso directo por parte de los agricultores. Más bien, el CIMMYT distribuye productos intermedios que los programas públicos y privados de mejoramiento pueden emplear como insumos. Estos productos por lo general son materiales mejorados con un alto potencial de rendimiento, buenas características agronómicas, resistencia a enfermedades y plagas importantes y (en el caso de las líneas endogámicas) buena capacidad combinatoria. Las actividades de mejoramiento de maíz del CIMMYT se concentran, por tanto, en las etapas iniciales del proceso continuo de la investigación.

El CIMMYT distribuye materiales (tanto materiales generados por los fitomejoradores del Centro como materiales de fuentes externas) a través de dos canales principales. El canal primario de distribución de germoplasma es el sistema de ensayos internacionales, formado por conjuntos de materiales enviados a los colaboradores locales para su evaluación en condiciones controladas de manejo; a cambio de los datos sobre su comportamiento, el CIMMYT permite a los colaboradores incorporar todo material seleccionado en los ensayos a sus propios programas de mejoramiento. El segundo canal de distribución lo constituyen los envíos de semilla desde el Centro de Recursos Fitogenéticos Wellhausen-Anderson, una unidad de almacenamiento muy moderna en la que se mantienen de manera permanente más de 10,000 accesiones de maíz.

Políticas que afectan a las industrias nacionales de semilla de maíz

Si bien la organización básica del sistema internacional de mejoramiento de maíz en América Latina se remonta a la época en que se estableció el CIMMYT, a mediados de los años 60, las funciones de los distintos actores institucionales han cambiado al paso de los años. Los institutos públicos de investigación y los organismos públicos de semilla que una vez controlaron el mejoramiento y la producción de semilla han visto reducirse gradualmente su función ante la feroz competencia del sector privado, a tal punto que en muchos países el sector público ya no participa activamente en la producción y/o comercialización de la semilla (Cuadro 6). Aun la regulación indirecta de las actividades de la industria semillera se ha relajado con la eliminación de las restricciones al comercio de la semilla y la supresión del control de los precios (Cuadro 6).

Cuadro 6. Políticas vinculadas con la industria semillera de maíz en América Latina a fines de los años 90.

	¿Hay producción de semilla de maíz por el sector público?	¿Están permitidas las importaciones de semilla comercial?	¿Es obligatoria la certificación de la semilla de maíz?	¿Hay controles oficiales de los precios de la semilla?
América Central				
Costa Rica	No	Sí	Sí	No
El Salvador	No	Sí	Sí	No
Guatemala	Sí	Sí	Sí	No
Honduras	No	Sí	Sí	No
Nicaragua	No	Sí	Sí	No
Panamá	No	Sí	Sí	No
El Caribe				
Cuba	Sí	No	Sí	Sí
Haití	Sí	Sí	No	No
República Dominicana	Sí	Sí	Sí	No
México	Sí	Sí	No	No
Zona Andina				
Bolivia	Sí	Sí	Sí	No
Colombia	No	Sí	Sí	No
Ecuador	Sí	Sí	Sí	No
Perú	Sí	Sí	No	No
Venezuela	No	Sí	Sí	No
Cono Sur				
Argentina	No	Sí	No	No
Brasil	No	No	Sí	No
Chile	-	-	-	-
Paraguay	Sí	Sí	Sí	No
Uruguay	-	-	-	-

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

El surgimiento de florecientes industrias privadas de semilla de maíz en muchos países latinoamericanos se puede atribuir a un complejo conjunto de factores técnicos, económicos e institucionales que no se examinarán en detalle en este informe.² En vista del acalorado debate que existe hoy en día sobre la función que cumplen los derechos de propiedad intelectual en el estímulo de la inversión privada en la investigación de semilla, vale la pena mencionar que sólo siete países de América Latina son signatarios de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades Vegetales). Esto indica que sólo algunos países en la región han establecido sistemas eficientes para la protección de variedades vegetales. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Regímenes de derechos de propiedad intelectual en América Latina a fines de los años 90.

	¿Signatario de la UPOV?	¿Leyes de PVV en vigor?	¿Están permitidas las patentes para las plantas?	¿Se requiere el registro de variedades?
América Central				
Costa Rica	No	No	No	No
El Salvador	No	No	No	No
Guatemala	No	No	No	No
Honduras	No	No	No	No
Nicaragua	No	No	No	No
Panamá	No	No	No	No
El Caribe				
Cuba	No	Sí	Sí	No
Haití	No	No	No	Sí
República Dominicana	No	No	No	No
México	Sí	Sí	No	Sí
Zona Andina				
Bolivia	No	Sí	No	No
Colombia	Sí	No	No	No
Ecuador	Sí	No	No	No
Perú	No	No	No	Sí
Venezuela	No	No	No	No
Cono Sur				
Argentina	Sí	Sí	Sí	No
Brasil	No	Sí	No	No
Chile	Sí	-	-	-
Paraguay	Sí	Sí	No	No
Uruguay	Sí	-	-	-

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

² Véase un análisis del proceso evolutivo de crecimiento que caracteriza al desarrollo de las industrias nacionales de semilla en Morris y Smale (1997).

Estructura actual de las industrias nacionales de semilla de maíz

En el Cuadro 8 presenta información sobre las cantidades y tipo de organizaciones que efectuaron investigaciones fitogenéticas de maíz y produjeron y/o comercializaron semilla en América Latina en 1996. Es casi seguro que los datos que aparecen en el Cuadro 8 subestiman las verdaderas dimensiones de la industria regional de semilla de maíz porque, aun cuando se hizo un esfuerzo concertado para identificar todas las organizaciones pertinentes, es probable que algunas hayan sido omitidas. Además, en ciertos casos era difícil clasificar a organizaciones individuales (por ejemplo, cuando una empresa había sido registrada como empresa nacional pero mantenía vínculos con una corporación multinacional); por esta razón, las cantidades que aparecen en cada categoría deben considerarse como una aproximación.

Cuadro 8. Cantidad de organizaciones productoras de semilla de maíz en América Latina, 1996.

	Empresas privadas de semilla				
	Organismos públicos de semilla	Productores nacionales	Productores multinacionales	Importadores de semilla	ONG
América Central	8	31	12	25	73
Costa Rica	3	3	1	0	7
El Salvador	1	4	0	5	10
Guatemala	1	11	6	4	22
Honduras	1	4	5	6	16
Nicaragua	1	6	0	6	13
Panamá	1	3	0	4	8
El Caribe	5	4	0	6	15
Cuba	2	0	0	1	3
Haití	2	3	0	2	7
República Dominicana	1	1	0	3	5
México	4	50	5	52	111
América Central, el Caribe y México	17	85	17	83	202
Zona Andina	7	61	9	42	119
Bolivia	2	16	1	14	33
Colombia	1	14	3	0	18
Ecuador	2	9	0	3	14
Perú	1	10	0	21	32
Venezuela	1	12	5	4	22
Cono Sur	8	83	13	10	114
Argentina	1	19	7	2	29
Brasil	6	48	5	5	64
Chile					
Paraguay	1	16	1	3	21
Uruguay					
América del Sur	15	144	22	52	233
América Latina	32	229	39	135	432

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

A pesar de estas advertencias, los datos que aparecen en el Cuadro 8 son reveladores, en especial cuando se comparan con los resultados de una encuesta anterior efectuada por el CIMMYT en 1993 (López-Pereira y Filipello 1994). En toda la región, el sector público continúa manteniendo una presencia activa en la industria semillera de maíz, si bien en muchos países esa presencia se ha reducido a una sola organización. La mayoría de las veces, esa única organización pública es un instituto de investigación y no un organismo de producción de semilla. Al examinar los datos sobre las ventas de semilla comercial, se hará evidente el hecho de que en muchos países el sector público ya no participa directamente en actividades de producción.

En toda América Latina (sin incluir el Caribe), la función del sector público está siendo eclipsada por el sector privado, que, a juzgar por el número de empresas semilleras, continúa en rápida expansión. La cantidad de empresas multinacionales no ha variado mucho desde la encuesta de 1993, pero el número de empresas nacionales equivale ahora a más del doble de las que existían antes. Al interpretar estas cifras, es importante tener en cuenta que las actividades de las empresas individuales pueden variar. A diferencia de las empresas multinacionales, que realizan casi todas actividades de investigación, producción y distribución de semilla, muchas de las empresas nacionales no mantienen sus propios programas de investigación y se limitan a producir y vender semilla generada por los programas públicos de mejoramiento o por empresas multinacionales con las que se han asociado o aliado.

La espectacular expansión de la industria privada de semilla ha sido igualada en el sector participativo social, dada la proliferación de empresas privadas de semilla con un rápido crecimiento similar en el número de organizaciones no gubernamentales de semilla. Si bien esta categoría no está siempre bien definida, en términos generales incluye organizaciones pequeñas sin fines de lucro dedicadas a la producción de semilla de maíz a nivel comunitario. En muchos casos, estas organizaciones participativas de semilla se establecen como parte de

proyectos integrados de desarrollo rural, en un intento de satisfacer la demanda localizada de semilla mejorada. Estas organizaciones participativas casi nunca realizan investigaciones y casi siempre se limitan a producir semilla de variedades e híbridos generados por el sector público.

Inversión en investigación fitogenética de maíz

En los Cuadros 9 y 10 se presenta información sobre la cantidad y la distribución de los científicos dedicados a la investigación fitogenética de maíz en 1996. Resultan evidentes las marcadas diferencias regionales en cuanto a las cantidades relativas de

fitomejoradores de maíz empleados en los sectores público y privado.³ En México, América Central y el Caribe, el número de fitomejoradores del sector público superó al de sus colegas del sector privado, lo que indica que la investigación fitogenética de maíz siguió concentrada en el sector público. No obstante, la situación fue muy diferente en América del Sur, ya que tanto en la Zona Andina como en el Cono Sur el número de fitomejoradores de maíz del sector privado sobrepasó al del sector público. Estos resultados concuerdan con la idea de que los flujos de la inversión privada han sido atraídos hacia mercados de semilla más comerciales.

Cuadro 9. Indicadores de la investigación de maíz en el sector público en América Latina, 1996.

	Organismos públicos dedicados al mejoramiento de maíz	Científicos del sector público dedicados al mejoramiento de maíz	Científicos del sector público por cada millón de ha sembradas con maíz	Científicos del sector público por cada millón de t de maíz producidas
América Central	7	22.5	13.7	7.8
Costa Rica	1	3.0	225.5	119.9
El Salvador	1	2.0	6.8	3.2
Guatemala	1	7.0	12.2	6.2
Honduras	2	5.0	12.3	7.6
Nicaragua	1	3.0	10.7	9.0
Panamá	1	2.5	34.2	22.8
El Caribe	3	6.0	16.1	18.1
Cuba	1	2.0	27.0	23.5
Haití	1	2.0	7.8	9.8
República Dominicana	1	2.0	46.9	46.7
México	11	130.6	16.8	7.3
América Central, el Caribe y México	21	159.1	16.2	7.6
Zona Andina	10	47.25	20.2	11.4
Bolivia	5	6.0	20.9	9.8
Colombia	1	4.0	6.1	3.8
Ecuador	1	6.25	11.0	10.5
Perú	2	16.0	39.9	19.7
Venezuela	1	15.0	34.9	14.3
Cono Sur	8	84.1	5.2	1.9
Argentina	1	25.0	9.6	2.4
Brasil	6	54.6	4.1	1.7
Chile	-	-	-	-
Paraguay	1	4.5	13.9	6.9
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	18	131.3	7.0	2.8
América Latina	39	290.4	10.2	4.3

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Cuadro 10. Indicadores de la investigación de maíz en el sector privado en América Latina, 1996.

	Organismos privados dedicados al mejoramiento de maíz	Científicos del sector privado dedicados al mejoramiento de maíz	Científicos del sector privado por cada millón de ha sembradas con maíz	Científicos del sector privado por cada millón de t de maíz producidas
América Central	9	9.3	5.6	3.2
Costa Rica	1	0.6	45.1	24.0
El Salvador	1	0.3	0.9	0.4
Guatemala	3	7.5	13.04	6.6
Honduras	3	0.7	1.72	1.1
Nicaragua	0	0.0	0.0	0.0
Panamá	1	0.2	2.9	1.9
El Caribe	1	3.5	9.4	10.6
Cuba	0	0.0	0.0	0.0
Haití	1	3.5	13.6	17.2
República Dominicana	0	0.0	0.0	0.0
México	24	43.0	5.5	2.4
América Central, el Caribe y México	34	55.7	5.7	2.7
Zona Andina	23	51.9	22.2	12.6
Bolivia	5	5.3	18.5	8.6
Colombia	7	17.5	26.8	16.6
Ecuador	2	2.6	4.6	4.4
Perú	2	6.9	17.1	8.5
Venezuela	7	19.7	45.7	18.7
Cono Sur	35	101.9	6.3	2.4
Argentina	16	35.5	13.7	3.4
Brasil	19	66.4	5.0	2.1
Chile	-	-	-	-
Paraguay	0	0.0	0.0	0.0
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	58	153.8	8.3	3.3
América Latina	92	209.5	7.4	3.1

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

³ La categoría que aquí llamamos *fitomejoradores de maíz* incluye no sólo a los fitogenetistas, sino también a otros científicos que colaboran en el mejoramiento de germoplasma, como fisiólogos, patólogos y entomólogos.

La simple comparación de las cantidades de fitomejoradores de maíz empleados en los sectores público y privado puede proporcionar una medida engañosa de las dimensiones relativas de la inversión si el costo de patrocinar a un fitomejorador difiere considerablemente entre los dos sectores. El Cuadro 11 muestra el costo estimado de financiar un fitomejorador principal de maíz en 1996. Los datos se han desglosado en dos componentes: (1) el sueldo y las prestaciones y (2) el presupuesto de operación. Las personas que respondieron a la encuesta (en particular las que trabajaban en los organismos públicos) con frecuencia tuvieron dificultad para estimar todos los gastos generales asociados con el sostenimiento del personal de investigación en el sector público; esas cifras, por tanto, deben ser consideradas de manera conservadora. Además, tal vez no sean directamente comparables con otras series publicadas sobre los costos de la investigación. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, los datos del Cuadro 11 indican que en cada región el costo de patrocinar a un fitomejorador principal de maíz era considerablemente más alto en el sector privado que en el público. Si bien las estimaciones de los salarios y prestaciones de los fitomejoradores del sector público tal vez no incluyeron algunos gastos administrativos, no hay razones para pensar que los presupuestos de operación se estimaron de manera diferente en las dos categorías. En consecuencia, los datos indican que los científicos del sector público disponen de recursos muy limitados para el financiamiento, en comparación con sus colegas del sector privado.

Cuadro 11. Costos de patrocinar a un investigador principal de maíz en América Latina, 1996 (en dólares estadounidenses).

	Sector público		Sector privado	
	Sueldo y prestaciones	Presupuesto de operación	Sueldo y prestaciones	Presupuesto de operación
América Central	12,250	8,341	25,173	19,233
Costa Rica	16,800	16,800	100,000	66,667
El Salvador	10,360	4,455	11,422	13,706
Guatemala	7,924	4,132	15,951	10,781
Honduras	12,000	11,656	21,220	20,804
Nicaragua	7,222	8,000	-	-
Panamá	19,200	5,000	16,800	4,853
El Caribe	7,899	5,550	13,000	8,750
Cuba	4,071	4,071	-	-
Haití	8,300	7,500	13,000	8,750
República Dominicana	11,325	5,082	-	-
México	16,081	11,867	37,125	42,652
América Central, el Caribe y México	11,328	7,856	30,706	33,030
Zona Andina	15,411	17,957	25,989	22,990
Bolivia	13,500	30,000	40,400	38,000
Colombia	21,945	21,945	30,886	25,374
Ecuador	12,541	7,838	16,723	12,090
Perú	11,100	20,000	14,833	12,750
Venezuela	19,971	10,000	24,700	23,257
Cono Sur	27,057	25,000	75,236	101,479
Argentina	35,500	40,000	67,923	99,769
Brasil	36,000	20,000	83,159	103,331
Chile	-	-	-	-
Paraguay	9,670	15,000	-	-
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	19,978	20,598	48,374	58,667
América Latina	15,084	13,520	42,414	49,343

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT

Los productos de los programas latinoamericanos de mejoramiento de maíz

El producto principal de los programas de mejoramiento de maíz es el germoplasma mejorado y, por lo tanto, el primer paso al documentar los impactos de la investigación fitogenética de maíz en América Latina consiste en recopilar un inventario completo de los productos derivados de dicho germoplasma. Por supuesto, el hecho de que un programa de mejoramiento genere una gran cantidad de productos de germoplasma no constituye una prueba de sus impactos, ya que también se debe comprobar que esos productos llegan a los campos de los agricultores y contribuyen a aumentar la productividad a nivel de finca. No obstante, si un determinado programa de mejoramiento no genera productos de germoplasma, se puede decir sin temor a equivocarse que el programa no tiene ningún impacto.

Durante la encuesta original sobre los impactos de la investigación en el mejoramiento de maíz del CIMMYT efectuada en 1992, se recopilaron datos descriptivos detallados sobre las características físicas y los antecedentes genéticos de aproximadamente 850 variedades e híbridos de maíz lanzados en los países en desarrollo entre 1966 y 1990. Cerca de 480 habían sido lanzados en América Latina, incluyendo unos 340 de los programas públicos de mejoramiento y alrededor de 140 correspondientes a empresas privadas de semillas. Dado que fueron relativamente pocas las empresas privadas de semilla que participaron en la encuesta de 1990, la cobertura de los lanzamientos del sector público fue mucho más amplia que la del sector privado.

Una vez que se concluyó la encuesta de 1997, se actualizó y expandió la base de datos sobre los lanzamientos de materiales. A la base de datos original se agregaron todas las variedades e híbridos lanzados por el sector público desde 1990, así como algunos lanzamientos más antiguos (anteriores a 1990) que no se habían incluido en la primera encuesta. También se actualizó la lista original de lanzamientos del sector privado en la misma forma y se expandió considerablemente, como resultado de un esfuerzo especial por abarcar tantas empresas del sector privado como fuera posible.

Al interpretar los datos sobre los lanzamientos de materiales en las siguientes secciones, es importante recordar que la cobertura de los materiales correspondientes a los sectores público y al privado no es exactamente la misma. Se pidió a los programas públicos de mejoramiento que proporcionaran información sobre todas las variedades e híbridos lanzados desde 1966, pero, en el caso de las empresas privadas, se consideró que esto era poco práctico. Muchas empresas privadas de semilla que existían durante los años 60 y 70 dejaron de operar y sencillamente no es posible obtener información sobre variedades e híbridos lanzados por empresas desaparecidas. Además, sólo algunas de las empresas actualmente en actividad, que se remontan a los años 60 y 70, pueden proporcionar datos de materiales que vendían hace 20 ó 30 años. Por estas razones, se pidió a las empresas privadas de semilla con las que se estableció contacto durante la encuesta de 1997 que proporcionaran información sólo acerca de las variedades e híbridos que vendían entonces. En la

mayoría de los casos, esos materiales consistían en híbridos relativamente nuevos lanzados durante los años 90.

Lanzamientos efectuados por el sector público

Tipo de materiales. En el Cuadro 12 se muestran los datos sobre las cantidades y tipo de materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina entre 1966 y 1997. En total, los programas públicos de mejoramiento lanzaron 675 materiales durante ese período, incluidas 427 variedades y 248 híbridos.

El ritmo con que los programas públicos de mejoramiento lanzaron los materiales varió con el tiempo. La tasa de lanzamientos aumentó continuamente durante los años 60 y 70 para alcanzar su valor máximo a mediados de los 80, y

Cuadro 12. Tipo y cantidades de materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997.

	VPL mejoradas	Híbridos	Total de VM	VM por cada millón de ha de maíz
América Central	83	44	127	77.3
Costa Rica	11	7	18	1,353.0
El Salvador	3	12	15	51.1
Guatemala	20	13	39	67.8
Honduras	15	5	20	49.2
Nicaragua	19	2	21	74.8
Panamá	9	5	14	191.4
El Caribe	18	3	21	74.8
Cuba	6	3	9	121.6
Haití	6	0	6	23.3
República Dominicana	6	0	6	140.8
México	104	118	222	28.5
América Central, el Caribe y México	205	165	370	37.8
Zona Andina	140	53	193	82.5
Bolivia	54	5	59	205.9
Colombia	28	18	46	70.5
Ecuador	22	3	25	43.9
Perú	19	11	30	84.8
Venezuela	17	16	33	76.7
Cono Sur	82	30	112	6.9
Argentina	27	17	44	16.9
Brasil	39	13	52	3.9
Chile	-	-	-	-
Paraguay	16	0	16	49.3
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	222	83	305	16.4
América Latina	427	248	675	23.6

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

desde entonces se ha mantenido de forma muy constante (Figura 1).

Sintetizando todo el período de 1966-1997, las variedades sobrepasaron considerablemente a los híbridos en los lanzamientos del sector público, si bien este patrón fue menos pronunciado en algunos países (Costa Rica, Venezuela) y, de hecho, se invirtió en dos casos (México y El Salvador). Sin embargo, la proporción de híbridos lanzados por los programas públicos de mejoramiento ha aumentado a un ritmo constante con el tiempo y, en el período más reciente del cual se dispone de datos, se lanzaron más híbridos que variedades en muchos países (Figura 2).

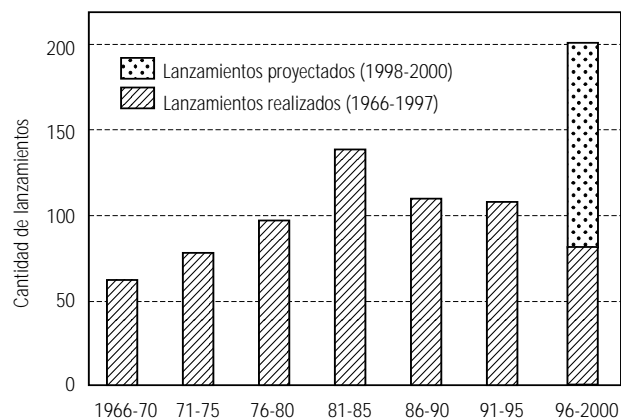


Figura 1. Tasa de lanzamiento de materiales realizados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-2000.

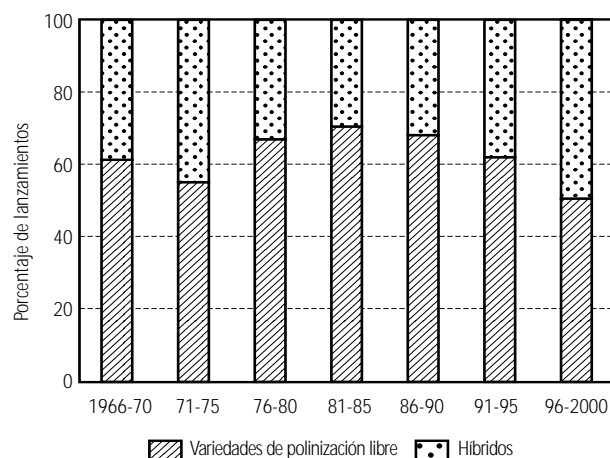


Figura 2. Tipo de materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997.

Adaptación ecológica. En el Cuadro 13 se muestran los datos sobre la adaptación ecológica de los materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina entre 1966 y 1997.

Los materiales adaptados a los ambientes de tierras bajas tropicales han predominado en los lanzamientos del sector público; casi dos tercios (63%) de los 673 materiales cuya adaptación ecológica se conoce corresponden a ambientes de tierras bajas tropicales. Siguen en importancia los de adaptación a regiones subtropicales/de altitud media (23%) y, a cierta distancia, los de tierras altas (9%) y de ambientes templados (4%).

Cuadro 13. Adaptación ecológica de los materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997.

	Tierras bajas tropicales	Subtropicales/de altitud media	Tierras altas	Templadas
América Central	111	16	0	0
Costa Rica	18	0	0	0
El Salvador	15	0	0	0
Guatemala	26	13	0	0
Honduras	19	1	0	0
Nicaragua	19	2	0	0
Panamá	14	0	0	0
El Caribe	20	1	0	0
Cuba	9	0	0	0
Haití	5	1	0	0
República Dominicana	6	0	0	0
México	98	104	20	0
América Central, el Caribe y México	229	121	20	0
Zona Andina	120	37	39	0
Bolivia	30	13	16	0
Colombia	27	8	11	0
Ecuador	10	13	2	0
Perú	20	3	10	0
Venezuela	33	0	0	0
Cono Sur	77	0	0	30
Argentina	9	0	0	30
Brasil	52	0	0	0
Chile	-	-	-	-
Paraguay	16	0	0	0
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	197	37	39	30
América Latina	426	158	59	30

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

La proporción de lanzamientos por parte del sector público de materiales adaptados a cada mega-ambiente ha variado considerablemente según la subregión, lo que concuerda con las diferencias geográficas/ecológicas en la distribución de la producción de maíz. La proporción de lanzamientos de materiales de ambientes de tierras bajas tropicales es particularmente alta en América Central y el Caribe. Esto no es sorprendente si se tiene en cuenta que la mayor parte del maíz que se produce en América Central y el Caribe proviene de esos ambientes. En cambio, muchos de los lanzamientos de los programas públicos de mejoramiento del Cono Sur están adaptados a las condiciones de producción de las zonas templadas; esto refleja el hecho de que una cantidad significativa del maíz producido en esos países se cultiva en este tipo de ambientes. Los materiales adaptados a las condiciones de tierras altas han sido lanzados sólo en México, Guatemala y los países de la Zona Andina.

A pesar de la variabilidad evidente en los países y las subregiones, en América Latina en general la proporción de lanzamientos del sector público con adaptación a cada uno de los cuatro principales ambientes de producción definidos por el CIMMYT es similar a la proporción de la superficie de maíz correspondiente a cada ambiente. Este hecho manifiesta que existe una estrecha congruencia entre el patrón de los productos de la investigación y los ambientes a los que se destinan.

Características. En el Cuadro 14 se presentan los datos sobre el color y la textura del grano de los materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina entre 1966 y 1997.

Existen marcadas diferencias geográficas que tienen que ver con el color del grano. En México, América Central y el Caribe, la gran mayoría de los materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento han sido de grano blanco, en respuesta a la marcada preferencia del consumidor por el maíz de grano blanco. En cambio, los materiales de grano amarillo han predominado en América del Sur, dada su gran utilidad para alimentar a los animales.

Las diferencias geográficas también se manifiestan con respecto a la textura del grano. En México, América Central y el Caribe, la mayoría de los materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento han sido dentados o semidentados, en respuesta a la preferencia de los consumidores locales por el maíz de grano blando, más fácil de procesar (en muchas zonas rurales de la región todavía se muele a mano el maíz). Por el contrario, los materiales semicristalinos y cristalinos han predominado en América del Sur. La popularidad de los materiales de grano más duro en la subregión se puede atribuir al hecho de que no sólo son aptos para alimentar el ganado, sino que también tienen la ventaja agregada de tolerar bien el almacenamiento.

Cuadro 14. Características del grano de los materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997.

	Color del grano		Textura del grano				
	Blanco	Amarillo ^a	Dentado	Semi-dentado	Semi-cristalino	Cristalino	Otra ^b
América Central	81	46	32	52	30	12	0
Costa Rica	13	5	0	13	4	1	0
El Salvador	12	3	8	5	1	1	0
Guatemala	20	19	2	17	18	1	0
Honduras	15	5	9	9	1	1	0
Nicaragua	20	1	8	6	5	2	0
Panamá	1	13	5	2	1	6	0
El Caribe	0	21	7	2	6	5	0
Cuba	0	9	0	2	4	3	0
Haití	0	6	1	0	2	2	0
República Dominicana	0	6	6	0	0	0	0
México	213	9	92	69	41	11	0
América Central, el Caribe y México	294	76	131	123	77	28	0
Zona Andina	86	107 (3)	17	24	54	59	40
Bolivia	27	31 (1)	15	15	8	14	7
Colombia	20	26	0	0	13	24	9
Ecuador	8	17	1	0	3	11	10
Perú	9	22 (2)	0	4	9	4	14
Venezuela	22	11	1	5	21	6	3
Cono Sur	8	94 (10)	9	35	24	33	3
Argentina	2	42	2	4	13	20	0
Brasil	2	50	5	30	11	3	0
Chile	—	—	—	—	—	—	—
Paraguay	4	2 (10)	2	1	0	10	3
Uruguay	—	—	—	—	—	—	—
América del Sur	94	201 (13)	26	59	78	92	43
América Latina	388	277 (13)	157	182	155	120	43

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Los números entre paréntesis indican materiales "colorados" (término usado para referirse a los materiales de color).

^b Principalmente tipos harinosos.

En el Cuadro 15 se muestran los datos sobre los tipos de madurez de los materiales lanzados por los programas públicos de mejoramiento. Los materiales de madurez intermedia y tardía han predominado en los lanzamientos del sector público, y esta tendencia se ha observado no sólo en América Latina sino también en las diversas subregiones. La preponderancia de los materiales de madurez intermedia y tardía es comprensible, pues aquellos que requieren más tiempo para madurar suelen tener rendimientos más altos. Por otra parte, la cantidad relativamente pequeña de lanzamientos de materiales de más corta duración puede ser considerada una causa de preocupación, ya que los agricultores en las zonas propensas a sufrir sequías (que constituyen una proporción considerable de los ambientes de cultivo del maíz en América Latina) sistemáticamente expresan la necesidad de obtener materiales de madurez precoz. Menos del 10% del total de lanzamientos han sido clasificados como materiales de madurez precoz y menos del 2% materiales de madurez ultraprecoz.

Cuadro 15. Tipo de madurez de los materiales de maíz lanzados por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997.

	Ultraprecoz	Precoz	Intermedia	Tardía	Ultratardía
América Central	2	14	90	8	12
Costa Rica	0	1	14	3	0
El Salvador	0	3	10	1	0
Guatemala	0	1	27	0	11
Honduras	1	5	12	1	1
Nicaragua	1	3	14	3	0
Panamá	0	1	13	0	0
El Caribe	0	4	16	1	0
Cuba	0	2	7	0	0
Haití	0	2	3	1	0
República Dominicana	0	0	6	0	0
México	7	30	37	34	112
América Central, el Caribe y México	9	48	143	43	124
Zona Andina	7	15	82	33	54
Bolivia	5	8	31	13	2
Colombia	1	3	4	2	36
Ecuador	1	2	7	0	15
Perú	0	2	7	18	1
Venezuela	0	0	33	0	0
Cono Sur	0	0	18	82	7
Argentina	0	0	0	39	0
Brasil	0	0	15	30	7
Chile	—	—	—	—	—
Paraguay	0	0	3	13	0
Uruguay	—	—	—	—	—
América del Sur	7	15	100	115	61
América Latina	16	63	243	158	185

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Materiales (patentados) del sector privado

Al interpretar los siguientes cuadros y figuras, que muestran los patrones de los lanzamientos (de materiales patentados) por parte del sector privado, es importante recordar que los datos no son directamente comparables con los anteriores, que presentan los patrones de los lanzamientos del sector público. Hay que tener en cuenta dos puntos importantes:

1. Mientras que la información recopilada en los programas públicos de mejoramiento incluye todas las variedades e híbridos que lanzó el sector público entre 1966 y 1997, los datos aportados por las empresas privadas de semilla abarcan sólo los materiales existentes en el mercado en 1997. En general, estos materiales consistían en híbridos comerciales lanzados durante los años 90, y, por tanto, la cobertura temporal era mucho más limitada en el caso de los materiales del sector privado.
2. La interpretación de los datos respecto a los materiales del sector privado se complica porque, la mayoría de las veces, los híbridos comerciales son introducidos de manera simultánea en varios países (sobre todo los híbridos generados por empresas multinacionales de semilla). Esto es muy diferente de lo que sucede con los materiales desarrollados por los programas públicos de mejoramiento, que se lanzan únicamente en un país, a menudo aquel en el que fueron generados. Al intentar distinguir los patrones en el conjunto global de materiales del sector privado, resulta difícil evitar la doble contabilidad, en virtud de que muchos materiales del sector privado aparecen varias veces en la base de datos. Por esta razón, en los Cuadros 16-19 se presentan sólo los resultados de los países. No aparecen los totales subregionales ni regionales porque resultan muy afectados por el problema de la doble contabilidad.

Tipo de materiales. En el Cuadro 16 se muestran los datos de las cantidades y tipos de materiales patentados en el mercado latinoamericano en 1997. Como era de esperar, en la línea de productos de la

mayoría de las empresas privadas predominaron los híbridos; sólo en tres países (México, Venezuela y Haití) existían VPL patentadas en el mercado.

Los tipos de híbridos disponibles en el mercado diferían notablemente según los países. Se encontraron híbridos técnicamente más complejos (por ejemplo, cruza simples, cruza triples) casi exclusivamente en los países con sectores de producción comercial bien desarrollados, como Argentina, Brasil, México y Paraguay. Los híbridos técnicamente menos sofisticados tendían a predominar en países donde la producción de maíz se caracteriza por el cultivo en pequeña escala, orientado al autoconsumo, incluidos la mayoría de los países de América Central, el Caribe y la Zona Andina. No obstante, estas dos categorías no se excluyen mutuamente. Las empresas de semilla reconocen que la presencia de un sector de producción comercial capaz de usar tecnologías más

Cuadro 16. Tipo de materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997.

	VPL mejoradas	Híbridos				Total
		CS	CT	CD	Otros	
América Central						
Costa Rica	0	1	8	4	0	13
El Salvador	0	0	2	5	0	7
Guatemala	0	0	3	8	0	11
Honduras	0	0	11	10	0	21
Nicaragua	0	0	1	4	0	5
Panamá	0	1	2	1	0	4
El Caribe						
Cuba	0	0	0	0	0	0
Haití	1	0	0	0	0	1
República Dominicana	0	0	0	0	0	0
México	5	46	68	28	8	155
Zona Andina						
Bolivia	0	0	12	4	0	16
Colombia	0	6	13	10	0	29
Ecuador	0	1	3	6	0	10
Perú	0	0	1	7	0	8
Venezuela	9	0	16	40	2	67
Cono Sur						
Argentina	0	67	49	14	0	130
Brasil	0	37	45	37	3	112
Chile	–	–	–	–	–	–
Paraguay	0	25	19	18	1	63
Uruguay	–	–	–	–	–	–

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Nota: Algunas variedades e híbridos se vendían en más de un país y, por lo tanto, los datos no se refieren necesariamente a materiales *diferentes* (es decir, el mismo material puede haber sido contabilizado en más de un país). La suma de los materiales contabilizados en cada país tiende a dar una cantidad total de materiales *diferentes* superior a la cantidad real en el mercado. CS = cruza simple; CT = cruza triple y CD = cruza doble.

complejas no impide la orientación hacia otros segmentos del mercado. Por esta razón, en todos los países donde se disponía de híbridos simples y triples, también se vendían híbridos dobles y otros tipos de híbridos aun menos complejos.

Adaptación ecológica. En el Cuadro 17 se presentan los datos sobre la adaptación ecológica de los materiales (patentados) del sector privado existentes en el mercado de América Latina en 1997. En todos los países excepto dos, en la línea de productos de las empresas privadas de semilla predominaron los materiales para tierras bajas tropicales. Las únicas excepciones fueron Argentina (donde los materiales para zonas templadas fueron por mucho los más comunes) y México (donde también se dispuso de una cantidad considerable de materiales para zonas subtropicales/de tierras altas y una cantidad pequeña de materiales para tierras altas).

Cuadro 17. Adaptación ecológica de los materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997.

	Tierras bajas		Tierras	
	tropicales	Subtropicales/ de altitud media	altas	Templadas
América Central				
Costa Rica	11	1	0	0
El Salvador	7	0	0	0
Guatemala	11	0	0	0
Honduras	18	0	1	0
Nicaragua	5	0	0	0
Panamá	4	0	0	0
El Caribe				
Cuba	0	0	0	0
Haití	1	0	0	0
República Dominicana	0	0	0	0
México	84	56	6	1
Zona Andina				
Bolivia	16	0	0	0
Colombia	29	0	0	0
Ecuador	10	0	0	0
Perú	5	2	0	1
Venezuela	67	0	0	0
Cono Sur				
Argentina	4	0	0	129
Brasil	118	0	0	4
Chile	–	–	–	–
Paraguay	56	0	0	7
Uruguay	–	–	–	–

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Nota: Nota: Algunas variedades e híbridos se vendían en más de un país y, por lo tanto, los datos no se refieren necesariamente a materiales *diferentes* (es decir, el mismo material puede haber sido contabilizado en más de un país). La suma de los materiales contabilizados en cada país tiende a dar una cantidad total de materiales *diferentes* superior a la cantidad real en el mercado.

Aun cuando los ambientes de tierras bajas tropicales predominan en gran parte de América Latina, la cantidad de materiales patentados adaptados a esos ambientes parece desproporcionadamente grande. Esto sugiere una de dos posibilidades: las empresas privadas han concentrado sus actividades de mejoramiento en los ambientes de tierras bajas tropicales a expensas de otros ambientes, o, si esas actividades se han distribuido en toda la gama de ambientes de producción, se han generado relativamente pocos materiales comerciales con buena adaptación a las condiciones subtropicales/de altitud media y de tierras altas.

Características. En el Cuadro 18 se muestran los datos sobre el color y la textura del grano de los materiales (patentados) del sector privado existentes en el mercado de América Latina en 1997. Las empresas privadas de semilla evidentemente son sensibles a los factores de la demanda, y sus líneas de

Cuadro 18. Características del grano de los materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997.

	Color del grano		Textura del grano			
	Blanco	Amarillo ^a	Dentado	Semidentado	Semicristalino	Cristalino
América Central						
Costa Rica	7	5	2	3	6	1
El Salvador	6	1	1	1	2	3
Guatemala	7	4	2	2	2	5
Honduras	18	1	1	5	6	7
Nicaragua	5	0	0	1	1	2
Panamá	1	3	2	2	0	0
El Caribe						
Cuba	0	0	0	0	0	0
Haití	0	1	0	0	0	1
República Dominicana	0	0	0	0	0	0
México	135	20	7	55	37	52
Zona Andina						
Bolivia	1	18	7	8	1	0
Colombia	1	15	18	7	1	3
Ecuador	2	8	4	2	2	2
Perú	0	8	5	1	0	2
Venezuela	49	18	6	39	7	15
Cono Sur						
Argentina	1	126	57	24	23	25
Brasil	2	120	28	54	11	27
Chile	–	–	–	–	–	–
Paraguay	0	63	22	25	3	11
Uruguay	–	–	–	–	–	–

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Nota: Algunas variedades e híbridos se vendían en más de un país y, por lo tanto, los datos no se refieren necesariamente a materiales *diferentes* (es decir, el mismo material puede haber sido contabilizado en más de un país). La suma de los materiales contabilizados en cada país tiende a dar una cantidad total de materiales *diferentes* superior a la real en el mercado.

^a Incluye materiales descritos como "colorados" (término usado para referirse a los materiales de color).

productos reflejan las bien conocidas diferencias geográficas en cuanto a las preferencias de los consumidores. La mayoría de los materiales patentados disponibles en el mercado en México, América Central, el Caribe y la Zona Andina eran de grano blanco, apropiados para la preparación de platillos locales. En cambio, los materiales comercializados en los países del Cono Sur eran casi exclusivamente de grano amarillo, para alimentar a los animales. Sin embargo, la textura del grano era muy variable y en la mayoría de los países se ofrecía una amplia gama de esas texturas.

En el Cuadro 19 se muestran los datos sobre los tipos de madurez de los materiales (patentados) del sector privado existentes en el mercado de América Latina en 1997. Los materiales de madurez intermedia y tardía predominaron en la mayoría de los países, excepto en los del Cono Sur, donde las

Cuadro 19. Tipo de madurez de los materiales de maíz generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997.

	Ultraprecoz	Precoz	Intermedia	Tardía	Ultratardía
América Central					
Costa Rica	0	0	7	5	0
El Salvador	0	1	5	1	0
Guatemala	0	0	11	0	0
Honduras	0	1	11	5	2
Nicaragua	0	0	4	1	0
Panamá	0	0	3	1	0
El Caribe					
Cuba	0	0	0	0	0
Haití	0	1	0	0	0
República Dominicana	0	0	0	0	0
México	11	21	50	38	29
Zona Andina					
Bolivia	0	1	7	7	1
Colombia	0	1	14	4	10
Ecuador	2	0	2	3	0
Perú	0	0	2	2	0
Venezuela	3	4	49	10	1
Cono Sur					
Argentina	3	14	32	57	27
Brasil	3	25	39	48	5
Chile					
Paraguay	2	15	22	21	3
Uruguay					

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Nota: Algunas variedades e híbridos se vendían en más de un país y, por lo tanto, los datos no se refieren necesariamente a materiales *diferentes* (es decir, el mismo material puede haber sido contabilizado en más de un país). La suma de los materiales contabilizados en cada país da una cantidad total de materiales *diferentes* superior a la cantidad real en el mercado.

líneas de productos de las empresas privadas de semilla estaban distribuidas en forma bastante pareja en una serie de tipos de madurez.

Patrones generales en los materiales (patentados) del sector privado. En un esfuerzo por evitar el problema de la doble contabilidad, se creó una “base de datos de entrada única” con todos los materiales patentados existentes en el mercado de América Latina en 1997. En esta base de datos se eliminaron las entradas repetidas de VPL o híbridos individuales. (Por ejemplo, aun cuando Pioneer Hybrid 3001 se vendía en seis países, la base de datos contiene sólo un registro para este híbrido.) Si bien no es posible emplear la base de datos para examinar los patrones de cada país, porque los materiales enumerados no se asocian con países específicos, sí se puede utilizar para analizar los patrones en el conjunto general de materiales (patentados) del sector privado disponibles en toda América Latina en 1997 y establecer comparaciones directas con los resultados globales que se mostraron anteriormente respecto a los lanzamientos del sector público.

En la Figura 3 se muestra un resumen estadístico del conjunto global de materiales (patentados) del sector privado existentes en el mercado de América Latina en 1997.

Como era de esperar, la gran mayoría (97%) de los materiales patentados que se vendían en América Latina en 1997 eran híbridos. La preferencia del sector privado por comercializar híbridos se basa evidentemente en consideraciones comerciales, como las siguientes: (1) muchos agricultores que siembran híbridos son productores comerciales en gran escala que necesitan grandes cantidades de semilla; (2) los agricultores que siembran híbridos tienden a comprar semilla nueva cada año; y (3) la semilla de los híbridos alcanza precios más altos que la de las VPL y, por tanto, ofrece a las empresas la oportunidad de obtener mayores utilidades.

Entre todos los materiales patentados, los de grano amarillo superaron ligeramente en número a los de grano blanco, lo que muestra la importancia que

prestan las empresas privadas de semilla a las necesidades de los productores comerciales de grano destinado a alimentar a los animales. El predominio de los materiales de grano amarillo entre los materiales patentados contrasta marcadamente con el patrón observado entre los lanzamientos del sector público, donde predominaron los materiales de grano blanco para la preparación de platillos locales.

Los materiales patentados incluyeron una amplia gama de texturas del grano, y la distribución estuvo ligeramente sesgada hacia el extremo más duro (cristalino) del espectro. Este patrón, muy similar al observado entre los lanzamientos del sector público, presumiblemente indica que las empresas privadas de semilla, como los programas públicos de mejoramiento, se esfuerzan por ofrecer una amplia variedad de texturas de grano para satisfacer las diversas preferencias locales.

Los materiales para tierras bajas tropicales predominaron en las líneas de productos de las empresas de semilla latinoamericanas y representaron más del 60% de todos los materiales patentados que se vendían en 1997. En términos de

predominio de los materiales para tierras bajas tropicales, el conjunto global de materiales patentados se asemejó al conjunto global de lanzamientos del sector público. Sin embargo, fuera de esto, el énfasis que se hizo en los distintos megaambientes difirió notablemente. Los materiales para zonas templadas ocuparon el segundo lugar entre los materiales del sector privado, sin duda por la importancia de satisfacer las necesidades de los productores comerciales en Argentina. Los materiales adaptados a los ambientes de producción de tierras altas constituyeron un minúsculo 1% del total de materiales patentados disponibles en el mercado.

Los materiales de madurez intermedia y tardía predominaron en las líneas de productos de las empresas privadas de semilla, exactamente como en el caso de los lanzamientos del sector público, pero al mismo tiempo, éstas evidentemente reconocen que existe demanda de materiales de madurez precoz, y su línea de productos indica que se están esforzando por satisfacer dicha demanda: casi el 20% del total de materiales patentados fueron clasificados como de madurez precoz o ultraprecoz.

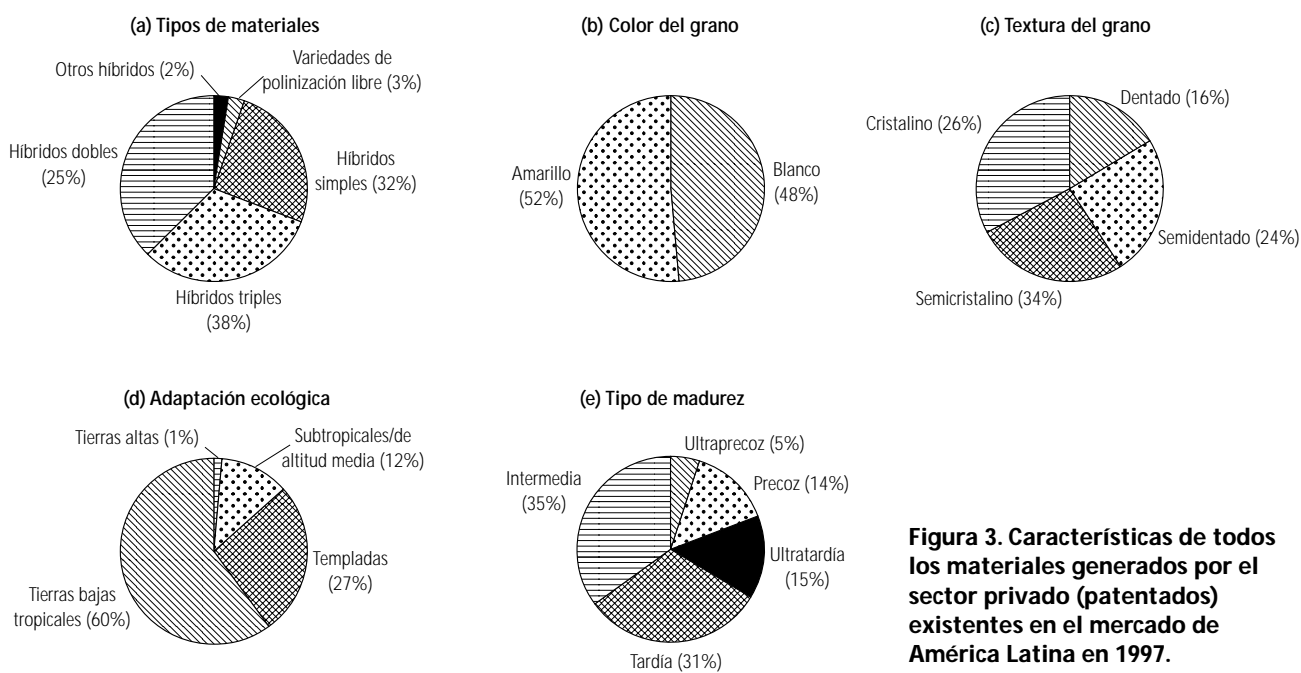


Figura 3. Características de todos los materiales generados por el sector privado (patentados) existentes en el mercado de América Latina en 1997.

El uso del germoplasma del CIMMYT

¿En qué medida los fitomejoradores de maíz de América Latina utilizan el germoplasma del CIMMYT? Dado que el producto principal del Programa de Maíz es el germoplasma mejorado, una forma sencilla de medir los impactos de las actividades de fitomejoramiento del CIMMYT es determinar la medida en que el germoplasma que genera está presente en las variedades desarrolladas por los programas públicos y privados de mejoramiento en toda la región.

Desafortunadamente, debido a la forma en que se efectúa el mejoramiento moderno de maíz, no siempre es fácil documentar el empleo del germoplasma del CIMMYT. Existen por lo menos tres factores que dificultan identificar y rastrear su utilización en el maíz:

1. Muchas VPL mejoradas y la mayoría de los híbridos modernos tienen genealogías cerradas, lo que significa que la información sobre sus antecedentes genéticos no está a disposición del público. Los programas de mejoramiento, sobre todo los privados que responden a incentivos económicos, tienen un motivo evidente para mantener cerradas las genealogías, pues en cuanto los antecedentes genéticos de una VPL mejorada o un híbrido se hagan de conocimiento del público, otros fitomejoradores podrán rápidamente reproducirlos.
2. Las estrategias de mejoramiento de maíz varían mucho y los fitomejoradores individuales usan una serie de técnicas, la mayoría de las cuales implican múltiples ciclos de autofecundación, cruzamiento y/o retrocruzamiento. Las estrategias de selección son muy diversas y cambian con frecuencia. A causa de la naturaleza compleja, y a menudo *ad hoc* del mejoramiento de maíz, no se puede conocer con absoluta certeza la historia genética de muchas de las VPL mejoradas e híbridos.
3. Aun cuando se conozca la historia genética de una VPL o un híbrido en particular, no siempre está claro cómo se deben asignar los créditos del mejoramiento. El mejoramiento moderno de maíz es de carácter internacional y la mayoría de los fitomejoradores trabajan con una amplia diversidad de germoplasma básico proveniente de todas partes del mundo. El proceso de mejoramiento requiere mucho trabajo en equipo, puesto que los materiales experimentales promisorios deben ser evaluados en numerosas y diversas localidades y ello exige la participación de los colaboradores. Por consiguiente, puede ser difícil asignar el crédito a un fitomejorador o programa de mejoramiento en particular.

A pesar de estos factores de complicación, se intentó documentar la forma en que los programas públicos y privados de mejoramiento emplean el germoplasma del CIMMYT.⁴ Como muchas de las personas que respondieron a la encuesta no estaban dispuestas a

⁴ En este contexto, el "germoplasma del CIMMYT" se define como un germoplasma que ha pasado por al menos tres ciclos de selección a manos de los fitomejoradores del CIMMYT y ha sido distribuido como una población, un complejo, una línea endogámica, una variedad experimental o un híbrido experimental del CIMMYT.

proporcionar las genealogías completas de sus materiales comerciales, se tuvo que solicitar información sobre su uso en términos bastante generales. En el caso de las VPL mejoradas e híbridos incluidos en las dos bases de datos, se formularon de manera individual las siguientes preguntas. Las respuestas posibles aparecen en *itálica*:

- *¿Contienen esta VPL o híbrido germoplasma del CIMMYT? (sí o no)*
- *Si la VPL o híbrido contienen germoplasma del CIMMYT, ¿cuál era el nombre de la población, complejo o línea endogámica que se usó?*

Nombre de la primera población, complejo o línea endogámica del CIMMYT: _____

Nombre de la segunda población, complejo o línea endogámica del CIMMYT: _____

Nombre de la tercera población, complejo o línea endogámica del CIMMYT:

- *¿Cómo se empleó el germoplasma del CIMMYT?*

Población, complejo o variedad experimental usada de la siguiente manera:

Clase 2 = germoplasma básico (mejoramiento sustancial efectuado después de recibir el material del CIMMYT)

Clase 3 = selección a partir de los ensayos de variedades del CIMMYT, con cierto mejoramiento para su adaptación local

Clase 4 = empleo directo del material del CIMMYT, sin efectuar ningún mejoramiento adicional

Línea endogámica o híbrido usados de la siguiente manera:

Clase 2 = programa de genealogías (considerable mejoramiento efectuado después de recibir el material del CIMMYT)

Clase 3 = empleo directo de una o más líneas endogámicas del CIMMYT en la formación del híbrido

Clase 4 = empleo directo de un híbrido del CIMMYT (todas las líneas endogámicas provinieron del CIMMYT)

La mayoría de las personas que respondieron en representación de los programas públicos de mejoramiento estaban dispuestas a proporcionar esta información acerca de los antecedentes genéticos de los materiales lanzados por el sector público. En estos casos fue posible clasificar casi todos los lanzamientos del sector público, en función de la cantidad de germoplasma del CIMMYT en sus ancestros.

Sin embargo, la situación fue diferente cuando se trataba de los materiales (patentados) del sector privado. Muchos representantes de las empresas privadas de semilla estaban dispuestos a revelar si se había usado germoplasma del CIMMYT al desarrollar un determinado material comercial e, incluso, a indicar de qué manera lo habían empleado. En estos casos fue posible caracterizar cada material como perteneciente a la Clase 2, la Clase 3 o la Clase 4. No obstante, los representantes de otras empresas se mostraron reacios a proporcionar información detallada sobre los antecedentes genéticos de materiales específicos y estaban dispuestos a indicar sólo en términos muy generales si habían usado germoplasma del CIMMYT al generar determinados productos o conjunto de éstos.

A causa de la renuencia de algunos de los representantes de las empresas semilleras a proporcionar información detallada sobre las genealogías, aproximadamente la mitad de los materiales patentados que se creía que contenían germoplasma del CIMMYT no pudieron ser asignados con seguridad a la Clase 2, la Clase 3 o la Clase 4. Por tanto, los materiales patentados se clasificaron en tres categorías principales:

1. Definitivamente no contienen germoplasma del CIMMYT;
2. Definitivamente contienen germoplasma del CIMMYT (esta categoría fue subdividida en Clase 2, Clase 3 y Clase 4); y
3. Probablemente contienen germoplasma del CIMMYT (en forma conservadora se supone que pertenecen a la Clase 2).

Muchos de los representantes de las empresas semilleras entrevistados durante la encuesta declararon que aun la información general sobre los antecedentes genéticos de los híbridos comerciales podría resultar valiosa para empresas rivales y, por consiguiente, aceptaron responder a las preguntas acerca del uso del germoplasma del CIMMYT sólo con la condición de que dicha información no se hiciera pública. Esa es la razón de que los datos sobre los antecedentes genéticos de materiales específicos no aparezcan en esta (ni en ninguna otra) publicación del CIMMYT.

Los programas públicos de mejoramiento

En el Cuadro 20 aparecen los datos sobre la forma en que los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina emplean el germoplasma. El uso del germoplasma del CIMMYT se expresa en términos del porcentaje del total de lanzamientos de materiales del sector público en cuyos antecedentes genéticos se identificó algún componente de este germoplasma. Más de la mitad (55%) del total de VPL mejoradas e híbridos lanzados por los programas públicos de mejoramiento durante 1966-1997 contenían germoplasma del CIMMYT, lo que indica la gran dependencia de esos materiales por parte de los programas nacionales de maíz.

Cuadro 20. Empleo del germoplasma del CIMMYT por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997 (% de materiales lanzados que contenían germoplasma del CIMMYT).

	Todos los lanzamientos del sector público	Según su adaptación ecológica:			
		Tierras bajas tropicales	Subtropicales/ de altitud media	Tierras altas	Templadas
América Central	87.4	94	44	-	-
Costa Rica	100.0	100	31	-	-
El Salvador	100.0	100	-	-	-
Guatemala	76.9	100	-	-	-
Honduras	100.0	100	-	-	-
Nicaragua	81.0	79	100	-	-
Panamá	78.6	79	-	-	-
El Caribe	66.7	70	0	-	-
Cuba	66.7	67	-	-	-
Haití	50.0	60	0	-	-
República Dominicana	83.3	83	-	-	-
México	33.3	52	18	10	-
América Central, el Caribe y México	53.2	74	22	10	-
Zona Andina	57.0	66	46	39	-
Bolivia	72.9	77	62	50	-
Colombia	26.1	41	13	0	-
Ecuador	52.0	80	31	50	-
Perú	56.7	60	0	60	-
Venezuela	75.7	76	-	-	-
Cono Sur	56.2	70	-	-	30
Argentina	40.9	100	-	-	30
Brasil	67.3	67	-	-	-
Chile	-	-	-	-	-
Paraguay	62.5	63	-	-	-
Uruguay	-	-	-	-	-
América del Sur	56.7	68	46	39	30
América Latina	54.8	71	27	29	30

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Cuadro 21. Contenido aproximado de germoplasma del CIMMYT en los materiales de maíz generados por el sector público en América Latina, 1966-1997 (% de los materiales lanzados).

	Proporción de germoplasma fuente originario del CIMMYT:			
	0%	1-33%	34-66%	67-100%
América Central	12.6	0.0	9.4	78.0
Costa Rica	0.0	0.0	27.8	72.2
El Salvador	0.0	0.0	20.0	80.0
Guatemala	23.1	0.0	10.3	66.7
Honduras	0.0	0.0	0.0	100.0
Nicaragua	19.0	0.0	0.0	81.0
Panamá	21.4	0.0	0.0	78.6
El Caribe	33.3	0.0	0.0	66.7
Cuba	33.3	0.0	0.0	66.7
Haití	50.0	0.0	0.0	50.0
República Dominicana	16.7	0.0	0.0	83.3
México	67.6	5.0	13.5	14.0
América Central, el Caribe y México	46.8	3.0	11.4	38.9
Zona Andina	43.4	6.6	11.2	38.8
Bolivia	27.1	6.8	10.2	55.9
Colombia	73.9	0.0	6.5	19.6
Ecuador	48.0	20.0	16.0	16.0
Perú	45.5	9.1	18.2	27.3
Venezuela	24.2	3.0	9.1	63.6
Cono Sur	53.2	15.6	27.0	4.3
Argentina	71.2	16.4	11.0	1.4
Brasil	32.7	0.0	57.7	9.6
Chile	-	-	-	-
Paraguay	37.5	62.5	0.0	0.0
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	47.5	10.4	17.8	24.3
América Latina	47.1	6.5	14.4	32.0

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Si bien el germoplasma del CIMMYT ha sido popular en toda América Latina, la frecuencia con que se emplea ha variado según la subregión (Cuadro 21). Los programas públicos de mejoramiento en América Central han sido usuarios particularmente asiduos de los materiales del Centro. El germoplasma del CIMMYT estaba presente en más del 87% del total de variedades e híbridos lanzados por el sector público en América Central entre 1966 y 1997, y en el 100% de los lanzamientos del sector público en Costa Rica, El Salvador y Honduras. En América del Sur se usaron de manera menos extensa los materiales del Centro, aunque el grado de uso aún resultó muy alto; en la Zona Andina y el Cono Sur, más del 56% del total de variedades e híbridos lanzados por el sector público entre 1966 y 1997 contenían germoplasma del CIMMYT. Irónicamente, el país latinoamericano en el que los materiales del CIMMYT se han usado menos es México, donde sólo el 33% de los lanzamientos del sector público han incluido germoplasma del Centro. El grado de uso relativamente escaso del germoplasma del CIMMYT en México parece ser atribuible a dos factores. En primer lugar, el programa nacional de México tiene acceso directo a muchos de los mismos materiales fuente a partir de los cuales se desarrollaron las principales poblaciones de tierras bajas tropicales del CIMMYT; por tanto, los fitomejoradores mexicanos no han tenido muchos motivos para recurrir al germoplasma destinado a este tipo de ambientes. En segundo lugar, muchos de los materiales lanzados por el programa nacional mexicano se han destinados a los ambientes de tierras altas, y dado que la importancia de dichos ambientes es limitada fuera de México, no recibieron mucha atención por parte del CIMMYT hasta 1985.

Como era de esperar, el germoplasma del CIMMYT se ha usado en forma muy extensa para desarrollar materiales adaptados a los ambientes de tierras bajas tropicales. Durante 1966-1997, se empleó en más del 70% del total de lanzamientos de materiales del sector público adaptados a esos ambientes. No obstante, el germoplasma se empleó con mucha menos frecuencia en los lanzamientos de materiales

del sector público adaptados a los ambientes subtropicales/de altitud media (27%), de tierras altas (29%) y de zonas templadas (30%).⁵

El amplio uso de los materiales de tierras bajas tropicales del CIMMYT por parte de los programas nacionales de mejoramiento se puede atribuir en gran parte a la gran aceptación que tuvieron varios materiales para esos ambientes. Se destacan entre ellos la Población 21 (Tuxpeño) del CIMMYT, un material de baja estatura, madurez intermedia y grano blanco dentado generado a partir de una raza criolla mexicana. La Población 21 estuvo presente en por lo menos 90 variedades e híbridos diferentes lanzados por los programas nacionales de mejoramiento en toda América Latina, una marca

Cuadro 22. Empleo de materiales del CIMMYT en productos generados por los programas públicos de mejoramiento de maíz en América Latina, 1966-1997.

	Cantidad de VM del sector público que contenían:			
	Población 21 (Tuxpeño)	Población 32 (ETO)	Población 43 (La Posta)	Suwan-1
América Central	35	17	15	21
Costa Rica	3	4	5	3
El Salvador	6	0	1	5
Guatemala	15	5	3	5
Honduras	8	3	5	4
Nicaragua	3	0	1	4
Panamá	0	5	0	0
El Caribe	0	7	0	0
Cuba	0	2	0	0
Haití	0	1	0	0
República Dominicana	0	4	0	0
México	16	0	0	14
América Central, el Caribe y México	51	24	15	35
Zona Andina	26	12	12	4
Bolivia	1	6	3	1
Colombia	5	0	0	0
Ecuador	4	3	1	0
Perú	0	3	0	0
Venezuela	16	0	8	3
Cono Sur	13	0	0	0
Argentina	0	0	0	0
Brasil	13	0	0	0
Chile	—	—	—	—
Paraguay	0	0	0	0
Uruguay	—	—	—	—
América del Sur	39	12	12	4
América Latina	90	36	27	39

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

⁵ Como el Programa de Maíz del CIMMYT no trabaja con materiales de zonas templadas, fue una sorpresa enterarnos de que el germoplasma del CIMMYT ha estado presente en el 30% del total de variedades e híbridos del sector público adaptados a este tipo de ambientes.

que sin duda no ha sido igualada en el mundo en desarrollo (Cuadro 22). Otros materiales de tierras bajas tropicales ampliamente usados, productos directos o indirectos del programa de mejoramiento de maíz del CIMMYT, incluyen la Población 32 (ETO Blanco) del CIMMYT, la Población 43 (La Posta) del CIMMYT y la variedad tailandesa Suwan-1, desarrollada mediante una actividad colaborativa de mejoramiento en la que participaron científicos de la Fundación Rockefeller, el Departamento de Agricultura y la Universidad Kasetsart, de Tailandia, y el CIMMYT.

Los programas nacionales de mejoramiento de maíz han usado el germoplasma del CIMMYT en distintas formas (Cuadro 23). Una proporción considerable de los lanzamientos del sector público en América Central y el Caribe, en cuya genealogía estaba presente este germoplasma, pueden ser

Cuadro 23. Formas de empleo del germoplasma del CIMMYT por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997 (% de los materiales lanzados).

	Variedades que contenían germoplasma del CIMMYT:			
	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Total
América Central	60.4	25.2	14.4	100.0
Costa Rica	94.4	5.6	0.0	100.0
El Salvador	73.3	13.4	13.3	100.0
Guatemala	63.3	13.3	23.3	100.0
Honduras	35.0	30.0	35.0	100.0
Nicaragua	47.1	52.9	0.0	100.0
Panamá	45.5	54.5	0.0	100.0
El Caribe	42.9	14.3	42.9	100.0
Cuba	33.3	33.3	33.3	100.0
Haití	0.0	0.0	100.0	100.0
República Dominicana	80.0	0.0	20.0	100.0
México	82.0	15.3	2.8	100.0
América Central, el Caribe y México	67.0	20.8	12.2	100.0
Zona Andina	67.6	26.1	6.3	100.0
Bolivia	51.2	46.5	2.3	100.0
Colombia	58.3	41.7	0.0	100.0
Ecuador	76.9	7.7	15.4	100.0
Perú	61.1	16.7	22.2	100.0
Venezuela	100.0	0.0	0.0	100.0
Cono Sur	92.4	4.5	3.0	100.0
Argentina	100.0	0.0	0.0	100.0
Brasil	91.5	8.6	0.0	100.0
Chile	-	-	-	-
Paraguay	80.0	0.0	20.0	100.0
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	76.8	18.1	5.1	100.0
América Latina	71.6	19.5	8.8	100.0

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

caracterizados como materiales de la Clase 4, variedades experimentales e híbridos distribuidos por el CIMMYT, a los que se les ha asignado un nombre local y han sido lanzados con poco o ningún mejoramiento adicional por parte de los fitomejoradores locales. En el otro extremo, en el Cono Sur, más del 90% de los lanzamientos del sector público pueden ser caracterizados como materiales de la Clase 2, variedades e híbridos desarrollados localmente con una cantidad pequeña de germoplasma del CIMMYT en sus ancestros. Este patrón proporciona otra prueba de que para los países pequeños, con programas nacionales de mejoramiento modestos, resulta eficaz lanzar variedades e híbridos del CIMMYT con poco o ningún mejoramiento adicional, en tanto que para los países grandes, con programas nacionales de mejoramiento bien establecidos, lo es someter los materiales promisorios del CIMMYT a varios ciclos adicionales de selección y/o cruzamiento antes de lanzar materiales con adaptación local.

¿Cómo se ha modificado al paso del tiempo el uso del germoplasma del CIMMYT por parte de los programas nacionales de mejoramiento? La Figura 4 muestra las tendencias en el porcentaje de lanzamientos del sector público que contenían germoplasma del CIMMYT, así como los cambios en la proporción de esos lanzamientos clasificados en cada una de las tres categorías (como el

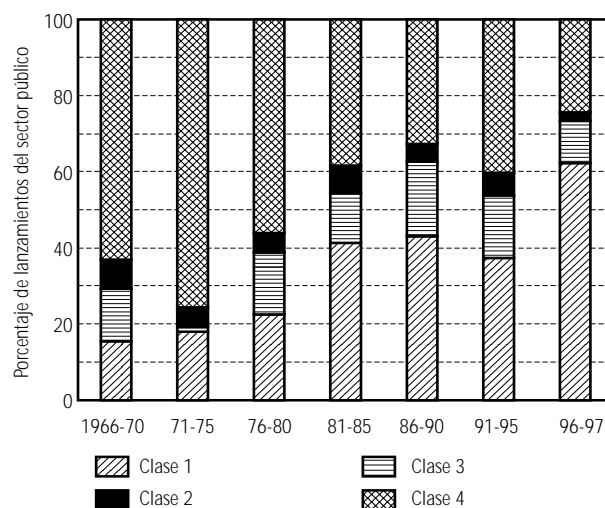


Figura 4. Empleo del germoplasma del CIMMYT como materiales fuente por los programas públicos de mejoramiento en América Latina, 1966-1997.

CIMMYT no trabaja con germoplasma para zonas templadas, la Figura 4 se refiere únicamente a los lanzamientos que no son para estas zonas). El empleo del germoplasma del CIMMYT por los programas nacionales de mejoramiento se ha incrementado con el tiempo, a tal punto que actualmente está presente en casi el 75% del total de variedades e híbridos lanzados por el sector público en América Latina. Al mismo tiempo, se ha producido una marcada reducción en la proporción de esos lanzamientos caracterizados como Clase 4 (selección directa de una variedad experimental o híbrido del CIMMYT). Esto indica que ahora es mucho menos probable que los programas nacionales hagan uso directo del germoplasma del CIMMYT; más bien, tienden a someterlo a ciclos adicionales de selección antes de emplearlo para formar variedades terminadas.

Los programas privados de mejoramiento

¿En qué medida las empresas privadas de semilla de América Latina han usado el germoplasma del CIMMYT? Hasta hace muy poco, los intentos de documentar el empleo del germoplasma del CIMMYT por parte de las empresas privadas de semilla habían tenido poco éxito. En 1992, por ejemplo, muchas empresas privadas declinaron participar en la encuesta del CIMMYT. De las pocas que accedieron, la mayoría se rehusó a hablar sobre cómo lo utilizaban, argumentando que aun la información general del origen genético de híbridos comerciales específicos era demasiado delicada para ser revelada. Por fortuna, esta postura parece estar cambiando en la actualidad. Al parecer, dos factores primordiales han contribuido a este reciente cambio de actitud. En primer lugar, muchos representantes de empresas de semilla saben ahora que el CIMMYT ha mantenido su promesa de respetar la confidencialidad de los datos sobre las genealogías. En segundo lugar, han visto que la información respecto a los antecedentes genéticos de los materiales de los sectores público y privado se usa de manera que resulte útil para todos los programas de mejoramiento y no perjudique a ninguno de ellos. El cambio de actitud es muy importante, ya que por primera vez ha sido posible esclarecer un área tan importante.

El Cuadro 24 presenta información sobre el empleo del germoplasma del CIMMYT por las empresas privadas de semilla de América Latina. Lo mismo que en los Cuadros 16-19, los datos de los Cuadros 24-27 se refieren a todos los materiales patentados que existían en el mercado en 1997. A causa del problema de la doble contabilidad, descrito anteriormente, (resultante del hecho de que los mismos materiales patentados suelen venderse simultáneamente en varios países), no se incluyen los totales subregionales ni regionales.

El Cuadro 24 y la Figura 5 ponen en claro que las empresas privadas de semilla de América Latina han hecho amplio uso del germoplasma del CIMMYT. En todos los países salvo Argentina, donde la mayor parte del maíz se produce en ambientes templados, más del 80% del total de materiales (patentados) del sector privado disponibles en el mercado en 1997 contenían germoplasma del CIMMYT en sus ancestros.⁶ En muchos países, el porcentaje de materiales del sector privado que contenían

Cuadro 24. Empleo del germoplasma del CIMMYT por las empresas privadas de semilla en América Latina, 1997 (% de los materiales patentados existentes en el mercado).

	Número de materiales existentes en el mercado	Sin germoplasma del CIMMYT (%)	Con germoplasma del CIMMYT:		
			Definitivamente (%)	Probablemente (%)	Total CIMMYT (%)
América Central					
Costa Rica	13	0.0	30.8	69.2	100.0
El Salvador	7	14.3	85.7	0.0	85.7
Guatemala	11	9.1	90.9	0.0	90.9
Honduras	21	4.8	81.0	14.3	95.3
Nicaragua	5	0.0	100.0	0.0	100.0
Panamá	4	0.0	0.0	100.0	100.0
El Caribe					
Cuba	0	nd	nd	nd	nd
Haití	1	100.0	0.0	0.0	0.0
República Dominicana	0	nd	nd	nd	nd
México	155	18.7	43.2	38.1	81.3
Zona Andina					
Bolivia	15	0.0	40.0	60.0	100.0
Colombia	29	0.0	62.1	37.9	100.0
Ecuador	10	10.0	50.0	40.0	90.0
Perú	6	16.7	50.0	33.3	83.3
Venezuela	65	4.6	80.0	15.4	95.4
Cono Sur					
Argentina	133	71.4	2.3	26.3	28.6
Brasil	122	6.6	9.0	84.4	93.4
Chile	—	—	—	—	—
Paraguay	61	11.5	6.6	82.0	88.6
Uruguay	—	—	—	—	—

Fuente: Encuesta sobre los impactos del germoplasma del CIMMYT.
nd= No disponible

germoplasma del CIMMYT rebasó el 90% y en cinco países, todos los materiales patentados existentes en el mercado en 1997 contenían germoplasma del CIMMYT. Estos porcentajes son considerablemente más altos que las cifras de los lanzamientos del sector público que se presentan en el Cuadro 20, pero hay que recordar que las cifras relativas a los lanzamientos de este sector se calcularon con base en los materiales lanzados desde 1966. Cuando se restringe el período abarcado a los lanzamientos más recientes del sector público (por ejemplo, los materiales lanzados desde 1990), es similar el porcentaje que contiene germoplasma del CIMMYT.

Como era de esperar, el empleo del germoplasma del CIMMYT se concentró en los materiales de tierras bajas tropicales. El germoplasma del CIMMYT estuvo presente en relativamente pocos materiales patentados adaptados a ambientes subtropicales/de altitud media, ambientes de tierras altas y zonas templadas (Cuadro 25).

El Cuadro 26 muestra la forma en que las empresas privadas de semilla han empleado el germoplasma del CIMMYT. (Los resultados presentados en el Cuadro 26 se basan en los materiales que se sabe con certeza que contienen germoplasma del

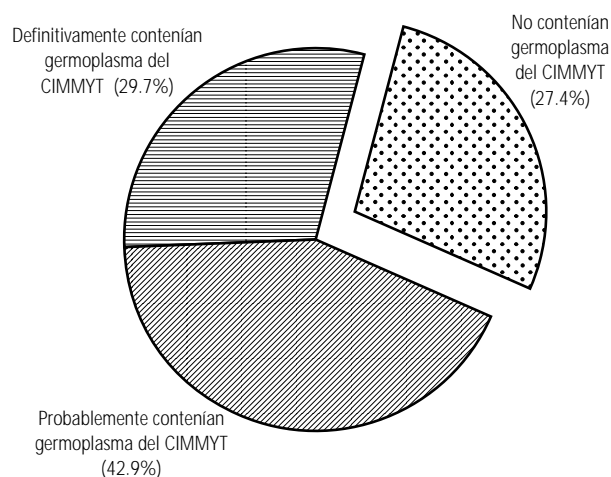


Figura 5. Empleo del germoplasma del CIMMYT por el sector privado en América Latina (% de todos los materiales patentados existentes en el mercado en 1997).

CIMMYT, específicamente clasificados en la Clase 2, la Clase 3 o la Clase 4.) En el cuadro predominan los materiales de la Clase 2, lo que indica que las empresas privadas rara vez hacen uso directo de variedades e híbridos del CIMMYT y, en cambio, los someten a ciclos adicionales de selección y mejoramiento antes de lanzarlos como materiales terminados.

No todas las empresas privadas de semilla emplean los materiales del CIMMYT en la misma forma. La Figura 6 muestra las diferencias en la forma en que los diversos tipos de empresas de semilla utilizan el germoplasma del CIMMYT. Es más probable que las empresas nacionales de semilla vendan materiales derivados en forma más directa de los materiales fuente del CIMMYT (Clase 3), en tanto que las multinacionales casi siempre los someten a algún tipo de mejoramiento antes de incorporarlos en los materiales comerciales (Clase 2).

Cuadro 25. Adaptación ecológica de los materiales patentados que contenían germoplasma del CIMMYT en América Latina, 1997 (% de los materiales existentes en el mercado).

	Tierras bajas tropicales	Subtropicales/de altitud media	Tierras altas	Templadas
América Central				
Costa Rica	91.7	8.3	0.0	0.0
El Salvador	100.0	0.0	0.0	0.0
Guatemala	100.0	0.0	0.0	0.0
Honduras	94.7	0.0	5.3	0.0
Nicaragua	100.0	0.0	0.0	0.0
Panamá	100.0	0.0	0.0	0.0
El Caribe				
Cuba	nd	nd	nd	nd
Haití	nd	nd	nd	nd
República Dominicana	nd	nd	nd	nd
México				
	60.7	34.4	4.1	0.8
Zona Andina				
Bolivia	100.0	0.0	0.0	0.0
Colombia	100.0	0.0	0.0	0.0
Ecuador	100.0	0.0	0.0	0.0
Perú	100.0	0.0	0.0	0.0
Venezuela	100.0	0.0	0.0	0.0
Cono Sur				
Argentina	5.3	0.0	0.0	94.7
Brasil	96.5	0.0	0.0	3.5
Chile	–	–	–	–
Paraguay	98.1	0.0	0.0	1.9
Uruguay	–	–	–	–

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.
nd= No disponible

6 En la discusión del empleo del germoplasma del CIMMYT por empresas privadas de semilla se omite toda mención a los países de la región del Caribe, ya que es muy escasa la presencia de las empresas privadas en esos países.

La conclusión de que las empresas privadas de semilla emplean ampliamente el germoplasma del CIMMYT no sorprenderá a los fitomejoradores profesionales de maíz, quienes en su mayoría están conscientes de que existen flujos considerables de germoplasma entre los

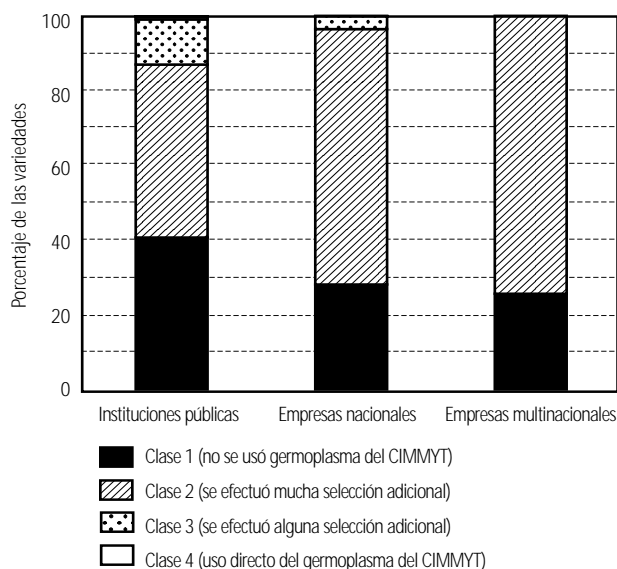


Figura 6. Forma de uso del germoplasma de maíz del CIMMYT por distintos tipos de organizaciones en América Latina en los años 90.

Cuadro 26. Forma de empleo del germoplasma del CIMMYT por las empresas privadas de semilla en América Latina (% de materiales patentados existentes en el mercado en 1997).

	Materiales que contenían germoplasma del CIMMYT de los cuales se conoce con certeza las formas de empleo			
	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Total
América Central				
Costa Rica	100.0	0.0	0.0	100.0
El Salvador	100.0	0.0	0.0	100.0
Guatemala	100.0	0.0	0.0	100.0
Honduras	100.0	0.0	0.0	100.0
Nicaragua	100.0	0.0	0.0	100.0
Panamá	100.0	0.0	0.0	100.0
El Caribe				
Cuba	nd	nd	nd	nd
Haití	nd	nd	nd	nd
República Dominicana	nd	nd	nd	nd
México	96.8	3.2	0.0	100.0
Zona Andina				
Bolivia	100.0	0.0	0.0	100.0
Colombia	100.0	0.0	0.0	100.0
Ecuador	100.0	0.0	0.0	100.0
Perú	100.0	0.0	0.0	100.0
Venezuela	79.0	21.0	0.0	100.0
Cono Sur				
Argentina	100.0	0.0	0.0	100.0
Brasil	100.0	0.0	0.0	100.0
Chile	-	-	-	-
Paraguay	100.0	0.0	0.0	100.0
Uruguay	-	-	-	-

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.
nd = no disponible

programas de mejoramiento de los sectores público y privado. No obstante, esta es la primera vez que ha sido posible documentar la medida en que el germoplasma del CIMMYT está presente en los materiales patentados. El hecho de que las empresas privadas de semilla lo empleen de manera tan extensa parece dar motivos para cuestionar los recientes llamados a reducir la inversión pública en la investigación internacional fitogenética de maíz, ostensiblemente porque las empresas privadas de semilla asumirían con prontitud las funciones de mejoramiento que desempeña el CIMMYT. Sin embargo, será difícil resolver este problema hasta que no se disponga de información adicional sobre la forma en que se emplean los materiales del CIMMYT y quién los usa. Se espera que las empresas privadas de semilla cooperen cada vez más en la divulgación de información detallada acerca de sus prácticas de mejoramiento, de tal modo que, dentro de cinco años, cuando se vuelva a actualizar la encuesta sobre los impactos del CIMMYT, sea posible esclarecer aun más esta importante cuestión.

Cuadro 27. Contenido aproximado de germoplasma del CIMMYT en los materiales patentados en América Latina (% de los materiales existentes en el mercado en 1997).

	Proporción de germoplasma fuente originario del CIMMYT			
	0%	1-33%	34-67%	68-100%
América Central				
Costa Rica	0.0	84.6	0.0	15.4
El Salvador	14.3	14.3	14.3	57.1
Guatemala	9.1	27.3	27.3	36.4
Honduras	4.8	23.8	52.4	19.0
Nicaragua	0.0	40.0	40.0	20.0
Panamá	0.0	100.0	0.0	0.0
El Caribe				
Cuba	nd	nd	nd	nd
Haití	100.0	0.0	0.0	0.0
República Dominicana	nd	nd	nd	nd
México	18.7	44.5	30.3	6.5
Zona Andina				
Bolivia	0.0	100.0	0.0	0.0
Colombia	0.0	62.1	6.9	31.0
Ecuador	10.0	70.0	20.0	0.0
Perú	16.7	50.0	16.7	16.7
Venezuela	4.6	35.4	21.5	38.5
Cono Sur				
Argentina	71.4	28.6	0.0	0.0
Brasil	6.6	86.1	7.4	0.0
Chile	-	-	-	-
Paraguay	11.9	88.1	0.0	0.0
Uruguay	-	-	-	-

Fuente: Encuesta sobre los impactos del germoplasma del CIMMYT.
nd = no disponible

Adopción de las variedades modernas de maíz

Los datos que se presentaron en las secciones anteriores de este informe describen cómo el germoplasma vinculado con el CIMMYT ha sido incorporado en las variedades e híbridos de maíz generados por los programas públicos de mejoramiento y las empresas privadas de semilla en toda América Latina, pero no indica la medida en que los agricultores usan esos materiales. Con el fin de evaluar los impactos de la investigación fitogenética de maíz, es importante determinar el grado en que los materiales comerciales han sido adoptados por los agricultores. En esta sección se presentan pruebas de la adopción de las variedades mejoradas y los híbridos en América Latina.

Antes de presentar los datos sobre la adopción, es necesario hacer una advertencia. En América Latina como en otras partes, se complica la formulación de estimaciones precisas de la superficie sembrada con germoplasma mejorado como resultado de cuatro factores. Primero, los ambientes físicos y los sistemas de cultivo en los que se produce el maíz son sumamente diversos y la adopción de los materiales mejorados con frecuencia varía incluso dentro de cada país; esto aumenta considerablemente la dificultad de formular estimaciones exactas de la adopción en el ámbito nacional. Segundo, gran parte del maíz de América Latina es cultivado por agricultores orientados al autoconsumo que no compran con regularidad semilla comercial; la información sobre la manera en que esos agricultores manejan sus variedades de maíz suele ser limitada. Tercero, mucha de la semilla comercial de maíz vendida en América Latina pasa ahora por el sector

privado; como numerosas empresas privadas consideran confidencial la información sobre las ventas de semilla, en general es difícil obtener datos que pudieran emplearse en la determinación de las tendencias de la adopción. Cuarto, muchos agricultores latinoamericanos guardan semilla de sus cosechas para sembrarla en el ciclo siguiente (una práctica llamada “reciclaje de la semilla”), y esto hace difícil identificar el germoplasma mejorado en el campo, en especial porque el maíz es un cultivo de polinización cruzada y la estructura genética de las variedades puede cambiar con rapidez cuando hay reciclaje de la semilla (véase Morris, Risopoulos y Beck 1999).

A causa de las dificultades inherentes a la estimación de la adopción del germoplasma mejorado, se tomó la decisión de presentar dos tipos muy distintos de datos sobre la adopción y el empleo de variedades mejoradas e híbridos de maíz. En primer lugar, se muestran cifras de las ventas de semilla comercial, recolectadas en los organismos públicos de producción de semilla y las empresas privadas de semilla que participaron en la encuesta del CIMMYT. Si bien los datos de las ventas de semilla comercial no constituyen una medida directa de la superficie total sembrada con materiales mejorados (ya que una porción considerable de la superficie total está sembrada con semilla reciclada), sí dan una idea bastante exacta de la fuerte demanda de materiales mejorados. Después de revisar los datos sobre las ventas de semilla comercial, se pasa a la estimación directa de la superficie sembrada con variedades mejoradas e híbridos de maíz.

Ventas de semilla comercial de maíz

La producción y la distribución de semilla de maíz es un gran negocio en América Latina. En 1996, los organismos públicos y las empresas privadas produjeron casi 300,000 t de semilla comercial para distribuirla en la región (Cuadro 28).⁷ La producción de semilla comercial de maíz se concentró en el Cono Sur y dos países, Brasil y Argentina, abarcaron un poco más del 78% del total de la producción en América Latina. En cambio, en México, América Central y la Zona Andina, la

producción de este tipo de semilla fue relativamente modesta, lo que indica que en estas regiones el empleo de semilla mejorada aún es muy limitado.

Como en muchas otras partes del mundo en desarrollo, en América Latina la industria semillera de maíz es controlada por empresas privadas; los organismos públicos y las organizaciones no gubernamentales (ONG) representaron juntos menos del 3% del volumen total de la producción en 1996. En el sector privado, las empresas multinacionales de semilla han asumido el liderazgo; en 1996, las multinacionales acapararon casi el 75% de todas las ventas de semilla del sector privado en toda la región (Cuadro 28).

Cuadro 28. Ventas de semilla comercial de maíz en América Latina, 1996 (miles de t).

	Organismos públicos de semilla	Empresas privadas (nacionales)	Empresas privadas (multinacionales)	ONG ^a	Total
América Central	56	3,329	1,328	704	5,397
Costa Rica	3	110	0	0	113
El Salvador	17	1,718	0	321	2,055
Guatemala	36	201	1,306	0	1,543
Honduras	0	806	22	134	963
Nicaragua	0	223	0	249	452
Panamá	0	271	0	0	271
El Caribe	2,051	150	0	198	2,399
Cuba	1,606	0	0	0	1,606
Haití	0	100	0	161	261
República Dominicana	445	50	0	37	532
México	4,042	5,599	22,785	218	32,645
América Central, el Caribe y México	6,149	9,078	24,113	1,120	40,441
Zona Andina	820	16,730	3,468	102	21,120
Bolivia	21	2,363	121	102	2,607
Colombia	50	2,355	830	0	3,235
Ecuador	548	2,263	0	0	2,811
Perú	201	1,395	0	0	1,596
Venezuela	0	8,354	2,517	0	10,871
Cono Sur	126	49,220	182,029	1,129	232,504
Argentina	0	15,272	61,597	1,129	77,998
Brasil	0	31,709	120,052	0	151,761
Chile	–	–	–	–	–
Paraguay	126	2,239	380	0	2,745
Uruguay	–	–	–	–	–
América del Sur	946	65,950	185,497	1,231	253,624
América Latina	7,095	75,028	209,610	2,351	294,084

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Algunas semillas producidas por organizaciones no gubernamentales (ONG) fueron distribuidas gratuitamente.

No es sorprendente que las multinacionales se hayan concentrado en los principales mercados comerciales. En los cuatro mercados de semilla más grandes de América Latina (Brasil, Argentina, México y Venezuela), las tres empresas más importantes en la industria son multinacionales (Cuadro 29). Es interesante que las empresas multinacionales de semilla no hayan penetrado aún en algunos de los mercados regionales más pequeños. Por ejemplo, en América Central la mayor parte de la semilla comercial de maíz aún es producida por pequeñas empresas nacionales o empresas regionales medianas con una restringida concentración geográfica. En los países del Caribe, el sector público sigue siendo un actor importante, en gran medida porque la industria cubana de semilla de maíz permanece en manos del estado.

Como muestra de la función prominente que desempeña el sector privado, la mayor parte de la semilla comercial de maíz vendida en América Latina es semilla de

⁷ Los datos sobre las ventas de semilla comercial de maíz analizados en esta sección fueron proporcionados por los 36 organismos públicos de semilla y las 172 empresas privadas de semilla entrevistados como parte de la encuesta del CIMMYT. En 1996, esas organizaciones produjeron aproximadamente el 97% del total de semilla comercial de maíz vendida en América Latina y, por lo tanto, los datos proporcionan un panorama exacto de todo el mercado.

híbridos (Cuadro 30). Si bien los organismos públicos de semilla continúan vendiendo casi tanta semilla de variedades como de híbridos (Figura 7), lo que concuerda con su compromiso de servir a los productores en pequeña escala que no compran con regularidad semilla comercial, los organismos públicos representan una parte tan pequeña del mercado global que el volumen total de la venta de semilla de variedades es insignificante.

Cuadro 29. Principales productores de semilla de maíz en América Latina, 1996.

	Productor de semilla #1	Productor de semilla #2	Productor de semilla #3	Participación combinada en el mercado (%)
América Central				
Costa Rica	Piscis ^b	Desarrollos del Futuro Nima	Agrocosta ^b	90
El Salvador	Semillas	Prosel	Lombardia	85
Guatemala	Cristiani	Seminal	ICTA	78
Honduras	Cadelga	Hondugenet	Segovia	68
Nicaragua	SAGSA	Agrosemillas	Gurdian	70
Panamá	Melo	Semillas Superiores	Margarita	95
El Caribe				
Cuba	Ministerio de Agricultura ^a	–	–	100
Haití	ORE	Agrotechnique	–	100
República Dominicana	Ministerio de Agricultura ^a	Productores de Semillas Dominicana	National University ^a	97
México	Pioneer^b	Asgrow^b	Dekalb^b	68
Zona Andina				
Bolivia	Agrocere ^b	Cargill ^b	Pioneer ^b	68
Colombia	Valle	Pioneer ^b	Cargill ^b	68
Ecuador	Agripac	Senaca	Emsemillas	84
Perú	Cargill ^b	Semillas Peruanas	La Molina Programa de Maíz ^a	70
Venezuela	Seminaca	Sehiveca	Sefloarca	62
Cono Sur				
Argentina	Dekalb ^b	Cargill ^b	Pioneer ^b	62
Brasil	Agrocere ^b	Cargill ^b	Pioneer ^b	70
Chile	–	–	–	–
Paraguay	Cargill ^b	Agrocere ^b	Pioneer ^b	76
Uruguay	–	–	–	–

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Organismo público.

^b Empresa multinacional.

Cuadro 30. Composición de las ventas de semilla de maíz en América Latina, 1996 (miles de t).

	Organismos públicos de semilla			Empresas privadas de semilla ^a		
	Variedades	Híbridos	Total	Variedades	Híbridos	Total
América Central	33	23	56	962	4,382	5,344
Costa Rica	3	0	3	0	110	110
El Salvador	15	2	17	10	2,010	2,020
Guatemala	15	21	36	145	1,363	1,508
Honduras	0	0	0	389	574	963
Nicaragua	0	0	0	377	95	472
Panamá	0	0	0	41	230	271
El Caribe	1,057	194	1,251	311	0	311
Cuba	612	194	1,606	0	0	0
República Dominicana	445	0	445	50	0	50
Haití	0	0	0	261	0	261
México	1,728	2,314	4,042	427	28,125	28,552
América Central, el Caribe y México	2,818	2,531	5,349	1,700	32,507	34,207
Zona Andina	391	402	793	3,202	16,577	19,779
Bolivia	21	0	21	1,081	1,088	2,169
Colombia	50	0	50	716	2,469	3,185
Ecuador	181	367	548	276	1,988	2,264
Perú	139	35	174	528	762	1,290
Venezuela	0	0	0	601	10,270	10,871
Cono Sur	126	0	126	8,655	223,723	232,378
Argentina	0	0	0	1,236	76,762	77,998
Brasil	0	0	0	7,391	144,370	151,761
Chile	–	–	–	–	–	–
Paraguay	126	0	126	28	2,591	2,619
Uruguay	–	–	–	–	–	–
América del Sur	517	402	919	11,857	240,300	252,157
América Latina	3,335	2,933	7,068	13,557	272,807	286,364

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Incluye las organizaciones no gubernamentales (ONG).

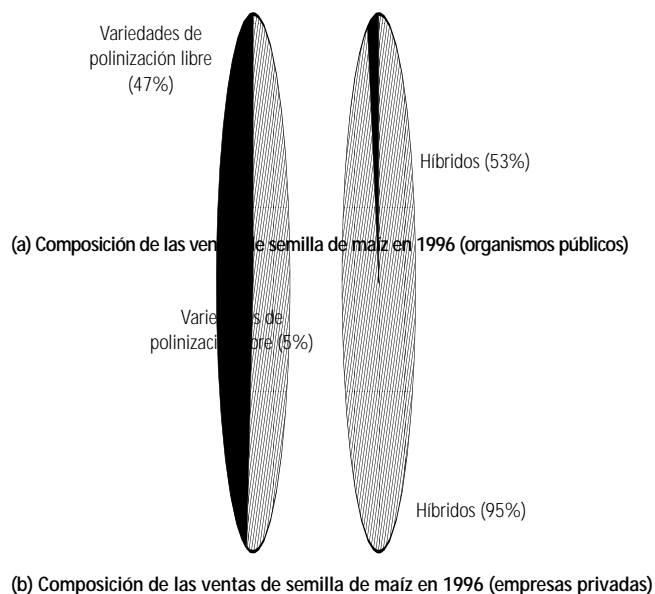


Figura 7. Composición de las ventas de semilla de maíz en América Latina, 1996.

Las ventas de semilla comercial de maíz en América Latina se han incrementado con rapidez. Los organismos públicos y privados de semilla que participaron en la encuesta del CIMMYT informaron que, en el período de 1990-1997, las ventas aumentaron a una tasa media anual de poco menos del 9.0% (Cuadro 31). No obstante, el patrón de crecimiento ha sido irregular y las ventas en los países o regiones individuales a veces han fluctuado considerablemente alrededor de la tendencia a largo plazo, en respuesta a la variabilidad climática y/o las vicisitudes de las políticas que han afectado temporalmente la superficie sembrada con semilla mejorada. Por ejemplo, las ventas de semilla comercial de maíz en México cayeron bruscamente en 1995, después de que el gobierno introdujo reformas en las políticas que redujeron considerablemente la rentabilidad de la producción de maíz.

Desde 1990 casi todo el crecimiento en la producción de semilla comercial de maíz ha correspondido al sector privado; los organismos públicos informaron que la producción de semilla apenas ha aumentado (Figura 8). Como la mayor parte del crecimiento de la producción de semilla se ha concentrado en el sector privado, los híbridos han asumido una función cada vez más importante en el mercado global de la semilla (Figura 9).

¿Cuán competitivas son las industrias latinoamericanas de semilla de maíz? Según ciertas mediciones, las industrias nacionales de semilla de maíz en muchos países están muy concentradas. De acuerdo con los datos proporcionados por las empresas que participaron en la encuesta del CIMMYT, en 1996 la participación combinada en

el mercado de las tres principales empresas de semilla variaron desde un mínimo de alrededor del 62% en Argentina y Venezuela a un máximo de 95% o más en Panamá, Haití y Cuba (Cuadro 29). Estos grados de concentración industrial resultan elevados según los estándares mundiales y superan incluso el grado de concentración encontrado en los

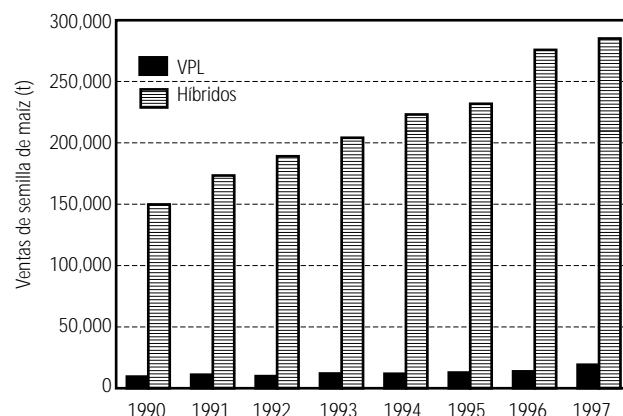


Figura 8. Evolución de las ventas de semilla comercial de VPL e híbridos de maíz en América Latina, 1990-1997.

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

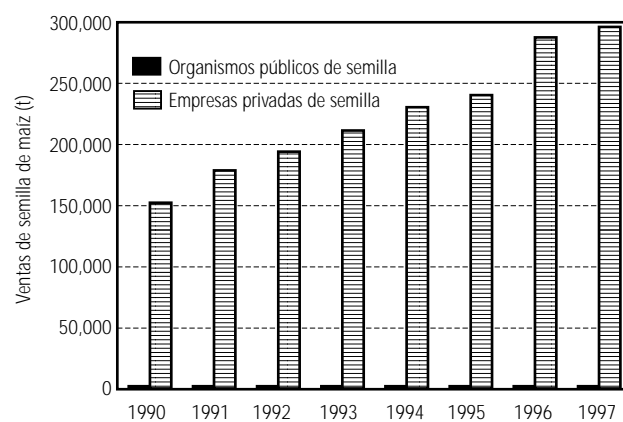


Figura 9. Evolución de las ventas de semilla comercial de maíz según el tipo de organización, América Latina, 1990-1997.

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Cuadro 31. Evolución de las ventas de semilla comercial de maíz (t) en América Latina, 1990-1997.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
América Central	3,085	3,001	3,019	3,661	3,744	4,222	5,365	5,822
El Caribe	40	40	40	316	368	292	261	305
México	15,982	18,762	25,071	33,749	35,350	32,230	32,363	41,249
América Central, el Caribe y México	19,107	21,803	28,130	37,726	39,462	36,744	37,989	47,376
Zona Andina	16,389	18,741	21,838	22,693	16,189	16,274	20,814	26,828
Cono Sur	123,483	143,660	148,799	155,680	178,948	191,367	232,503	230,030
América del Sur	139,872	162,401	170,637	178,373	195,137	207,641	253,317	256,858
América Latina	158,980	184,204	198,767	216,099	234,599	244,385	291,305	304,225

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Estados Unidos, donde las tres empresas de semilla de maíz más grandes en la actualidad acaparan aproximadamente el 60% del mercado (Duvick, comunicación personal).

Los altos grados de concentración industrial constituyen un motivo de preocupación sólo cuando se asocian con pruebas de que existen prácticas oligopólicas o monopólicas de fijación de precios. A pesar del evidente elevado grado de concentración, en muchas industrias nacionales de semilla de maíz, las prácticas de fijación de precios parecen ser competitivas en toda América Latina. Los precios de la semilla de distintos tipos de materiales muestran diferencias en cuanto a los costos de producción, lo que indica que los costos de producir semilla se trasladan eficientemente al nivel minorista (Figura 10, Cuadro 32). En términos absolutos, las relaciones entre los precios de la semilla y el grano

en México, América Central y la Zona Andina son muy similares a los que existen en otras partes del mundo en desarrollo; en el Cono Sur, son un poco más altas, sin duda porque los países de esta región son exportadores netos de maíz y, por lo tanto, los precios internos del grano de maíz tienden a ser excepcionalmente bajos.

Superficie sembrada con germoplasma mejorado

¿Cuán extensa es la superficie sembrada con variedades mejoradas e híbridos de maíz en América Latina? Ningún país de la región realiza encuestas para determinar los patrones de empleo de las variedades a nivel nacional, y, por consiguiente, las estimaciones de la superficie sembrada con variedades mejoradas e híbridos deben ser integradas sobre la base de datos indirectos. Las cifras de la adopción que aquí se presentan (relativas al ciclo de cultivo de 1996-1997) se compilaron usando dos tipos de información. En primer lugar, se pidió a profesionales bien informados (principalmente científicos de los programas nacionales de maíz y representantes de las empresas de semilla) que hicieran estimaciones directas de la *superficie sembrada con germoplasma mejorado*. En segundo lugar, se usaron los datos de las ventas de semilla comercial de maíz para calcular la *superficie probablemente sembrada con germoplasma mejorado*. Las estimaciones derivadas usando estos dos criterios resultaron bastante similares en todos los países, excepto en uno o dos, lo que nos llevó a concluir que las cifras son razonablemente exactas.

Cuadro 32. Relaciones entre los precios de la semilla y del grano según el tipo de material, América Latina, 1997.

	Variedades de polinización libre (VPL) ^a	Híbridos dobles ^b	Híbridos triples ^b	Híbridos simples ^b
América Central	6.0	9.0	11.0	12.7
Costa Rica	nd	11.25	nd	nd
El Salvador	nd	7.35	nd	nd
Guatemala	6.2	10.1	11.0	nd
Honduras	6.6	9.8	10.7	nd
Nicaragua	5.4	9.6	nd	8.8
Panamá	4.7	13.0	7.4	13.1
El Caribe	2.3	nd	nd	nd
Cuba	nd	nd	nd	nd
Haiti	2.3	nd	nd	nd
República Dominicana	nd	nd	nd	nd
México	7.0	10.7	14.3	16.2
América Central, el Caribe y México	5.5	10.4	14.0	16.2
Zona Andina	5.8	9.0	13.6	9.3
Bolivia	6.2	32.8	31.0	nd
Colombia	4.8	8.8	9.7	9.3
Ecuador	7.2	10.0	16.34	nd
Perú	7.0	21.9	18.9	nd
Venezuela	4.6	7.4	9.2	nd
Cono Sur	6.6	18.7	26.5	35.9
Argentina	4.8	19.1	21.3	30.8
Brasil	6.9	17.6	31.6	43.0
Chile	-	-	-	-
Paraguay	8.3	25.7	40.1	53.8
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	6.3	17.0	25.4	35.7
América Latina	6.3	15.7	23.9	33.0

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Ponderadas según el volumen de las ventas de semilla de VPL en 1997.

^b Ponderadas según el volumen de las ventas de semilla de híbridos en 1997.

nd = no disponible

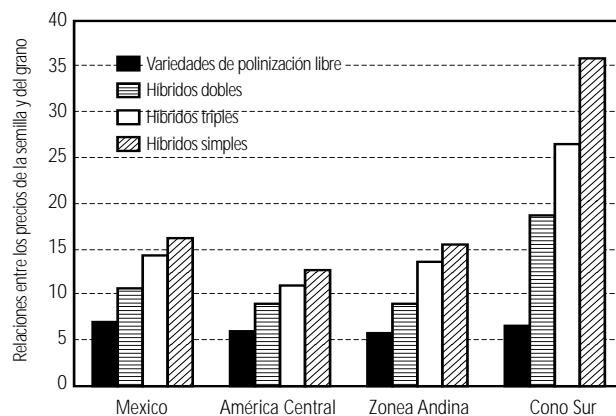


Figura 10. Relaciones entre los precios de la semilla y del grano en América Latina, 1996.

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

Estimaciones directas. Los entrevistados en la encuesta del CIMMYT proporcionaron estimaciones directas de la superficie sembrada en 1996 con VPL mejoradas e híbridos. Estas estimaciones, a las que llamaremos “estimaciones según la opinión de expertos de los sistemas nacionales de investigación agrícola (SNIA)”, se basaron en parte en los datos de la encuesta, en los datos de las ventas de semilla y en las observaciones efectuadas en los campos de los agricultores.

Cuando las estimaciones según la opinión de los expertos de los SNIA acerca de la superficie total sembrada con maíz en 1996 en cada país se compararon con datos oficiales de la FAO, se notaron pequeñas diferencias en algunos países (Cuadro 33). Como los datos de la FAO se usan

Cuadro 33. Superficie de maíz en América Latina en 1996 (comparación de las estimaciones según la opinión de expertos de los SNIA y las estadísticas de la FAO).

	Superficie de maíz en 1996 (opinión de los expertos de los SNIA) (miles de ha)	Superficie de maíz en 1996 (estadísticas de la FAO) (miles de ha)	Relación entre las estimaciones de los SNIA y las estadísticas de la FAO
América Central	1,770.0	1,636.6	1.08
Costa Rica	15.0	13.3	1.14
El Salvador	295.0	294.6	1.00
Guatemala	700.0	575.1	1.22
Honduras	400.0	399.6	1.00
Nicaragua	280.0	280.9	1.00
Panamá	80.0	73.1	1.09
El Caribe	388.0	373.6	1.04
Cuba	85.0	74.0	1.15
Haití	275.0	257.0	1.07
República Dominicana	28.0	42.6	0.66
México	7,500.0	7,900.0	0.95
América Central, el Caribe y México	9,659.0	9,910.2	0.97
Zona Andina	2,336.0	2,258.7	1.03
Bolivia	285.0	285.2	1.00
Colombia	650.0	652.6	1.00
Ecuador	545.0	570.0	0.96
Perú	370.0	320.9	1.15
Venezuela	486.0	430.0	1.13
Cono Sur	17,844.0	16,957.4	1.05
Argentina	3,960.0	2,610.0	1.52
Brasil	13,500.0	13,364.7	1.01
Chile	–	–	–
Paraguay	384.0	324.6	1.18
Uruguay	–	–	–
América del Sur	20,180.0	19,216.1	1.05
América Latina	29,837.9	29,126.3	1.02

Fuente. Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

ampliamente, y para ser congruentes con los estudios anteriores de los impactos efectuados por el CIMMYT, se ajustaron las estimaciones según la opinión de los expertos de los SNIA de manera que fueran compatibles con los datos oficiales de la FAO. Se llevó a cabo esto multiplicando las estimaciones proporcionadas por los entrevistados acerca del porcentaje de superficie sembrado con cada categoría de germoplasma por los datos oficiales de la FAO sobre la superficie total sembrada con maíz en cada país (obtenidos de la base de datos Agrostat de la FAO).

El Cuadro 34 presenta las estimaciones ajustadas de la superficie sembrada en 1996 con VPL mejoradas e híbridos. El Cuadro 35 presenta los mismos datos expresados en términos del porcentaje de la superficie

Cuadro 34. Superficie sembrada con variedades locales, VPL mejoradas e híbridos (según datos de la FAO) en América Latina, 1996 (miles de ha).

	Superficie sembrada con germoplasma mejorado			Superficie total de maíz (ajustada según datos de la FAO)	
	Variedades locales	VPL	Híbridos		
América Central	1,280.8	53.9	302.0	355.9	1,636.6
Costa Rica	7.7	0.2	5.5	5.6	13.3
El Salvador	152.8	1.5	140.3	141.8	294.6
Guatemala	476.4	9.9	88.8	98.7	575.1
Honduras	336.8	28.6	34.3	62.8	399.6
Nicaragua	261.6	15.5	3.7	19.3	280.9
Panamá	41.8	0.5	30.9	31.3	73.1
El Caribe	256.6	69.1	47.9	117.0	373.6
Cuba	4.1	26.6	43.3	69.9	74.0
Haití	238.4	18.6	0.0	18.6	257.0
República Dominicana	10.2	32.4	0.0	32.4	42.6
México	6,296.9	88.2	1,514.9	1,603.1	7,900.0
América Central, el Caribe y México	7,829.0	219.4	1,861.9	2,081.2	9,910.2
Zona Andina	1,254.7	184.2	819.8	1,004.0	2,258.7
Bolivia	136.5	77.3	71.5	148.7	285.2
Colombia	480.6	43.0	129.0	172.0	652.6
Ecuador	417.2	28.6	124.2	152.8	570.0
Perú	241.7	37.5	41.7	79.2	320.9
Venezuela	4.3	0.0	425.7	425.7	430.0
Cono Sur	6,285.4	1,032.7	9,639.3	10,672.0	16,957.4
Argentina	332.3	61.8	2,215.9	2,277.7	2,610.0
Brasil	5,803.4	976.6	6,584.6	7,561.3	13,364.7
Chile	–	–	–	–	–
Paraguay	209.3	5.4	109.9	115.3	324.6
Uruguay	–	–	–	–	–
América del Sur	7,533.8	1,216.2	10,466.1	11,682.3	19,216.1
América Latina	15,170.8	1,455.4	12,500.1	13,955.5	29,126.3

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a La suma de las cantidades tal vez no dé 100% a causa de errores de redondeo.

sembrada con cada categoría de germoplasma. De los 29.1 millones de ha sembradas con maíz en 1996 en los países donde se realizó la encuesta del CIMMYT, casi 14 millones de ha (o el 47.9%) estaban sembradas con VPL mejoradas e híbridos.⁸

Estas cifras generales para toda América Latina ocultan una considerable variación a nivel subregional. La adopción de germoplasma mejorado de maíz fue mayor en el Cono Sur, donde el 62.9% de la superficie sembrada con maíz en 1996 correspondió a materiales mejorados. Le siguió la

Cuadro 35. Superficie sembrada con variedades locales, VPL mejoradas e híbridos (estimaciones según la opinión de expertos de los SNIA) en América Latina, 1996 (% de la superficie total de maíz).

	Superficie sembrada con variedades locales	Superficie sembrada con germoplasma mejorado		
		VPL mejoradas	Híbridos	Total de VM
América Central	78.3	3.3	18.5	21.8
Costa Rica	58.0	1.1	40.9	42.0
El Salvador	51.8	0.5	47.6	48.1
Guatemala	82.8	1.7	15.4	17.1
Honduras	84.3	7.2	8.6	15.8
Nicaragua	93.1	5.6	1.3	6.9
Panamá	57.1	0.6	42.3	42.9
El Caribe	68.7	18.5	12.8	31.3
Cuba	5.5	36.0	58.5	94.5
Haití	92.7	7.3	0.0	7.3
República Dominicana	24.0	76.0	0.0	76.0
México	79.7	1.1	19.2	20.3
América Central, el Caribe y México	79.0	2.2	18.8	21.0
Zona Andina	55.6	8.2	36.3	44.5
Bolivia	47.9	27.1	25.1	52.2
Colombia	73.7	6.6	19.8	26.4
Ecuador	73.2	5.0	21.8	26.8
Perú	75.3	11.7	13.0	24.7
Venezuela	1.0	0.0	99.0	99.0
Cono Sur	37.1	6.1	56.8	62.9
Argentina	12.7	2.4	84.9	87.3
Brasil	43.4	7.3	49.3	56.6
Chile	–	–	–	–
Paraguay	64.5	1.7	33.9	35.6
Uruguay	–	–	–	–
América del Sur	39.2	6.3	54.5	60.8
América Latina	52.1	5.0	42.9	47.9

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a La suma de las cantidades tal vez no dé 100% a causa de errores de redondeo

Zona Andina, donde el 44.5% de la superficie de maíz en 1996 se sembró también con materiales mejorados. El menor grado de adopción se observó en el Caribe (31.3%), América Central (21.8%) y México (20.3%).

En las subregiones, las tasas de adopción variaron considerablemente según los países. Por ejemplo, en América Central el porcentaje de la superficie sembrada con germoplasma mejorado osciló entre un mínimo de 6.9 en Nicaragua y un máximo de 48.1% en El Salvador. La diferencia fue aun más extrema en el Caribe, con un porcentaje de la superficie sembrado con germoplasma mejorado que varió entre un mínimo de 7.3% en Haití y un máximo de 94.5% en Cuba. Las tasas de adopción en general fueron algo más altas en la Zona Andina, si bien Venezuela se destaca como país en el que prácticamente toda la superficie nacional de maíz estaba sembrada con materiales mejorados. También se encontró que era extensa la adopción del germoplasma mejorado en el Cono Sur, sobre todo en Argentina, donde el 87.3% de la superficie sembrada con maíz en 1996 correspondió a materiales mejorados.

Una característica digna de mención en los datos de la adopción presentados en los Cuadros 34 y 35 es el claro predominio de los híbridos sobre las VPL mejoradas. En toda América Latina, la superficie sembrada con híbridos fue casi nueve veces más grande que la sembrada con VPL mejoradas, resultado que concuerda con los datos sobre las ventas de semilla comercial. Esto confirma que las empresas privadas de semilla continúan desplazando a los organismos públicos y las organizaciones estatales que antes producían la mayor parte de la semilla de maíz en la región. La única subregión en la que las VPL han mantenido su popularidad es el Caribe, donde las empresas privadas se han mostrado reacias a instalarse a causa de la débil demanda de híbridos comerciales y la dificultad para hacer negocios.

⁸ Esta superficie es considerablemente mayor que la superficie supuestamente sembrada con germoplasma mejorado en América Latina en 1990, el año cubierto por el anterior estudio del CIMMYT sobre los impactos. Sin embargo, el aumento es en parte atribuible a la expansión de la cobertura geográfica en la encuesta de 1996. Argentina, Cuba, Haití, Panamá y República Dominicana no fueron incluidos en el estudio anterior del CIMMYT sobre los impactos. Teniendo en cuenta sólo los países abarcados en el estudio anterior, las cifras de la adopción en 1996 se reducen a 11.5 millones de ha, equivalente al 44% de la superficie total de maíz en esos países.

Las estimaciones basadas en la semilla. Como comprobación de la plausibilidad de la opinión de los expertos de los SNIA, se estimó la superficie probablemente sembrada con VPL mejoradas e híbridos en 1996, sobre la base de los datos de las ventas de semilla de maíz. Se realizó esto dividiendo las cantidades de semilla comercial de maíz vendidas en 1996 entre la tasa media de siembra, calculada de manera conservadora en 20 kg/ha.⁹ Mediante este procedimiento se obtuvieron estimaciones por países de la superficie probablemente sembrada en 1996 con semilla comercial recién adquirida (Cuadro 36).

Como muchos productores latinoamericanos de maíz guardan semilla de su cosecha para la siembra del siguiente ciclo, las cifras que se muestran en el Cuadro 36 sin duda subestiman la superficie total

Cuadro 36. Superficie probablemente sembrada con VM de maíz (calculada con base en las ventas de semilla comercial), sin reciclaje de la semilla, América Latina, 1996.

	Superficie total de maíz en 1996 (miles de ha)	Superficie probablemente sembrada con VPL (miles de ha)	Superficie probablemente sembrada con híbridos (miles de ha)	Superficie probablemente sembrada con VM (miles de ha)
América Central	1,636.6	49.8	220.3	16.5
Costa Rica	13.3	0.2	5.5	42.5
El Salvador	294.6	1.3	100.6	34.6
Guatemala	575.1	8.0	69.2	13.4
Honduras	399.6	19.5	28.7	12.0
Nicaragua	280.9	18.9	4.8	8.4
Panamá	73.1	2.1	11.5	18.5
El Caribe	373.6	68.4	9.7	20.9
Cuba	74.0	30.6	9.7	54.5
Haití	257.0	13.1	0.0	5.1
República Dominicana	42.6	24.8	0.0	58.1
México	7,900.0	107.8	1,522.0	20.6
América Central, el Caribe y México	9,910.2	225.9	1,751.9	20.0
Zona Andina	2,258.7	179.7	849.0	45.5
Bolivia	285.2	55.1	54.4	38.4
Colombia	652.6	38.3	123.5	24.8
Ecuador	570.0	22.9	117.8	24.7
Perú	320.9	33.4	39.9	22.8
Venezuela	430.0	30.1	513.5	100.0 ^a
Cono Sur	16,452.6	439.1	11,186.2	68.6
Argentina	2,610.0	61.8	3,838.1	100.0 ^a
Brasil	13,364.7	369.6	7,218.5	56.8
Chile	98.6	–	–	–
Paraguay	324.6	7.7	129.6	42.3
Uruguay	54.7	–	–	–
América del Sur	18,711.3	618.7	12,035.1	65.8
América Latina	28,621.5	844.6	13,787.0	50.2

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Valor máximo = 100%.

sembrada con VPL mejoradas e híbridos. A fin de obtener estimaciones más realistas de la superficie sembrada con materiales mejorados, se multiplicaron las cantidades indicadas en el Cuadro 36 por un factor de reciclaje de la semilla, que tomara en cuenta las prácticas de manejo de la semilla de los agricultores. De acuerdo con una reciente revisión de los datos empíricos sobre el reciclaje de la semilla a nivel de finca (Morris, Risopoulos y Beck 1999), los factores de reciclaje de la semilla se establecieron de manera conservadora en 3 para la semilla de VPL mejoradas y en 1.1 para la semilla de híbridos. En el Cuadro 37 aparecen las estimaciones revisadas de la superficie probablemente sembrada en 1996 con VPL mejoradas e híbridos (ajustadas para tener en cuenta las prácticas de reciclaje de la semilla a nivel de fincas).

Cuadro 37. Superficie probablemente sembrada con VM de maíz (calculada con base en las ventas de semilla comercial), con reciclaje de la semilla, América Latina, 1996.

	Superficie total de maíz en 1996 (miles de ha)	Superficie probablemente sembrada con VPL (miles de ha)	Superficie probablemente sembrada con híbridos (miles de ha)	Superficie probablemente sembrada con VM (%)
América Central	1,636.6	149.3	242.3	23.9
Costa Rica	13.3	0.5	6.1	48.9
El Salvador	294.6	3.8	110.7	38.8
Guatemala	575.1	24.0	76.1	17.4
Honduras	399.6	58.4	31.6	22.5
Nicaragua	280.9	56.6	5.2	22.0
Panamá	73.1	6.2	12.7	25.7
El Caribe	373.6	205.2	10.7	57.8
Cuba	74.0	91.8	10.7	100.0 ^a
Haití	257.0	39.2	0.0	15.2
República Dominicana	42.6	74.3	0.0	100.0 ^a
México	7,900.0	323.3	1,674.1	25.3
América Central, el Caribe y México	9,910.2	677.7	1,927.1	26.3
Zona Andina	2,258.7	539.0	933.8	65.2
Bolivia	285.2	165.3	59.8	78.9
Colombia	652.6	114.9	135.8	38.4
Ecuador	570.0	68.6	129.5	34.8
Perú	320.9	100.1	43.8	44.8
Venezuela	430.0	90.2	564.9	100.0 ^a
Cono Sur	16,452.6	1,317.2	12,304.8	80.3
Argentina	2,610.0	185.4	4,221.9	100.0 ^a
Brasil	13,364.7	1,108.7	7,940.4	67.7
Chile	98.6	–	–	–
Paraguay	324.6	23.1	142.5	51.0
Uruguay	54.7	–	–	–
América del Sur	18,711.3	1,856.1	13,238.6	78.6
América Latina	28,621.5	2,533.8	15,165.7	60.8

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Valor máximo = 100%.

⁹ Las estimaciones de las tasas medias de siembra proporcionadas por los entrevistados en la encuesta variaron de 16 kg/ha a 24 kg/ha; esto refleja las diferencias entre el tamaño de la semilla y la variabilidad de las prácticas locales de siembra.

Estas estimaciones de la superficie probablemente sembrada con germoplasma mejorado en 1996 deben ser interpretadas con cautela. El solo hecho de que se venda cierta cantidad de semilla comercial no significa necesariamente que se cultive una superficie equivalente de maíz; una parte de la semilla comercial vendida cada año nunca se siembra y parte de la superficie sembrada con semilla comercial nunca se cosecha (por ejemplo, cuando los agricultores abandonan los campos a mediados del ciclo de cultivo a causa de sequía grave, enfermedades o insectos). En consecuencia, las estimaciones de la superficie *probablemente* sembrada con germoplasma mejorado de hecho proporcionan un límite superior para la superficie que fue *realmente* sembrada. Por eso es mejor usarlas como punto de referencia para verificar la plausibilidad de las estimaciones directas de la superficie proporcionadas por los expertos.

En el Cuadro 38 se presenta una comparación entre las estimaciones directas de la superficie sembrada con germoplasma mejorado en 1996 (tanto las estimaciones originales según la opinión de los expertos de los SNIA como las estimaciones ajustadas para tener en cuenta las estadísticas oficiales de la FAO sobre la superficie de maíz) y las estimaciones basadas en los datos de las ventas de semilla de maíz sobre la superficie probablemente sembrada con germoplasma mejorado. En la gran mayoría de los países, la superficie que en teoría podría haber sido sembrada usando la semilla que se vendió en 1996 (introduciendo como factor los niveles medios de reciclaje de la semilla) supera ligeramente la superficie estimada en la que realmente se sembraron VM. Este hecho indica que las estimaciones directas de la superficie son muy plausibles. Sólo en dos países (El Salvador y Panamá) las estimaciones directas de la superficie sembrada con germoplasma mejorado en 1996 sobrepasan la superficie que en teoría podría haber sido sembrada usando la semilla comercial que realmente se vendió en 1996. Esta discrepancia podría haber sido causada por diversos factores, por ejemplo, que los agricultores de esos dos países hayan sembrado cantidades excepcionalmente grandes de semilla reciclada; que tal vez hayan

Cuadro 38. Superficie sembrada con germoplasma mejorado: comparación de las estimaciones directas efectuadas por expertos de los SNIA y las estimaciones indirectas basadas en las ventas de semilla comercial (miles de ha).

	Superficie sembrada con germoplasma mejorado (según la opinión de los expertos de los SNIA)	Superficie sembrada con germoplasma mejorado (ajustada según datos de la FAO)	Superficie probablemente sembrada con germoplasma mejorado (basada en las ventas de semilla) ^a
América Central	384.9	355.9	391.6
Costa Rica	6.4	5.6	6.6
El Salvador	142.0	141.8	114.5 ^b
Guatemala	120.1	98.7	100.1
Honduras	62.9	62.8	90.0
Nicaragua	19.2	19.3	61.8
Panamá	34.3	31.3	18.9 ^b
El Caribe	121.5	117.0	215.9
Cuba	80.3	69.9	102.5
Haití	19.9	18.6	39.2
República Dominicana	21.3	32.4	74.3
México	1,521.9	1,603.1	1,997.4
América Central, el Caribe y México	2,028.3	2,081.2	2,604.8
Zona Andina	1,038.4	1,004.0	1,472.8
Bolivia	148.6	148.7	225.1
Colombia	171.3	172.0	250.7
Ecuador	146.1	152.8	198.1
Perú	91.3	79.2	143.9
Venezuela	481.1	425.7	655.1
Cono Sur	11,229.8	10,672.0	13,622.0
Argentina	3,455.8	2,277.7	4,407.3
Brasil	7,637.6	7,561.3	9,049.1
Chile	—	—	—
Paraguay	136.4	115.3	165.6
Uruguay	—	—	—
América del Sur	12,268.2	11,682.3	15,094.7
América Latina	14,296.5	13,955.5	17,699.5

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

^a Con reciclaje de la semilla.

^b Ventas de semilla reportadas, en teoría insuficientes para sembrar la superficie estimada de las VM.

sembrado cantidades excepcionalmente grandes de semilla adquirida el año anterior; y/o que hayan importado cantidades excepcionalmente grandes de semilla de países vecinos. Tanto El Salvador como Panamá sufrieron escasez de semilla en 1996, lo que indica que los tres factores podrían haber influido.

Superficie sembrada con germoplasma derivado del CIMMYT

¿Cuál ha sido el impacto en América Latina del germoplasma de maíz derivado del CIMMYT? La superficie sembrada con VPL mejoradas e híbridos que contenían germoplasma derivado del CIMMYT no pudo ser estimada directamente porque no se disponía de datos específicos sobre la adopción según

los distintos materiales. Por tanto, se estimó esa superficie en forma indirecta basándose en el parentesco de la semilla comercial vendida en 1996.

El Cuadro 39 muestra la proporción de semilla comercial de maíz vendida en América Latina en 1996, constituida por VPL mejoradas o híbridos cuyos ancestros contenían germoplasma del CIMMYT. Aproximadamente el 75% del total de la semilla vendida ese año contenían germoplasma derivado del CIMMYT. La proporción variaba considerablemente según la subregión y el país. En América Central, los materiales derivados del germoplasma del CIMMYT representaban el 100% de la semilla de VPL y el 96.4% de la semilla de híbridos vendidos; las cifras eran casi igualmente altas en la Zona Andina.

Cuadro 39. Proporción de la semilla comercial de maíz vendida en 1996 en América Latina que contenía germoplasma del CIMMYT (%).

	Proporción de la semilla de VPL vendida en 1996 que contenía germoplasma del CIMMYT	Proporción de la semilla de híbridos vendida en 1996 que contenía germoplasma del CIMMYT
América Central	100.0	96.4
Costa Rica	100.0	100.0
El Salvador	100.0	93.3
Guatemala	100.0	98.3
Honduras	100.0	99.8
Nicaragua	100.0	100.0
Panamá	100.0	100.0
El Caribe	31.8	44.5
Cuba	59.0	44.5
Haití	16.9	N/D
República Dominicana	7.9	N/D
México	73.0	90.0
América Central, el Caribe y México	66.2	89.5
Zona Andina	94.3	98.3
Bolivia	94.0	100.0
Colombia	100.0	100.0
Ecuador	99.3	99.4
Perú	79.5	95.8
Venezuela	100.0	97.5
Cono Sur	68.8	72.3
Argentina	100.0	27.9
Brasil	63.0	95.5
Chile	—	—
Paraguay	92.9	95.0
Uruguay	—	—
América del Sur	76.3	74.1
América Latina	73.6	76.1

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

El empleo de materiales derivados del CIMMYT también fue extenso en México (el 73% de la semilla de VPL y el 90% de la semilla de híbridos contenían germoplasma del CIMMYT) y en el Cono Sur (el 76.3% de la semilla de VPL y el 74.1% de la semilla de híbridos contenían germoplasma del CIMMYT). Los materiales derivados del CIMMYT tuvieron un impacto más modesto en la región del Caribe, donde sólo el 31.8% de la semilla de VPL y el 44.5% de la semilla de híbridos contenían germoplasma del CIMMYT.

Un país que se destaca en el Cuadro 39 es Argentina, donde el germoplasma del CIMMYT estaba presente en el 100% de la semilla de VPL, pero en sólo el 27.9% de la de híbridos. Este patrón insólito se puede atribuir al hecho de que en este país las VPL son cultivadas principalmente por pequeños agricultores de semisubsistencia, en la parte cálida (tropical y subtropical) al norte del país, en tanto que los híbridos son cultivados principalmente por productores comerciales en gran escala, en la parte más fresca (templada) del centro del país. De acuerdo con su misión de servir a todos los productores, el programa nacional de maíz de Argentina ha lanzado una serie de VPL mejoradas adaptadas a las condiciones más cálidas del norte del país; muchas de ellas contienen germoplasma del CIMMYT. Por el contrario, las empresas privadas de semilla se han concentrado en desarrollar híbridos comerciales adaptados a los ambientes más templados del centro del país; la mayoría de esos híbridos fueron desarrollados usando germoplasma para zonas templadas proveniente de América del Norte. Como el CIMMYT no trabaja con germoplasma para zonas templadas, estos híbridos contienen relativamente poco germoplasma del Centro.

Para calcular la superficie sembrada con materiales derivados del CIMMYT, se usaron los datos sobre las ventas de semilla comercial del Cuadro 39. Se calculó la superficie sembrada con VPL mejoradas e híbridos que contenían germoplasma del CIMMYT suponiendo que la proporción de la superficie

sembrada con materiales derivados del Centro era similar a la proporción de semilla comercial constituida por materiales derivados del CIMMYT.

El Cuadro 40 muestra la extensión de la adopción del germoplasma del CIMMYT en América Latina. En toda la región, de los casi 14 millones de ha sembradas con VM de maíz en 1996, 10.6 millones (o el 75.8%) correspondían a VPL mejoradas e híbridos cuyos ancestros contenían germoplasma del CIMMYT. Reflejando la tendencia general en la industria semillera, los híbridos son ahora el mecanismo predominante para la distribución de dicho germoplasma; más de 9.5 millones de ha estaban sembradas con híbridos derivados del CIMMYT en 1996, en comparación con sólo 1.1 millones de ha sembradas con VPL derivadas del Centro.

Cuadro 40. Superficie sembrada con VPL mejoradas e híbridos que contenían germoplasma del CIMMYT, América Latina, 1996.

	Superficie sembrada con materiales derivados del CIMMYT			Expresada como proporción de la	
	VPL	Híbridos	Total	Superficie total nacional de maíz	Superficie de maíz mejorado
	(miles de ha)	(miles de ha)	(miles de ha)	(%)	(%)
América Central	53.9	291.1	345.0	21.1	96.9
Costa Rica	0.2	5.5	5.6	42.4	100.0
El Salvador	1.5	130.9	132.4	44.9	93.4
Guatemala	9.9	87.3	97.2	16.9	98.5
Honduras	28.6	34.2	62.8	15.7	99.9
Nicaragua	15.5	3.7	19.3	6.9	100.0
Panamá	0.5	30.9	31.3	42.9	100.0
El Caribe	22.0	21.3	43.3	11.6	37.0
Cuba	15.7	19.3	35.0	47.3	50.0
Haití	3.1	0.0	3.1	1.2	16.9
República Dominicana	2.6	0.0	2.6	6.0	7.9
México	64.4	1,363.4	1,427.8	18.1	89.1
América Central, el Caribe y México	145.2	1,666.4	1,811.6	18.3	87.0
Zona Andina	173.7	805.9	979.6	43.4	97.6
Bolivia	72.6	71.5	144.1	50.5	96.9
Colombia	43.0	129.0	172.0	26.3	100.0
Ecuador	28.4	123.5	151.9	26.6	99.4
Perú	29.8	40.0	69.8	21.7	88.1
Venezuela	0.0	415.0	415.0	96.5	97.5
Cono Sur	710.5	6,969.2	7,679.7	45.3	72.0
Argentina	61.8	618.2	680.0	26.1	29.9
Brasil	615.3	6,288.3	6,903.6	51.7	91.3
Chile	-	-	-	-	-
Paraguay	5.0	104.4	109.4	33.7	94.9
Uruguay	-	-	-	-	-
América del Sur	928.0	7,755.4	8,683.4	45.2	74.3
América Latina	1,071.6	9,512.6	10,583.8	36.3	75.8

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

De acuerdo con los datos de las ventas de semilla comercial, la adopción de los materiales derivados del CIMMYT mantuvo una estrecha correlación con la adopción de VM en general.

Aproximadamente el 75% de toda la semilla comercial en América Latina en 1996 contenían germoplasma del CIMMYT y, por lo tanto, en los lugares en que la tasa general de adopción de las VM era alta (por ejemplo, la Zona Andina, el Cono Sur), el empleo del germoplasma del CIMMYT también era relativamente alto. En cambio, donde la tasa general de adopción de las VM era más modesta (por ejemplo, América Central, el Caribe, México), el empleo del germoplasma del CIMMYT también era relativamente modesto.

Factores que afectan la adopción del germoplasma mejorado

¿Por qué difiere el empleo del germoplasma mejorado en los países? ¿Cuál es la razón de que las tasas de adopción de VM sean altas en algunos países y bajas en otros? ¿Se pueden identificar los factores asociados con las diferencias en las tasas de adopción de VM?

Factores determinantes de la adopción de VM: algunas hipótesis. Morris, Smale y Rusike (1998) presentan una interpretación evolutiva del crecimiento de las industrias nacionales de semilla de maíz que puede utilizarse para formular hipótesis comprobables acerca de los factores que podrían asociarse con la adopción de las VM. Estos autores comienzan con la observación empírica de que el desarrollo de la industria de la semilla de maíz parece seguir la misma trayectoria general de un país a otro. A medida que se desarrollan las industrias nacionales de semilla de maíz, normalmente pasan por un “ciclo de vida” caracterizado por etapas sucesivas de crecimiento. Se pueden distinguir cuatro etapas de crecimiento, aunque en la realidad esas etapas representan puntos escogidos arbitrariamente en un continuo: Preindustrial (Etapa 1), Surgimiento (Etapa 2), Expansión (Etapa 3) y Madurez (Etapa 4). Cada una de esas etapas de

desarrollo se asocia generalmente con una combinación particular de características técnicas, económicas e institucionales (Cuadro 41).

La teoría del ciclo de vida en el desarrollo de la industria semillera indica que, en un determinado país, es probable que la tasa de adopción de VM en un cierto momento sea afectada por una combinación de factores económicos, institucionales y políticos que, en conjunto, determinan la demanda real de VM y la oferta existente. Estos factores son examinados en detalle por Heisey *et al.* (1998). La demanda real de VM depende principalmente de las utilidades que los agricultores esperan obtener al adoptarlas; las utilidades son determinadas por el aumento de rendimiento asociado con la adopción de las VM, los precios que reciben los agricultores por su maíz y el costo de la tecnología (en especial el precio de la semilla mejorada). La oferta existente de VM es determinada por la rentabilidad esperada a nivel comercial, resultante de producir y vender semilla mejorada, que depende de los costos de

investigación, factores estructurales del mercado que influyen en la fuerza de la demanda efectiva, la presencia o ausencia de derechos de propiedad intelectual y el precio de la semilla mejorada.

¿Hasta qué punto estos factores técnicos, económicos, institucionales y políticos explican los niveles observados de adopción de las VM? Se usaron los datos recopilados mediante la encuesta del CIMMYT para poner a prueba algunas hipótesis acerca de cómo la rentabilidad a nivel de finca, las condiciones estructurales del mercado, el costo de la innovación en la investigación y la importancia política del maíz afectan la adopción de VM de maíz en América Latina (para más detalles, véase Kosarek 1999). A pesar de una serie de problemas conceptuales y prácticos, el ejercicio proporcionó la oportunidad de determinar si existe una relación empírica entre el empleo de VM (expresado como el porcentaje de la superficie de maíz en cada país sembrada con híbridos en 1996) y los factores que influyen en la oferta y la demanda de la tecnología de las VM.¹⁰

Cuadro 41. Características asociadas con las etapas de desarrollo de la industria de semilla de maíz.

	Etapas 1: Preindustrial	Etapas 2: Surgimiento	Etapas 3: Expansión	Etapas 4: Madurez
Orientación de la agricultura	Subsistencia	Semisubsistencia	Principalmente comercial	Completamente comercial
Tecnología de semilla predominante	VPL	VPL, algunos híbridos	Algunas VPL, híbridos	Híbridos
Prácticas de obtención de semilla	Producción en finca, intercambio entre los agricultores	Producción en finca, intercambio entre los agricultores, algunas compras	Compras frecuentes	Compras anuales
Producción de semilla	En finca	En finca, por organismos públicos	En finca, por organismos públicos, por empresas privadas (nacionales)	Por empresas privadas (mundiales)
Cobertura del mercado de semilla	Local	Local, regional	Local, regional, nacional	Local, regional, nacional, mundial
Fuentes de información sobre semilla	Experiencia directa, otros agricultores	Organismos públicos	Empresas privadas de semilla	Empresas privadas de semilla
Lugar de la investigación de semilla	En fincas	Organismos públicos	Organizaciones públicas y privadas	Organizaciones públicas y privadas (especializadas)
Sistemas jurídicos de apoyo	Derecho consuetudinario	Derecho civil	Derecho comercial (nacional)	Derecho comercial (mundial)
Derechos de propiedad intelectual	Ninguno	Ninguno	Secreto industrial	Protección de las variedades vegetales, patentes

Fuente: Morris, Smale y Rusike (1998).

¹⁰ Un problema evidente fue que al disponer de observaciones de un solo año, 1996, no se pudieron estimar las trayectorias completas de difusión de la tecnología. Esto hizo más difícil distinguir las relaciones entre los factores explicativos y el grado de adopción porque, en la mayoría de los países, este último en 1996 representaba un punto en una trayectoria de ajuste dinámico más que algo cercano a un tope estático de la adopción.

El modelo de adopción de las VM. El modelo siguiente se estimó usando los datos de 1996 para los 18 países latinoamericanos abarcados por la encuesta del CIMMYT:

$$\text{HYAREA} = f(\text{RATIO}, \text{RATIO2}, \text{MARK}, \text{NPC}, \text{PVP}, \text{CIMMYT}, \text{PRIVATE})$$

donde:

- HYAREA = proporción de la superficie de maíz de zonas no templadas sembrada con híbridos;
- RATIO = relación entre el precio de la semilla y el precio del grano de maíz;
- RATIO2 = relación al cuadrado entre el precio de la semilla y el precio del grano de maíz;
- MARK = proporción de la cosecha nacional de maíz que se comercializa;
- NPC = coeficiente de protección nominal para el maíz;
- PVP = variable ficticia que muestra la presencia o ausencia de leyes de protección de variedades de plantas (PVP);
- CIMMYT = proporción de la semilla comercial de maíz que contenía germoplasma del CIMMYT; y
- PRIVATE = proporción del mercado nacional de semilla controlada por empresas privadas.

Variables y medidas. A continuación se describen las variables usadas para estimar el modelo y las relaciones previstas entre la variable dependiente y las variables explicativas.

Variable dependiente:

La variable dependiente en la ecuación es la proporción de la superficie de maíz de zonas no templadas de cada país sembrada con híbridos (HYAREA). La superficie sembrada con híbridos es una medida más confiable del empleo de VM que la superficie sembrada con todos los materiales mejorados (híbridos y VPL mejoradas), ya que resulta difícil estimar con precisión la superficie sembrada con VPL mejoradas dada la gran

incidencia de reciclaje de la semilla de VPL. Las zonas templadas de producción fueron excluidas del análisis en virtud de que no constituyen un objetivo específico del CIMMYT (sólo Argentina fue afectada por esta restricción).

Variables explicativas:

Se espera que el empleo de VM se asocie de manera negativa con el precio de la semilla mejorada, ya que los precios altos de la semilla reducen la rentabilidad de las VM y desalientan la adopción. Para evitar problemas con el tipo de cambio y facilitar las comparaciones entre los países, los precios de las semillas se expresaron como la relación del precio del tipo más común de semilla de híbrido con el precio real de campo del grano de maíz (RATIO).

Sin embargo, la relación entre el empleo de VM y los precios de la semilla no está bien definida porque la teoría del ciclo de vida del desarrollo de la industria semillera indica que los precios de la semilla tienden a aumentar con el tiempo, a medida que la industria madura y los agricultores llegan a apreciar el valor de las VM. Por consiguiente, se incluyó un término cuadrático (RATIO2) para reflejar el hecho de que es probable que la relación inversa entre los precios de la semilla y el empleo de las VM se debilite con los altos grados de adopción de las VM y, con el tiempo, se revierta.

Se espera que el empleo de las VM sea mayor en los sistemas de producción con fines comerciales, ya que la elección de tecnologías de los agricultores comerciales es motivada por consideraciones relacionadas con la rentabilidad. La orientación comercial del sector de maíz en un determinado país se refleja en la proporción de la cosecha nacional de maíz que se comercializa (MARK).

Se espera que el empleo de VM se relacione de manera positiva con la rentabilidad prevista de la producción de maíz, que depende en parte de los precios que reciben los agricultores por su maíz. El coeficiente de protección nominal (NPC) proporciona una medida directa del grado en que las políticas gubernamentales influyen en los precios al

productor. Los NPC más altos indican una mayor protección del sector de maíz y, por lo tanto, una mayor rentabilidad, la cual se esperaría que estimule el aumento de la adopción de las VM.

También se espera que el empleo de VM se asocie de manera positiva con la oferta, que depende al menos en parte del costo de la innovación en la investigación. Para las empresas privadas de semilla este costo se reduce cuando es posible usar gratuitamente germoplasma del sector público para generar materiales comerciales. La proporción de semilla vendida que contiene germoplasma del CIMMYT (CIMMYT) sirve para medir el grado en que las empresas de semilla han podido reducir sus costos de investigación captando los beneficios indirectos de las actividades de mejoramiento financiadas por el sector público.

Según la teoría del ciclo de vida del desarrollo de la industria semillera, a medida que crecen y maduran las industrias nacionales de semilla los organismos públicos de investigación y de producción de semilla gradualmente serán desplazados por empresas privadas de semilla. En consecuencia, se espera que el empleo de las VM se asocie de manera positiva con una participación más activa del sector privado. El grado de participación del sector privado está indicado por la parte del mercado nacional de semilla que es controlada por las empresas privadas (PRIVATE).

Los resultados de la estimación. Como la proporción de la superficie de maíz sembrada con híbridos no puede ser inferior a 0% o superior a 100%, se estimó el modelo usando un procedimiento de tobit con dos límites. En el Cuadro 42 se muestran los resultados de la regresión. Todos los coeficientes estimados muestran los signos esperados y son todos estadísticamente significativos (pruebas unilaterales). Al comparar los 18 países para los cuales se disponía de datos, el mayor uso de híbridos de maíz se asocia con sectores de maíz con una mayor orientación comercial (MARK), grados más altos de protección para el sector de maíz (NPC), una mayor protección de la

propiedad intelectual (PVP), costos más bajos de investigación (CIMMYT) y una presencia más fuerte de la industria privada de la semilla (PRIVATE). El menor empleo de híbridos se asocia con precios más altos de la semilla (RATIO), si bien, como se esperaba, esta relación se debilita con grados altos de empleo de los híbridos y con el tiempo se revierte (RATIO2).

En términos generales, estos resultados de la regresión apoyan la teoría del ciclo de vida del desarrollo de la industria semillera al confirmar que el empleo de germoplasma mejorado tiende a ser mayor en los países donde las condiciones económicas existentes, las estructuras institucionales y las políticas gubernamentales hacen que sea rentable para los agricultores adoptar VM y para las empresas de la semilla producirlas y venderlas. Si bien este resultado al parecer es obvio, es sin embargo digno de mención porque sirve como recordatorio de que la adopción de germoplasma mejorado al final depende de muchos factores sobre los que los investigadores tienen poco control directo. Un punto muy importante que no deben olvidar quienes formulen las políticas públicas es que para promover una mayor adopción de germoplasma mejorado, es necesario tener programas sólidos de mejoramiento capaces de producir una oferta continua de variedades mejoradas e híbridos, y que la sola existencia de programas sólidos de mejoramiento no garantizará tal adopción.

Cuadro 42. Factores asociados con la adopción del maíz híbrido en América Latina.

Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	b/e.s.	P [Z<z] o P [Z>z]
Constant	-3.400	0.450	-7.563	0.0000
RATIO	-0.075	0.013	-5.992	0.0000
RATIO2	0.002	0.000	5.710	0.0000
MARK	2.293	0.279	8.205	0.0000
NPC	0.895	0.158	5.648	0.0000
PVP	0.331	0.093	3.548	0.0002
CIMMYT	1.291	0.340	3.795	0.0001
PRIVATE	0.289	0.190	1.522	0.0645

Nota: Estimado usando un procedimiento de tobit con dos límites truncado en 0,1. Prueba de Wald (chi cuadrada): 112.51. Proporción de la muestra entre los límites: 88.9.

Resumen y conclusiones

¿Qué conclusiones surgen de esta visión actualizada de los impactos de la investigación fitogenética internacional de maíz en América Latina?

- *La mayor parte de la investigación fitogenética de maíz es realizada por el sector privado.*

En el último decenio, el lugar preponderante de la investigación fitogenética de maíz en América Latina se ha trasladado de los organismos gubernamentales de investigación a las empresas privadas de semilla. Los gastos en investigación (I&D) del sector privado se han incrementado continuamente, en tanto que el apoyo a los organismos públicos de mejoramiento de maíz ha declinado. Si bien los datos sobre la inversión en investigación son incompletos, no hay duda de que el grado de inversión del sector privado ahora supera considerablemente al del sector público. No sólo es mayor la cantidad de investigadores empleados por las empresas privadas de semilla sino que, en promedio, los investigadores del sector privado están mejor pagados que sus colegas del sector público y cuentan con presupuestos de operación más altos.

- *Las empresas privadas controlan ahora la producción de semilla comercial de maíz.*

La reducción del apoyo a la investigación de maíz en el sector público ha sido acompañada de un gradual retiro del estado de las actividades de producción de semilla comercial. Las agobiantes crisis económicas que afectaron a la mayoría de

los países latinoamericanos en los años 80, desencadenaron una serie de reformas estructurales diseñadas para reducir la carga fiscal impuesta por la ineficiente industria gubernamental. Muchos organismos gubernamentales de semilla con déficit económicos fueron privatizados o cerrados, pues imponían una carga inaceptable al erario; aquellos que subsisten en la actualidad abarcan una proporción insignificante del mercado total. El retiro del estado de la producción y mercadeo de semilla comercial de maíz ha sido acompañado de un rápido crecimiento de la industria privada de semilla. Las empresas privadas ahora controlan el mercado de la semilla en prácticamente todos los países de América Latina, salvo en los de la región del Caribe.

- *La industria semillera de maíz se ha concentrado cada vez más.*

Reflejando una tendencia observada en todo el mundo industrializado, el surgimiento de una floreciente industria privada de semilla de maíz en América Latina se ha caracterizado por la continua fusión entre empresas. A medida que las grandes multinacionales de semilla han penetrado en el mercado latinoamericano, han absorbido a muchas empresas locales más pequeñas mediante adquisiciones y fusiones. La industria semillera de maíz en América Latina está hoy en día muy concentrada; en la mayoría de los países, las tres empresas de semilla más grandes controlan el 75% o más del mercado total. Este grado de

concentración ha despertado la preocupación de algunos analistas acerca del posible ejercicio de prácticas oligopólicas.

- *La superficie sembrada con germoplasma mejorado continúa en expansión.*

La superficie sembrada con germoplasma mejorado de maíz en América Latina continúa en expansión. En 1996, casi 14 millones de ha estaban sembradas con VM, lo cual equivale a aproximadamente el 48% de la superficie total de maíz. Esto representa un aumento considerable con respecto a 1990, periodo en que se sembraron poco menos de 10 millones de ha con VM, equivalente a cerca del 43% de la superficie total de maíz.

- *El patrón de adopción del germoplasma mejorado ha sido irregular.*

El uso de germoplasma mejorado ha aumentado en toda América Latina en general, pero el patrón de adopción de las VM ha sido irregular. El uso de germoplasma mejorado se concentra en las zonas donde el maíz es un cultivo comercial. El ejemplo más extremo es el Cono Sur, donde aproximadamente el 63% de la superficie total de maíz en 1996 estaba sembrada con VM. En cambio, el empleo de germoplasma mejorado de maíz sigue siendo modesto en las regiones caracterizadas por la agricultura de autoconsumo. La superficie sembrada con VM continúa siendo particularmente limitada en algunos de los países y/o regiones más pobres de América Latina, incluyendo a México (20.3%), América Central (21.8%) y la región del Caribe (31.3%).

- *El uso de los híbridos se ha incrementado en forma espectacular en comparación con el de VPL mejoradas.*

La creciente importancia de la industria privada de semilla se ha reflejado en un marcado cambio de los tipos de materiales mejorados que se siembran en los campos de los agricultores. La superficie sembrada con híbridos se ha

incrementado en forma espectacular, en tanto que la de VPL mejoradas ha disminuido. Para 1996, la superficie con híbridos ya superaba holgadamente la superficie sembrada con VPL mejoradas; en ese año se sembraron más de 12.5 millones de ha con híbridos, en comparación con menos de 1.5 millones de ha correspondientes a VPL mejoradas. A pesar de las advertencias de que las tecnologías de los híbridos serían adoptadas únicamente por los productores comerciales en gran escala, en muchos países los híbridos han sido adoptados con éxito por productores en pequeña escala.

- *Los programas públicos de mejoramiento han usado ampliamente los materiales del CIMMYT.*

Los organismos públicos de mejoramiento de maíz han hecho amplio uso de los materiales del CIMMYT. De 1996 a 1997, aproximadamente el 55% de todas las variedades e híbridos lanzados por los programas públicos de mejoramiento de América Latina contenían germoplasma del CIMMYT. Contrariamente a lo previsto, este porcentaje se ha incrementado con el tiempo. No obstante, la forma en que se usa el germoplasma del CIMMYT ha cambiado. La tendencia cada vez mayor de los fitomejoradores del sector público ha sido someter los materiales del CIMMYT a ciclos adicionales de selección antes de emplearlos para formar variedades terminadas.

- *Los fitomejoradores del sector privado han usado ampliamente los materiales del CIMMYT.*

Los fitomejoradores del sector privado han utilizado los materiales del CIMMYT tanto como los fitomejoradores del sector público, o incluso más que éstos. A pesar de que muchas empresas privadas se muestran reacias a proporcionar información detallada sobre los antecedentes genéticos de sus híbridos comerciales, se estima que alrededor del 75% de toda la semilla de híbridos patentados vendida en América Latina en 1996 contenía germoplasma derivado del CIMMYT. Sin embargo, la forma en que se usan los materiales del CIMMYT tiende a

variar, dependiendo del tipo de empresa. Las empresas pequeñas, que carecen de una sólida capacidad de mejoramiento, suelen usar directamente las líneas del Centro para formar híbridos. Las grandes empresas, con sólidos programas propios de mejoramiento (incluyendo a la mayoría de las multinacionales), rara vez las usan directamente; en cambio, emplean sus poblaciones y complejos de base amplia como fuentes para generar líneas endogámicas.

- *La superficie total sembrada con VPL e híbridos derivados del CIMMYT continúa aumentando.*

La superficie total sembrada con VPL mejoradas e híbridos que contienen germoplasma del CIMMYT en sus ancestros continúa aumentando. En 1996, los materiales derivados del Centro ocupaban aproximadamente 10.7 millones de ha, que representaban más del 36% de la superficie total de maíz en América Latina y más del 75% de la superficie sembrada con VM. El uso de los materiales derivados del CIMMYT se concentra en los ambientes de tierras bajas tropicales. Ese uso es relativamente modesto en los ambientes templados, lo cual no es sorprendente porque el CIMMYT no realiza actividades en esos ambientes.

- *La adopción de las VM depende de muchos factores que están fuera del control de los fitomejoradores.*

En la adopción del germoplasma mejorado influyen muchos factores, de los cuales sólo algunos corresponden a las características del germoplasma mismo. En términos generales, el grado de adopción de las VM es más alto en los países donde resulta rentable para los agricultores adoptarlas y para las empresas semilleras producirlas. Por esta razón, quienes formulan las políticas deben ser realistas acerca de la capacidad de los organismos de investigación y las empresas de semilla para lograr los cambios deseados en la productividad a nivel de finca. El germoplasma mejorado –el principal producto de los organismos de investigación y las empresas semilleras– ciertamente es necesario si se desea aumentar la productividad a nivel de finca, pero el germoplasma por sí solo no es suficiente. También se necesitan otras cosas, como incentivos económicos atractivos, estructuras institucionales apropiadas y políticas gubernamentales favorables.

Referencias

- CIMMYT Maize Program. 1998. *Maize Production Regions in Developing Countries*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- FAO. 1998. FAOSTAT database. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Heisey, P., M.L. Morris, D. Byerlee y M.A. López-Pereira. 1998. Economics of hybrid maize adoption. En M.L. Morris (ed.), *Maize Seed Industries in Developing Countries*. Boulder, Colorado: Lynne Rienner Publishers y CIMMYT. Pp. 143-158.
- Kosarek, J. 1999. Factors that explain the diffusion of hybrid maize in Latin America and the Caribbean. Tesis de maestría en ciencias. La Universidad de Illinois en Champaign-Urbana.
- López-Pereira, M.A., C. Clancy y M.L. Morris. 1992. Maize research investment and impacts in developing countries. Primera parte de *1991-92 CIMMYT World Maize Facts and Trends: Maize Research Investment and Impacts in Developing Countries*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- López-Pereira, M.A. y M.P. Filipello. 1994. Maize seed industries revisited: Emerging roles of the public and private sectors. Primera parte de *1993-94 CIMMYT World Maize Facts and Trends: Maize Seed Industries Revisited: Emerging Roles of the Public and Private Sectors*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- López-Pereira, M.A. y M.L. Morris. 1994. *Impacts of International Maize Breeding Research in the Developing World, 1966-1990*. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Morris, M.L. (ed). 1998. *Maize Seed Industries in Developing Countries*. Boulder, Colorado: Lynne Rienner Publishers y CIMMYT.
- Morris, M.L., J. Risopoulos y D. Beck. 1999. *Genetic Change in Farmer-Recycled Maize Seed: A Review of the Evidence*. Economics Program Working Paper 99/07. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Morris, M.L. y M. Smale. 1997. *Organization and Performance of National Maize Seed Industries: A New Institutional Perspective*. CIMMYT Economics Program Working Paper 97/05. Mexico, D.F.: CIMMYT
- Morris, M.L., M. Smale y J. Rusike. 1998. Maize seed industries: A conceptual framework. En M.L. Morris (ed.), *Maize Seed Industries in Developing Countries*. Boulder, Colorado: Lynne Rienner Publishers y CIMMYT. Pp. 35-54.
- Wood, D. y J. Lenné. 1997. The conservation of agrobiodiversity on-farm: Questioning the emerging paradigm. *Biodiversity and Conservation* 6: 109-129.