

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).

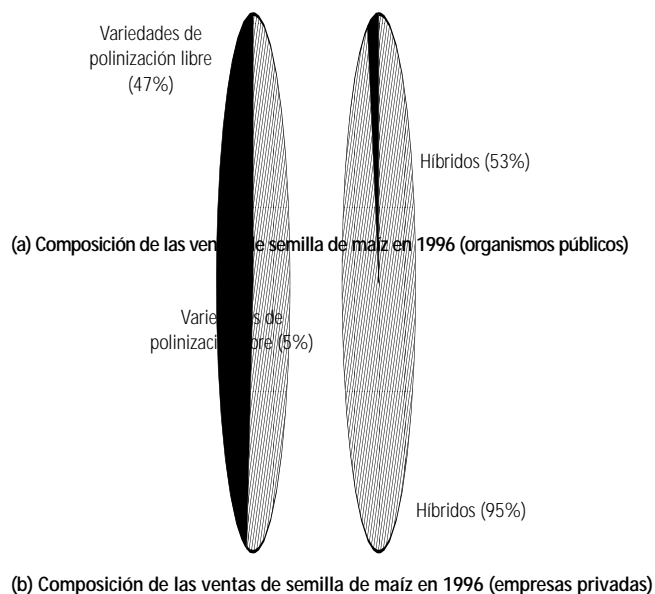


Figura 7. Composición de las ventas de semilla de maíz en América Latina, 1996.

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

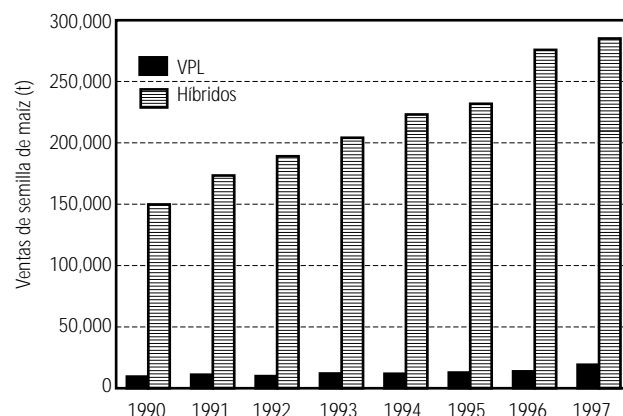


Figura 8. Evolución de las ventas de semilla comercial de VPL e híbridos de maíz en América Latina, 1990-1997.

Fuente: Encuesta sobre los impactos del maíz del CIMMYT.

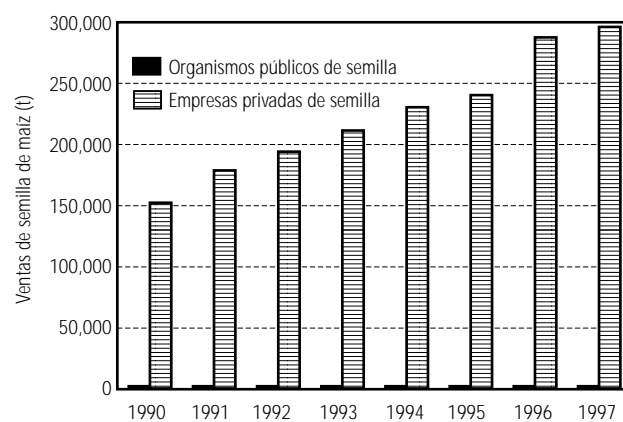


Figura 9. Evolución de las ventas de semilla comercial de maíz según el tipo de organización, América Latina, 1990-1997.

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

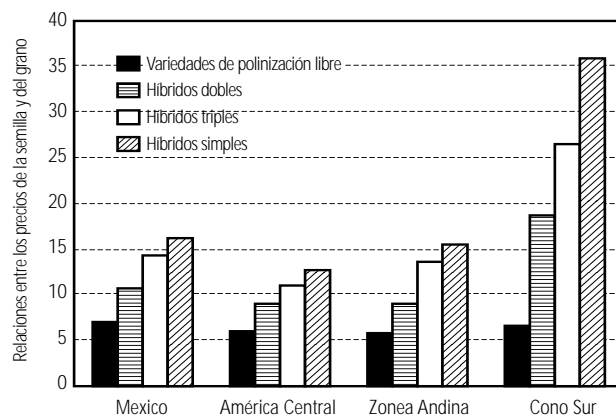


Figura 10. Relaciones entre los precios de la semilla y del grano en América Latina, 1996.

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 sembrada 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
Costa Rica	7.7	0.2	5.5	13.3
El Salvador	152.8	1.5	140.3	141.8
Guatemala	476.4	9.9	88.8	98.7
Honduras	336.8	28.6	34.3	62.8
Nicaragua	261.6	15.5	3.7	19.3
Panamá	41.8	0.5	30.9	31.3
El Caribe	256.6	69.1	47.9	117.0
Cuba	4.1	26.6	43.3	69.9
Haití	238.4	18.6	0.0	18.6
República Dominicana	10.2	32.4	0.0	32.4
México	6,296.9	88.2	1,514.9	1,603.1
América Central, el Caribe y México	7,829.0	219.4	1,861.9	2,081.2
Zona Andina	1,254.7	184.2	819.8	1,004.0
Bolivia	136.5	77.3	71.5	148.7
Colombia	480.6	43.0	129.0	172.0
Ecuador	417.2	28.6	124.2	152.8
Perú	241.7	37.5	41.7	79.2
Venezuela	4.3	0.0	425.7	425.7
Cono Sur	6,285.4	1,032.7	9,639.3	10,672.0
Argentina	332.3	61.8	2,215.9	2,277.7
Brasil	5,803.4	976.6	6,584.6	7,561.3
Chile	-	-	-	-
Paraguay	209.3	5.4	109.9	115.3
Uruguay	-	-	-	-
América del Sur	7,533.8	1,216.2	10,466.1	11,682.3
América Latina	15,170.8	1,455.4	12,500.1	13,955.5

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

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.

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.

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.