

RENTABILIDAD DE LAS GENERACIONES F₁, F₂ Y F₃ DE HÍBRIDOS DE MAÍZ

PROFITABILITY OF F₁, F₂ AND F₃ CORN HYBRID GENERATIONS

M. Isabel Martínez-Gómez¹, Rodolfo Gaytán-Bautista¹, Luis Reyes-Muro¹, Netzahualcóyotl Mayek-Pérez²,
J. Saúl Padilla-Ramírez¹ y Maximino Luna-Flores³

¹Campo Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga. 20660. Aguascalientes, México. (reyes.luis@inifap.gob.mx). ²Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional. Bulevard Del Maestro. Esquina Elías Piña s/n. Colonia Narciso Mendoza. 88710. Reynosa, Tamaulipas, México. (nmayek@mail.cgb.ipn.mx). ³Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Zacatecas-Guadalajara km 15.5. Cieneguillas, Zacatecas, Zacatecas. (mluna@cantera.reduaz.mx)

RESUMEN

No obstante la alta productividad de los híbridos de maíz (*Zea mays* L.), muchos agricultores de bajos recursos siembran generaciones avanzadas de algunos híbridos. El objetivo del presente trabajo fue determinar la rentabilidad en la producción de grano y forraje de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz, así como identificar híbridos y generaciones sobresalientes en Aguascalientes, México. El rendimiento de grano se redujo 27 y 24% y la Ganancia Neta (GN) disminuyó 39 y 38% en F₂ y F₃, con respecto a F₁. Los híbridos con mayor GN en F₁ fueron Fuego, H-361, H-311, AS-948 y Pantera. En F₂ y F₃ Gilsa-120 y Tornado tuvieron mayor GN que su F₁, mientras que Fuego, H-361, Pantera y H-311 redujeron considerablemente su rendimiento y GN en F₂ y F₃. El rendimiento de forraje en F₂ y F₃ disminuyó 8 y 18%, en tanto que todos los híbridos y generaciones presentaron pérdidas económicas. El uso de semilla F₂ y F₃ motivó pérdidas promedio de \$ 3323 y \$ 3219 ha⁻¹ en producción de grano y de \$ 1840 y \$ 2226 ha⁻¹ en producción de forraje (p≤0.05). El uso de semilla de generaciones avanzadas de los híbridos de maíz evaluados no es recomendable para la producción de grano ni de forraje.

Palabras clave: *Zea mays* L., producción de grano y forraje, rentabilidad de generaciones avanzadas de híbridos.

INTRODUCCIÓN

En el año 2003 se sembraron en Aguascalientes, México, 18 200 ha de maíz de riego, de las cuales 71% se destinaron a la producción de forraje y 29% a grano; el rendimiento medio de forraje verde fue 52.1 t ha⁻¹ y el de grano 5.1 t ha⁻¹ (SIACON, 2004). En la década de los 90 se incrementó el uso de híbridos de maíz en Aguascalientes, con apoyo de programas gubernamentales, como el denominado

ABSTRACT

Notwithstanding the high productivity of corn (*Zea mays* L.) hybrids, many low income farmers sow advanced generations of some hybrids. The purpose of this work was to determine the profitability of the production of grain and forage of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 maize hybrids, as well as to identify hybrids and outstanding generations in Aguascalientes, México. Grain yield decreased 27 and 24% and net profit (NP) diminished 39 and 38% in F₂ and F₃ in relation to F₁. Hybrids with the highest NP in F₁ were Fuego, H-361, H-311, AS-948 and Pantera. In F₂ and F₃ Gilsa-120 and Tornado had higher NP than their F₁, while Fuego, H-361, Pantera and H-311 reduced their yield and NP significantly in F₂ and F₃. Forage yield in F₂ and F₃ diminished 8 and 18%, while all the hybrids and generations had economic losses. Use of seed from F₂ and F₃ caused average losses of \$ 3323 and \$ 3219 ha⁻¹ in grain production and of \$ 1840 and \$ 2226 ha⁻¹ in forage (p≤0.05). The use of seeds of advanced generation of the evaluated corn hybrids is not recommended for either grain or forage production.

Key words: *Zea mays* L., grain and forage production, profitability of advanced generations of hybrids.

INTRODUCTION

In 2003 in Aguascalientes, México, 18 200 ha of irrigation corn were cultivated, from which 71% were for forage production and 29% for grain; average yield of green forage was 52.1 t ha⁻¹ and that of grain 5.1 t ha⁻¹ (SIACON, 2004). In Aguascalientes, during the 90's the use of corn hybrids increased, due to governmental programs, as the one named kilo por kilo, through which the sowing of improved seed was promoted with subsidies for this supply (Reyes and Robles, 1997), as well as through promotional campaigns of commercial hybrids in demonstrative plots. Producers have adopted hybrids due to their high productivity (Lowenberg-DeBoer, 2004); nevertheless,

Recibido: Octubre, 2004. Aprobado: Mayo, 2005.

Publicado como ENSAYO en *Agrociencia* 40: 677-685. 2006.

kilo por kilo, mediante el cual se promovió la siembra de semilla mejorada con subsidios para este insumo (Reyes y Robles, 1997), además de campañas de promoción de híbridos comerciales en parcelas demostrativas. Los productores han adoptado los híbridos por su alta productividad (Lowenberg-DeBoer, 2004); sin embargo, algunos de ellos utilizan semilla de generaciones avanzadas de híbridos por las siguientes razones: a) alto costo de la semilla certificada, que puede representar 27% de la inversión en el cultivo (Morales *et al.*, 2005), b) algunos híbridos han mostrado estabilidad de rendimiento a través de su avance generacional (Valdivia-Bernal y Vidal-Martínez, 1995), c) baja rentabilidad del cultivo (Luna, 2003). De ahí que la siembra de generaciones avanzadas se haya extendido en varias regiones maiceras de México (Ramírez *et al.*, 1986; Coutiño *et al.*, 2004). En Zimbabwe, Pixley y Bänziger (2001) demostraron que la utilización de semilla remanente para avanzar generacionalmente al híbrido o a la variedad de polinización libre de maíz permite destinar el ahorro en costo de semilla certificada a fertilizantes, herbicidas o labores de cultivo adicionales en agroecosistemas de muy bajo rendimiento. En trabajos sobre generaciones avanzadas el efecto sobre la pérdida de rendimiento es claro, pero económicamente tiende a equilibrarse (Valdivia-Bernal y Vidal-Martínez, 1995). El objetivo del presente trabajo fue determinar la rentabilidad de la producción de grano y forraje de 22 híbridos de maíz en sus generaciones F_1 , F_2 y F_3 , así como identificar híbridos sobresalientes en las tres generaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2002, en el rancho Los Arcos, municipio de Rincón de Romos, Aguascalientes, México (22° 09' N, 102° 17' O y 1912 m), se cultivaron en condiciones de riego las generaciones F_1 , F_2 y F_3 de 22 híbridos de maíz. El diseño experimental fue bloques completos al azar con dos factores: A) 22 híbridos y B) tres generaciones, con tres repeticiones. La unidad experimental tuvo seis surcos (10 m largo y 0.76 m de anchura); tres para evaluar grano y tres para evaluar forraje. Las labores de cultivo se realizaron con base en el paquete tecnológico del INIFAP para maíz de riego (CEPAB, 1998), el cual establece una densidad de 60,000 plantas ha^{-1} para la producción de grano y 80 000 para forraje.

En el análisis financiero se aplicó la metodología conocida como Matriz de Análisis de Política (MAP) (Monke y Pearson, 1989), que cuantifica los costos de producción, los ingresos y las ganancias reales de los productores. La MAP consta de las matrices: a) coeficientes técnicos, b) precios privados y c) presupuesto privado. Se estimaron los indicadores financieros: costo total (CT), ingreso total (IT) y ganancia neta (GN), incluyendo la renta de la tierra, para cada híbrido en sus generaciones F_1 , F_2 y F_3 . Asimismo se consideró: a) manejo agronómico e insumos homogéneos para los híbridos y

some of them use seeds of hybrid advanced generations for the following reasons: a) high cost of certified seed that may represent 27% of the investment in the crop (Morales *et al.*, 2005), b) some hybrids have shown yield stability through their generational advance (Valdivia-Bernal and Vidal-Martínez, 1995), c) low crop profitability (Luna, 2003); with the result that cultivation of advanced generations has increased in several corn production regions in México (Ramírez *et al.*, 1986; Coutiño *et al.*, 2004). In Zimbabwe, Pixley and Bänziger (2001) demonstrated that the use of surplus seed to advance the hybrids generationally, or the use of open pollination varieties, allows to assign the savings in cost of certified seed to fertilizers, herbicides or additional cultivation practices in agroecosystems with very low yields. In studies on advanced generations the effect of yield is clear, even though economically tends to compensate (Valdivia-Bernal and Vidal-Martínez, 1995). The purpose of this work was to determine the profitability of grain and forage production of 22 corn hybrids in their F_1 , F_2 and F_3 generations, as well as to identify outstanding hybrids in all three generations.

MATERIALS AND METHODS

During 2002, in the farm Los Arcos, Municipio de Rincón de Romos, Aguascalientes, México (22° 09' N, 102° 17' O and 1912 m), F_1 , F_2 and F_3 generations of 22 maize hybrids were cultivated under irrigation conditions. The experimental design was randomized complete blocks with two factors: A) 22 hybrids and B) three generations, with three replications. The experimental unit had six furrows (10 m long and 0.76 m width); three for the evaluation of grain and three for forage. Cultivation practices were those of INIFAP's technologic package for corn irrigation (CEPAB, 1998), which establishes a density of 60 000 plants ha^{-1} for grain production and 80 000 for forage.

For the financial analysis we applied the methodology known as Policy Analysis Matrix (PAM) (Monke and Pearson, 1989), which quantifies production costs, incomes and producers' real profits. The PAM consists of the matrices: a) technical coefficients, b) private prices and c) private budget. Financial indicators were estimated: total cost (TC), total income (TI) and net profit (NP), including land rent for each hybrid in their F_1 , F_2 and F_3 generations. Also, it were considered: a) agronomical management and homogeneous supplies for hybrids and advanced generations, b) differentiated price of hybrids by commercial company and homogeneous for seed of advanced generations, c) regional averages of daily salaries, supplies, land rent, technical assistance and grain and forage prices, d) stubble value as an additional income to that of grain production, e) PROCAMPO subsidies as additional income in grain and forage production and, f) 2002 prices. Analysis of variance and MSD multiple mean range tests were applied to grain and forage production NG's estimated for the hybrids and their advanced generations ($p \leq 0.05$).

generaciones avanzadas, b) precio diferenciado de híbridos por casa comercial y homogéneo para la semilla de generaciones avanzadas, c) promedios regionales de costos de jornales, insumos, renta de la tierra, asistencia técnica y precios del grano y forraje verde, d) el valor del rastrojo como un ingreso adicional al de la producción de grano, e) el estímulo de PROCAMPO como ingreso adicional en la producción de grano y forraje y, f) precios del año 2002. A las GN estimadas en la producción de grano y forraje para los híbridos y sus generaciones avanzadas se les practicó un análisis de varianza y prueba múltiple de medias con la Diferencia Mínima Significativa (DMS), (p≤0.05).

RESULTADOS

En la evaluación agronómica se encontró que el rendimiento de grano de los híbridos se redujo en promedio 27% en F₂ y 24% en F₃, con respecto a F₁ (Cuadro 1). En otros estudios esta reducción oscila entre 11 y 45% según el tipo de híbrido, el número de generación y el ambiente de prueba (Coutiño *et al.*, 2004). El rendimiento de forraje seco se redujo en menor proporción, 8% en promedio en F₂ y 18% en F₃, con respecto a F₁ (Cuadro 2).

RESULTS

Agronomical evaluation showed that grain yield of hybrids decreased an average of 27% in F₂ and 24% in F₃ in regard to F₁ (Table 1). In other studies this reduction vary between 11 and 45% according to hybrid type, generation number and test environment (Coutiño *et al.*, 2004). Dry forage yield was reduced in a smaller proportion, 8% in average in F₂ and 18% in F₃, in regard to F₁ (Table 2).

Costs' structure

In the study area corn hybrids' seed has reached prices up to twenty times higher than that of an advanced generation; for that reason, the structure of cost production varied with the kind of crop (grain or forage) and the seed employed. When grain production was considered, cost proportion pertaining to seed diminished from 7.1 to 0.4% when employing seed of advanced generations, in regard to F₁ seed; in forage production this proportion reduced from 9.6 to 0.5% (Table 3).

Cuadro 1. Rendimiento de grano de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes, México.
Table 1. Grain yield of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 corn hybrids in Aguascalientes, México.

Híbrido	Rendimiento (t ha ⁻¹)				Respecto a F ₁ (%)		
	F ₁	F ₂	F ₃	Media	F ₂	F ₃	Media
SB-302	8.36	8.62	7.39	8.12	+3	-12	-4
SB-304	11.17	9.72	9.75	10.21	-13	-13	-13
AS-31	10.22	7.04	8.06	8.44	-31	-21	-26
AS-910	11.14	7.82	8.98	9.31	-30	-19	-25
AS-948	12.22	8.60	8.13	9.65	-30	-33	-32
GILSA-120	8.40	8.20	7.89	8.16	-2	-6	-4
AS-820	8.26	5.50	6.09	6.62	-33	-26	-30
C-922	8.07	4.97	6.41	6.48	-38	-21	-29
Z-60	7.14	7.11	5.94	6.73	0	-17	-9
C-220	8.01	7.47	6.18	7.22	-7	-23	-15
Z-21	11.10	7.02	9.20	9.11	-37	-17	-27
C-526	9.59	6.92	6.66	7.72	-28	-31	-29
Halcón	10.36	7.16	7.54	8.35	-31	-27	-29
A-7597	10.42	7.49	7.53	8.48	-28	-28	-28
Pantera	11.76	7.31	6.26	8.44	-38	-47	-42
Tromba	8.47	7.40	7.50	7.79	-13	-11	-12
Tornado	8.85	8.00	8.35	8.40	-10	-6	-8
Trueno	10.77	7.79	8.82	9.13	-28	-18	-23
30G40	11.48	7.14	8.52	9.05	-38	-26	-32
H-361	13.07	8.61	9.26	10.31	-34	-29	-32
H-311	11.99	8.28	8.48	9.58	-31	-29	-30
Fuego	13.75	6.72	8.27	9.58	-51	-40	-45
Media	10.21	7.50	7.78	8.50	-27	-24	-25
DMS p≤0.05)		2.39					

DMS entre generaciones=0.51 (p≤0.05).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje seco[†] de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes, México.
Table 2. Dry forage yield[†] of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 corn hybrids in Aguascalientes, México.

Híbrido	Rendimiento (t ha ⁻¹)				Respecto a F ₁ (%)		
	F ₁	F ₂	F ₃	Media	F ₂	F ₃	Media
SB-302	16.60	19.98	15.63	17.40	+20	-6	+7
SB-304	22.11	13.51	17.77	17.80	-39	-20	-29
AS-31	19.12	19.36	14.39	17.62	+1	-25	-12
AS-910	18.79	12.68	13.49	14.99	-33	-28	-30
AS-948	21.06	21.95	21.20	21.40	+4	+1	+2
GILSA-120	21.59	21.91	17.09	20.20	+1	-21	-10
AS-820	15.84	13.79	16.83	15.49	-13	+6	-3
C-922	18.11	14.76	13.40	15.42	-18	-26	-22
Z-60	11.65	16.44	14.83	14.31	+41	+27	+34
C-220	15.12	17.64	15.67	16.14	+17	+4	+10
Z-21	18.10	18.98	14.39	17.16	+5	-20	-8
C-526	18.07	13.51	12.47	14.68	-25	-31	-28
Halcón	19.34	20.16	19.58	19.69	+4	+1	+3
A-7597	21.63	17.43	13.34	17.47	-19	-38	-29
Pantera	19.71	20.20	15.71	18.54	+2	-20	-9
Tromba	17.72	14.01	15.71	15.81	-21	-11	-16
Tornado	24.68	20.80	17.44	20.97	-16	-29	-23
Trueno	15.98	18.50	11.81	15.43	16	-26	-5
30G40	22.17	17.66	17.15	18.99	-20	-23	-21
H-361	19.72	13.88	12.96	15.52	-30	-34	-32
H-311	19.77	17.08	16.03	17.63	-14	-19	-16
Fuego	22.49	20.69	17.19	20.12	-8	-24	-16
Media	19.06	17.50	15.64	17.40	-8	-18	-13
DMS p≤0.05)		6.63					

DMS entre generaciones=1.42 (p≤0.05).

[†] El análisis financiero se realizó con rendimiento de forraje en verde ♦ Financial analysis was made with green forage yield.

Estructura de costos

En el área de estudio la semilla de los híbridos ha llegado a tener precios hasta veinte veces más altos que la de una generación avanzada, por lo que la estructura de costos de producción varió con el tipo de cosecha (grano o forraje) y el de semilla utilizada. Cuando se consideró la producción de grano, la proporción del costo por concepto de semilla se redujo de 7.1 a 0.4% al usar simiente de generaciones avanzadas, respecto a semilla F₁, y en la producción de forraje esta proporción se redujo de 9.6 a 0.5% (Cuadro 3).

Análisis financiero de la producción de grano

En promedio, el CT en F₂ y F₃ fue 7% inferior con respecto a F₁; sin embargo, el IT se redujo 21% y la GN disminuyó 39% en ambas generaciones avanzadas (Cuadro 4). La prueba de medias de la GN mostró que F₁ fue superior (p≤0.05) a F₂ y F₃. De los 22 híbridos, 16 presentaron pérdidas económicas al pasar de F₁ a F₂ y el resto produjo mayor GN que F₁ (Cuadro 5). Las mayores pérdidas en F₂ fueron para Fuego (-75%),

Financial analysis of grain production

In average, TC in F₂ and F₃ was 7% lower in regard to F₁; nevertheless, TI diminished 21% and NG decreased 39% in both advanced generations (Table 4). Means comparison for NG showed that F₁ was higher (p≤0.05) than F₂ and F₃. Of the 22 hybrids, 16 showed economic losses when passing from F₁ to F₂ and the rest produced higher NG than F₁ (Table 5). The higher losses in F₂ were for Fuego (-75%), Z-21 (-61%), Pantera (-58%), H-361 (-51%) and H-311 (-49%); and those that surpassed NG of F₁ were: C-220 (46%), Z-60 (36%), Gilsa-120 (32%), SB-302 (27%), Tornado (5%) and Tromba (1%). In F₃, 20 hybrids had losses and only Tornado and Gilsa-120 showed higher NG than their F₁. In F₃, Pantera (-83%), Fuego (-54%), H-361 (-47%) and H-311 (-47%) had losses, while Gilsa-120 and Tornado surpassed NG in 15% and 8%. The average of F₂ and F₃ generations indicates that 17 of the hybrids had losses in regard to F₁. The hybrids with higher negative economic effect were Pantera (-70%), Fuego (-75%), H-361 (-49%) y H-311 (-46%), while hybrids with higher NG

Cuadro 3. Estructura de los costos de producción de grano y forraje verde de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes, México.

Table 3. Cost structure of grain and green forage production of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 maize hybrids in Aguascalientes, México.

	Costo promedio (\$ ha ⁻¹)	Concepto (% respecto al costo promedio)						
		Fertilizante	Semilla	Labores manuales	Labores mecanizadas	Agua de riego	Renta de tierra	Asistencia técnica
Grano								
F ₁	11317	8.5	7.1	38.0	16.3	11.9	17.7	0.5
F ₂	10553	9.1	0.4	40.7	17.5	12.8	19.0	0.5
F ₃	10553	9.1	0.4	40.7	17.5	12.8	19.0	0.5
Forraje								
F ₁	10865	9.6	9.6	43.8	10.2	9.2	17.1	0.5
F ₂	9695	10.9	0.5	46.7	11.6	10.4	19.3	0.5
F ₃	9502	11.3	0.5	45.2	11.9	10.7	19.9	0.5

Cuadro 4. Indicadores financieros de la producción de grano de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes, México.

Table 4. Financial indicators of grain production of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 corn hybrids in Aguascalientes, México.

Material	F ₁			F ₂			F ₃			GN
	CT [†] (\$ ha ⁻¹)	IT	GN	CT	IT	GN	CT	IT	GN	Media
SB-302	11265	16478	5213	10553	17149	6596	10553	15133	4581	5463
SB-304	11265	21534	10269	10553	18043	7490	10553	19396	8843	8867
AS-31	11328	20271	8944	10553	15455	4902	10553	16038	5486	6444
AS-910	11328	20565	9238	10553	15461	4908	10553	17293	6740	6962
AS-948	11328	22911	11583	10553	17906	7354	10553	16948	6395	8444
Gilsa-120	11265	16381	5116	10553	17312	6760	10553	16415	5863	5913
AS-820	11328	17235	5908	10553	13138	2586	10553	12981	2428	3640
C-922	11315	16146	4831	10553	11194	642	10553	13279	2727	2733
Z-60	11315	15634	4319	10553	16420	5867	10553	13984	3431	4539
C-220	11315	15059	3744	10553	16049	5496	10553	13847	3295	4178
Z-21	11315	21476	10161	10553	14468	3916	10553	18087	7534	7204
C-526	11315	18828	7513	10553	14050	3498	10553	13468	2916	4642
Halcón	11365	19567	8202	10553	15568	5016	10553	15978	5425	6214
A-7597	11365	20156	8791	10553	15588	5036	10553	14562	4010	5945
Pantera	11365	22544	11179	10553	15285	4733	10553	12485	1933	5948
Tromba	11265	15953	4688	10553	15302	4749	10553	14247	3695	4377
Tornado	11265	17587	6322	10553	17173	6621	10553	17385	6833	6592
Trueno	11265	20597	9332	10553	16255	5702	10553	16832	6280	7105
30G40	11515	22393	10878	10553	15567	5014	10553	17438	6886	7593
H-361	11315	24676	13361	10553	17131	6578	10553	17656	7104	9014
H-311	11315	23368	12053	10553	16752	6199	10553	17099	6546	8266
Fuego	11265	26179	14914	10553	14332	3780	10553	17340	6787	8494
Promedio	11317	19797	8480	10553	15709	5157	10553	15813	5261	6299
% resp.F ₁	100	100	100	93	79	61	93	80	62	

[†] CT=Costo total ♦ Total cost; IT=Ingreso total ♦ Total income; GN=Ganancia neta ♦ Net profit.

Z-21 (-61%), Pantera (-58%), H-361 (-51%) y H-311 (-49%), y los que superaron la GN de F₁ fueron: C-220 (46%), Z-60 (36%), Gilsa-120 (32%), SB-302 (27%), Tornado (5%) y Tromba (1%). En

average were Gilsa-120 (23%), C-220 (17%), Z-60 (8%), SB-302 (7%) and Tornado (6%). From F₁ to F₂ the average losses were \$ 3323, and \$ 3219 from F₁ to F₃.

Cuadro 5. Ganancia neta en la producción de grano de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes, México.
Table 5. Net profit in grain production of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 corn hybrids in Aguascalientes, México.

Híbrido	Ganancia neta (\$ ha ⁻¹)				GN respecto a F ₁ (\$ ha ⁻¹)		
	F ₁	F ₂	F ₃	Media	F ₂	F ₃	Media
SB-302	5213	6596	4581	5463	1383	-632	376
SB-304	10269	7490	8843	8867	-2779	-1426	-2103
AS-31	8944	4902	5486	6444	-4042	-3458	-3750
AS-910	9238	4908	6740	6962	-4330	-2498	-3414
AS-948	11583	7354	6395	8444	-4229	-5188	-4709
Gilsa-120	5116	6760	5863	5913	1644	747	1196
AS-820	5908	2586	2428	3640	-3322	-3480	-3401
C-922	4831	642	2727	2733	-4189	-2104	-3147
Z-60	4319	5867	3431	4539	1548	-888	330
C-220	3744	5496	3295	4178	1752	-449	652
Z-21	10161	3916	7534	7204	-6245	-2627	-4436
C-526	7513	3498	2916	4642	-4015	-4597	-4306
Halcón	8202	5016	5425	6214	-3186	-2777	-2982
A-7597	8791	5036	4010	5945	-3755	-4781	-4268
Pantera	11179	4733	1933	5948	-6446	-9246	-7846
Tromba	4688	4749	3695	4377	61	-993	-466
Tornado	6322	6621	6833	6592	299	511	405
Trueno	9332	5702	6280	7105	-3630	-3052	-3341
30G40	10878	5014	6886	7593	-5864	-3992	-4928
H-361	13361	6578	7104	9014	-6783	-6257	-6520
H-311	12053	6199	6546	8266	-5854	-5507	-5681
Fuego	14914	3780	6787	8494	-11134	-8127	-9631
Media	8480	5157	5261	6299	-3323	-3219	-3271
DMS (p≤0.05)		2336					

DMS entre generaciones=862 (p≤0.05); CV = 40.13%.

F₃, 20 híbridos tuvieron pérdida y sólo Tornado y Gilsa-120 presentaron mayor GN que su F₁. En F₃, tuvieron pérdidas Pantera (-83%), Fuego (-54%), H-361 (-47%) y H-311 (-46%), mientras que Gilsa-120 y Tornado superaron en 15% y 8% la GN. El promedio de las generaciones F₂ y F₃ indica que 17 de los híbridos presentaron pérdidas respecto a F₁. Los híbridos con mayor efecto económico negativo fueron Pantera (-70%), Fuego (-65%), H-361 (-49%) y H-311 (-46%), en tanto que los híbridos superiores en GN promedio fueron: Gilsa-120 (23%), C-220 (17%), Z-60(8%), SB-302 (7%) y Tornado (6%). Al pasar de F₁ a F₂ se perdieron en promedio \$ 3323 y de F₁ a F₃ \$ 3219.

Análisis financiero en la producción de forraje

Para forraje, en promedio, las generaciones avanzadas redujeron el CT 11% en F₂ y 13% en F₃; el IT disminuyó 3% y 11% en F₂ y F₃ y en el indicador financiero GN se tuvieron pérdidas de 32% en F₂ y 18% en F₃, con respecto a la F₁ (Cuadro 6). La prueba de medias para GN indica diferencia significativa entre generaciones (p≤0.05). Todos los híbridos estudiados

Financial analysis of forage production

In average, concerning forage, advanced generations reduced TC 11% in F₂ and 13% in F₃; TI decreased 3% and 11% in F₂ and F₃; and for the financial indicator NG, losses were 32% in F₂ and 18% in F₃ in relation to F₁ (Table 6). Means comparison for NG indicates significative difference among generations (p≤0.05). All the studied hybrids had losses in forage production in the three generations (Table 7). Independently of the generation, results indicate that corn cultivation is not profitable for forage production, considering the prevailing yields, costs and sell prices of forage during this research.

DISCUSSION

NG decreased with generational advance, which agrees with Coutiño *et al.*, 2004 who indicated the inbreeding effect in the reduction of hybrid maize production and in NG. Some hybrids had high NG in their F₁, as well as in their F₂ and F₃, fact that preserved the intergenerational economic balance mentioned by Valdivia-Bernal and Vidal-Martínez (1995). Also there were detected materials that even with lower grain yield

Cuadro 6. Indicadores financieros de la producción de forraje de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes, México.**Table 6. Financial indicators of forage production of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 corn hybrids in Aguascalientes, México.**

Material	F ₁			F ₂			F ₃			GN Media
	CT [†]	IT	GN	CT	IT (\$ ha ⁻¹)	GN	CT	IT	GN	
SB-302	10579	7515	-3064	9662	7755	-1907	9444	7101	-2343	-2438
SB-304	10913	8517	-2396	9064	5961	-3103	9792	8145	-1647	-2382
AS-31	10861	8097	-2764	9864	8361	-1503	9490	7239	-2251	-2173
AS-910	10659	7591	-3068	9340	6789	-2551	9526	7347	-2179	-2599
AS-948	10953	8373	-2580	10228	9453	-775	10134	9171	-963	-1439
Gilsa-120	10911	8511	-2400	10034	8871	-1163	9772	8085	-1687	-1750
AS-820	10903	8223	-2680	9820	8229	-1591	9386	6927	-2459	-1243
C-922	10529	7155	-3374	9164	6261	-2903	8956	5637	-3319	-3199
Z-60	11247	9309	-1938	9830	8259	-1571	9652	7725	-1927	-1812
C-220	10505	7083	-3422	9794	8151	-1643	9760	8059	-1701	-2255
Z-21	10879	8205	-2674	9774	8091	-1683	9522	7335	-2187	-2181
C-526	10583	7317	-3266	9234	6471	-2763	9048	5913	-3135	-3055
Halcón	10745	7593	-3152	9972	8685	-1287	9912	8505	-1407	-1949
A-7597	11035	8463	-2572	9688	7833	-1855	9110	6099	-3011	-2479
Pantera	11093	8637	-2456	10082	9015	-1067	9356	6837	-2519	-2014
Tromba	10233	6477	-3756	9334	6771	-2563	9100	6069	-3031	-3117
Tornado	10915	8523	-2392	9876	8397	-1479	9554	7431	-2123	-1998
Trueno	10427	7059	-3368	9600	7569	-2031	8760	5049	-3711	-3037
30G40	11401	8931	-2470	9674	7791	-1883	9688	7833	-1855	-2069
H-361	11209	9195	-2014	9584	7521	-2063	9370	6879	-2491	-2189
H-311	11237	9279	-1958	9730	7959	-1771	9728	7953	-1775	-1835
Fuego	11207	9399	-1808	9948	8613	-1335	9986	8727	-1259	-1467
Promedio	10865	8157	-2708	9695	7855	-1840	9502	7276	-2226	-2258
% resp.F ₁	100	100	100	89	97	-32	87	89	-18	

[†] CT = Costo total; IT = Ingreso total; GN = Ganancia neta.

presentaron pérdidas en la producción de forraje en las tres generaciones (Cuadro 7). Independientemente de la generación, los resultados indican que no es rentable la siembra de maíz para la producción de forraje, considerando los rendimientos, costos y precios de venta del forraje prevalecientes durante esta investigación.

DISCUSIÓN

La GN se redujo con el avance generacional, lo cual concuerda con Coutiño *et al.*, (2004) quienes señalaron el efecto de la endogamia en la reducción de la producción del maíz híbrido y en las ganancias netas. Se detectaron algunos híbridos con alta GN en su F₁, los cuales también tuvieron altas ganancias en las generaciones F₂ y F₃, con lo que mantuvieron el equilibrio económico intergeneracional mencionado por Valdivia-Bernal y Vidal-Martínez (1995). También se detectaron materiales que aún teniendo menor rendimiento de grano en F₂ fueron más rentables que su F₁. Sembrar generaciones avanzadas no es económicamente racional, como lo señalan diferentes autores, no obs-

in F₂ were more profitable than their F₁. Sowing advanced generations is not economically reasonable, as indicated by different authors, even when they appear as an option considering the lack of F₁ seed in the market and, in some cases, they produce more than regional criollos (Ramírez *et al.*, 1986). Hybrid seed has high costs (Valdivia-Bernal and Vidal-Martínez, 1995), and the difference of the cost of the certified seed is assigned to other supplies (fertilizers, herbicides and tasks) in very low yield agro-ecosystems (Pixley and Bänziger, 2001). The use of advanced generations is a common practice in several corn producer regions of México (De León *et al.*, 1997). Therefore, it is important to know the answer in production and rentability of hybrids through their generational advance.

CONCLUSIONS

Net profit in grain production diminished on average 39% through the pass from F₁ to F₂ and 38% to F₃; while in forage production losses were 32% in F₂ and 18% in F₃. To attain the highest profit in maize grain production, high profitability hybrids are available in

Cuadro 7. Ganancia Neta en la producción de forraje de las generaciones F₁, F₂ y F₃ de 22 híbridos de maíz en Aguascalientes.
Table 7. Net gain in forage production of F₁, F₂ and F₃ generations of 22 corn hybrids in Aguascalientes, México.

Híbrido	Ganancia Neta (\$ ha ⁻¹)				GN respecto a F ₁ (\$ ha ⁻¹)		
	F ₁	F ₂	F ₃	Media	F ₂	F ₃	Media
SB-302	-3064	-1907	-2343	-2438	1157	721	939
SB-304	-2396	-3103	-1647	-2382	-707	749	21
AS-31	-2764	-1503	-2251	-2173	1261	513	887
AS-910	-3068	-2551	-2179	-2599	517	889	703
AS-948	-2580	-775	-963	-1439	1805	1617	1711
Gilsa-120	-2400	-1163	-1687	-1750	1237	713	975
AS-820	-2680	-1591	-2459	-1243	1089	221	655
C-922	-3374	-2903	-3319	-3199	471	55	263
Z-60	-1938	-1571	-1927	-1812	367	11	189
C-220	-3422	-1643	-1701	-2255	1779	1721	1750
Z-21	-2674	-1683	-2187	-2181	991	487	739
C-526	-3266	-2763	-3135	-3055	503	131	317
Halcón	-3152	-1287	-1407	-1949	1865	1745	1805
A-7597	-2572	-1855	-3011	-2479	717	-439	139
Pantera	-2456	-1067	-2519	-2014	1389	-63	663
Tromba	-3756	-2563	-3031	-3117	1193	725	959
Tornado	-2392	-1479	-2123	-1998	913	269	591
Trueno	-3368	-2031	-3711	-3037	1337	-343	497
30G40	-2470	-1883	-1855	-2069	587	615	601
H-361	-2014	-2063	-2491	-2189	-49	-477	-263
H-311	-1958	-1771	-1775	-1835	187	183	185
Fuego	-1808	-1335	-1259	-1467	473	549	511
Media	-2708	-1840	-2226	-2258	868	482	675
DMS (p≤0.05)	783						

DMS entre generaciones = 289 (p≤0.05); CV=-37.53%.

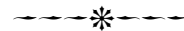
tante que representan una opción ante la carencia en el mercado de semilla F₁ y, en algunos casos, producen más que los criollos regionales (Ramírez *et al.*, 1986). La semilla híbrida es de alto costo (Valdivia-Bernal y Vidal-Martínez, 1995), y la diferencia del costo de la semilla certificada se destina a otros insumos (fertilizantes, herbicidas, labores) en agroecosistemas de muy bajo rendimiento (Pixley y Bänziger, 2001). El uso de generaciones avanzadas es una práctica común en diversas regiones maiceras de México (De León, *et al.*, 1997), de ahí la importancia de conocer la respuesta en producción y rentabilidad de los híbridos en su avance generacional.

CONCLUSIONES

La ganancia neta en la producción de grano se redujo en promedio 39% al pasar de F₁ a F₂ y 38% a F₃; mientras que en la producción de forraje se tuvieron pérdidas de 32% en F₂ y 18% en F₃. Para lograr la máxima ganancia en la producción de grano de maíz, se dispone de híbridos con alta rentabilidad en F₁. El uso de generaciones avanzadas de híbridos de maíz no es recomendable para la producción de grano, ni para la producción de forraje.

F₁. The use of advanced generations of corn hybrids is not advised, either for grain or forage production.

—End of the English version—



AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Sistema de Investigación Regional Miguel Hidalgo (CONACYT-SIHGO) el apoyo financiero al Proyecto 19990201021, del cual se generó este trabajo.

LITERATURA CITADA

- CEPAB. (Campo Experimental Pabellón). 1998. Maíz para grano bajo riego. *In*: Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. pp. 13-15.
- Coutiño, E. B., G. Sánchez G., y V. A. Vidal M. 2004. El uso de semilla F₂ de híbridos de maíz en la Frailesca, Chiapas, reduce el rendimiento y las ganancias netas. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(3):261-266.
- De León, C. H., A. Jaramillo S., G. Martínez Z., y S. 1997. Híbridos dobles de maíz sin depresión endogámica en F₂. Memoria de la XLIII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá. pp: 27.

- Lowenberg-DeBoer, J. 2004. Camino sinuoso en la adopción de la agricultura de precisión. [http://www.agriculturadeprecisión.org/analecon/Camino Sinuoso.htm](http://www.agriculturadeprecisión.org/analecon/Camino%20Sinuoso.htm). (Revisado el 27 de julio de 2004).
- Luna F., M. 2003. ¿Por qué no se deja de producir maíz en México? *In: El Campo no Aguanta Más*. R. Schwentesius, M. A. Gómez y J. L. Calva (Coordinadores). Univ. Autónoma Chapingo. Chapingo. Edo. de Méx. p 115-132.
- Monke, E. A., & R. Pearson S. 1989. *The Policy Analysis Matrix for Agricultural Development*. Cornell University Press. Ithaca, NY, USA-London. 279 p.
- Morales R., M. M., J. R. Parra, J. de J. Sánchez G., J. L. Ramírez D., L. de la Cruz L., S. Mena M., S. Hurtado de la P., y M. Chuela B. 2005. Diversidad genética y heterosis entre híbridos comerciales de maíz de Jalisco liberados en la década de 1990. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:115-126.
- Pixley, K., and M. Bänziger. 2001. Open-pollinate maize varieties: a backward step or valuable option for farmers? Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. 11-15 February, 2001. pp: 22-28.
- Ramírez, V. P., M. Balderas M., y F. Gerón X. 1986. Potencial productivo de las generaciones avanzadas de los híbridos tropicales de maíz H-503, H-507 y H-510. *Rev. Fitotec. Méx.* 8: 20-34.
- Reyes M., L., y F. J. Robles E. 1997. Impacto de la validación de tecnología en el programa kilo por kilo de maíz en Aguascalientes. Folleto Informativo Núm. 7. Pabellón, Aguascalientes, México. 20 p.
- SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta). 2004. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 2003/ Aguascalientes/Primavera-Verano/Riego. SAGARPA. México. http://www.w3.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siap_apb/(Revisado el 3 de agosto de 2004).
- Valdivia-Bernal, R., y V. A. Vidal-Martínez. 1995. Efecto de generaciones avanzadas en la producción de diferentes tipos de híbridos de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* 18:69-76.