

## POTENCIAL PRODUCTIVO ACTUAL DE MAÍZ (*Zea mays L.*) BAJO RIEGO EN EL CICLO OTOÑO-INVIERNO, EN EL SURESTE DE MÉXICO: II. DESEMPEÑO ECONÓMICO DE CUATRO FÓRMULAS TECNOLÓGICAS

### CURRENT POTENTIAL PRODUCTION OF IRRIGATED MAIZE (*Zea mays L.*) IN SOUTHEASTERN MEXICO IN THE FALL-WINTER SEASON: II. ECONOMIC PERFORMANCE OF FOUR TECHNOLOGICAL FORMULAS

Antonio Turrent Fernández<sup>1\*</sup>, Noel Gómez Montiel<sup>2</sup>, Mauro Sierra Macías<sup>2</sup>, Rodrigo Aveldaño Salazar<sup>3</sup>  
y Rodolfo Moreno Dahme<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Apdo. Postal No. 10. C.P. 56230. Chapingo, Estado de México. Tel y Fax: (01) 5954-6528.<sup>2</sup>Campo Experimental Iguala. INIFAP. Apdo. Postal No. 29. C.P. 40000, Iguala, Gro. Tel y Fax: (01) 7332-5080. <sup>3</sup>Campo Experimental Cotaxtla, Ver. INIFAP. Apdo. Postal No. 429. C.P. 91700 Veracruz, Ver. Tel y Fax: (01) 2934-8354. <sup>4</sup>Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Serapio Rendón No. 83, Col. San Rafael, México, D.F. Tel y Fax: (01) 5140-1651.

\*Autor responsable.

#### RESUMEN

Más de dos millones de hectáreas de tierras de labor permanecen ociosas durante el ciclo Otoño-Invierno en la región Sur-Sureste del país, por ser la temporada de secas y por carecer de infraestructura de riego. Este recurso subutilizado podría contribuir de manera sustantiva a limitar el creciente déficit alimentario. En el pasado no fue necesario desarrollar la infraestructura de riego en esta región, pero la creciente demanda nacional de alimentos puede hacer posible que ahora sea oportuno corregir esa situación. Durante el ciclo Otoño-Invierno 96-97, se condujeron 26 siembras semicomerciales de 3 a 5 ha de maíz bajo riego, como segundo cultivo, en siete estados de la región Sur-Sureste, para evaluar cuatro Fórmulas Tecnológicas de Producción de Maíz (FTM): (1) híbridos H-512, H-513 y H-515 del INIFAP, que se nombra H-INIFAP; (2) variedades de polinización libre del INIFAP VS-535, VS-536, V-528 y V-532, que se nombra VPL-INIFAP; (3) 21 híbridos de las empresas Ceres, Asgrow, Pioneer, Dekalb y Cargill que se nombra H-ECS; y (4) la suma de las tres FTM antes definidas, para integrar la FTM-Global. El manejo agronómico del cultivo y el del agua de riego se basó en la tecnología recomendada por el INIFAP para el ciclo P-V. En este documento se analiza su comportamiento económico. En los costos de producción por tonelada de grano, el costo fijo incluyó la renta de la tierra, las labranzas primaria y secundaria, el costo de la operación de siembra; se consideró un costo financiero igual al de los Certificados de la Tesorería (Cetes) más 2 puntos porcentuales; y un costo por seguro equivalente a 9 % del capital. Los costos variables fueron los de la semilla y de la cosecha con dos variantes manual y mecanizada. Para cosecha manual, los costos de producción por tonelada y el ingreso neto por hectárea fueron: \$ 1248 y \$ 1303 (pesos de 1997) para la FTM-Global (N=186); \$ 1023 y \$ 2512 para H-INIFAP (N=36); \$ 1320 y \$ 1009 para H-ECS; y \$ 1252 y \$ 1063 para VPL-INIFAP (N=43). Para un precio de venta de \$ 1300/t más \$ 540/ha por subsidio PROCAMPO, con cosecha manual, el perfil de ganancia fue: 48 % de las observaciones de FTM-Global tuvo pérdida o ganancia pobre y 52 % tuvo una ganancia atractiva o sobresaliente. Los perfiles de ganancias para las demás FTM fueron 23 % a 77 % para H-

INIFAP; 57 % a 43 % para H-ECS; y 54 % a 46 % para VPL-INIFAP. El cambio a cosecha mecanizada se asocia con perfiles de ganancia de 14 % a 86 % para H-INIFAP; 46 % a 54 % para H-ECS; 36 % a 64 % para VPL-INIFAP; y 38 % a 62 % para FTM-Global. La Fórmula Tecnológica H-INIFAP claramente supera a las otras fórmulas.

**Palabras clave adicionales:** Costos por tonelada de grano; tasas de ganancia del capital; híbridos y variedades de polinización libre del INIFAP; híbridos de empresas comercializadoras de semillas.

#### SUMMARY

Over two million farmland hectares remain idle during the Fall-Winter "dry" season in Southeastern Mexico every year, where irrigation infrastructure is scarce. The growing national deficit in food production might change public policies concerning investment on irrigation projects in the near future. Twenty-six 3 to 5 ha fields of irrigated maize as a second crop were established in the Fall-Winter season in six southeastern states. Four maize technological formulae (FTM), were evaluated: (1) H-INIFAP, with hybrids H-512, H513 and H-515; (2) VPL-INIFAP, included open pollinated varieties VS-535, VS-536, V-528 and V-532; (3) H-ECS included 21 hybrids of the Ceres, Asgrow, Cargill, Dekalb and Pioneer seed companies; and (4) FTM-Global comprehended the sum of the three previously defined FTM. Agronomic and irrigation practices followed INIFAP's locally defined technology. The economic performance is analyzed in the present publication. Fixed production costs per metric ton were composed of land rent and costs of tillage, seeding operation, agrochemicals, irrigation, and labor; financial costs of capital were equal to those of Government Treasury bonds plus two percentage points; insurance cost was equal to 9 % of working capital. Seed and harvest expenditures were considered as variable costs. Harvest costs were considered for both manual and mechanized operations. For manual harvest, production costs per metric ton and net profit were respectively equal to \$ 1248 and \$ 1303 (pesos of 1997) for FTM-Global (N=186 yield observations);

\$1023 and \$ 2512, for H-INIFAP (N=36); \$ 1320 and \$ 1009, for H-ECS (N=107); and \$ 1252 and \$1063, for VPL-INIFAP (N=43). For an assumed \$ 1300 price per metric ton of grain plus a \$ 540/ha government subsidy, the "net gain profile" for FTM-Global was as follows: 48 % of the observations had either a loss or a poor profit, while 52 % had profits that ranked from attractive to very high. Net profit profiles for other FTM's were 23 % to 77 % for H-INIFAP; 57 % to 43 % for H-ECS; and 54 % to 46 % for VPL-INIFAP. Net profit profiles for mechanized harvest were 14 % to 86 % for H-INIFAP; 46 % to 54 % for H-ECS; 35 % to 65 % for VPL-INIFAP; and 38 % to 62 % for FTM-Global. When compared with other technological formulas, H-INIFAP has a superior economic performance.

**Additional index words:** Production costs per metric ton; rates of profit; INIFAP hybrids and open pollinated varieties; Seed company hybrids.

## INTRODUCCIÓN

Más de dos millones de hectáreas de labor permanecen ociosas durante el ciclo Otoño-Invierno (O-I) en el Sur-Sureste del país, debido a la escasa disponibilidad estacional de agua de lluvia y al escaso desarrollo de la infraestructura de riego (SAGAR, 1995). Sin embargo, 63 % del recurso nacional de agua dulce se ubica en esta región, integrada por los Estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca y Guerrero (SRH, 1976). En el ciclo O-I 96-97, se efectuaron 26 siembras semicomerciales de maíz, en seis estados del Sur-Sureste, para cotejar las hipótesis de que: (1) se dispone de tecnología para producir rentablemente maíz de riego, como segundo cultivo en la región, con un rendimiento regional promedio de por lo menos 6 t/ha; y (2) no hay diferencias en el desempeño de los materiales genéticos de maíz disponibles en el mercado regional de semillas mejoradas.

En el primero de una serie de artículos (Turrent *et al.*, 1998) se analiza el desempeño de cuatro fórmulas tecnológicas de producción de maíz (FTM) en términos del rendimiento de grano: híbridos del INIFAP (H-INIFAP); variedades de polinización libre del INIFAP (VPL-INIFAP); híbridos de las empresas comercializadoras de semillas (H-ECS); y FTM-Global, que es la integración de los tres tipos de materiales. La FTM H-INIFAP se constituyó por los híbridos H-512, H-513 y H-515; la VPL-INIFAP incluyó a VS-535, VS-536, V-528 y V-532; la H-ECS incluyó a 21 híbridos de las empresas Ceres, Asgrow, Dekalb, Pioneer y Cargill, los más comprados por los productores locales. Se encontró que la H-INIFAP superó a las otras en por lo menos uno de dos criterios: rendimiento promedio mayor de 6 t/ha y mínimas varianzas intra e inter-localidad. En este artículo se analizan los desempeños económicos de las cuatro FTM citadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron 26 siembras semicomerciales de tres a cinco hectáreas de maíz bajo riego, como segundo cultivo, en seis estados del Sur-Sureste. Se siguió el manejo agronómico recomendado por el INIFAP localmente. La lista de localidades, el resumen de manejo agronómico y la lista de materiales genéticos de maíz empleados, se presentan en el primero de esta serie de artículos (Turrent *et al.*, 1998).

Se recabaron los costos de producción de maíz de riego en cada localidad. Para su análisis económico, se consideró como costo fijo lo siguiente: (1) la renta de la tierra; (2) el costo de las labranzas primaria y secundaria; (3) el costo de la operación de la siembra; (4) el costo de los insumos agroquímicos y de su aplicación; y (5) los costos directos del agua de riego y su aplicación. En los conceptos (2) a (5) se incluyó un costo financiero igual al de los Cetes (18.6 % anual) más 2 puntos porcentuales (equivalente a 1.6 % al mes), de la siguiente manera: labranza por seis meses, siembra por cinco meses, y agroquímicos por 4.5 meses. Los resultados se expresan en pesos de 1997.

La renta de la tierra con riego fluctuó en la región desde \$ 1500/ha/ciclo O-I (que incluye \$ 540 por PRO-CAMPO) en la Fraylesca, Chis., hasta \$ 540 en Chetumal, Q. Roo y en Balancán, Tab. Esta variación corresponde a la intensidad de uso de la tierra de riego y a su productividad, en el ciclo O-I. Se tomó la decisión arbitraria de asignar el monto de \$ 1000/ha/ciclo O-I en la región. Los costos fijos por hectárea de maíz fluctuaron desde \$ 4161 en Escárcega, Cam. hasta \$ 5731/ha en Jiquipilas, Chis.<sup>(1)</sup>

Se consideró a los costos de la semilla y de la cosecha como costos variables. Hay diferencias en los precios de venta de los híbridos del INIFAP y de sus variedades de polinización libre, y también de los híbridos de las empresas comercializadoras de semillas (López Pereira y García, 1997). El precio comercial de la semilla se afectó del costo financiero por cinco meses. Ambos costos, el fijo y el de la semilla fueron incrementados en 9 %, para así incluir el costo del seguro agrícola. Los costos

<sup>(1)</sup> Los costos fijos son: \$ 5731 en Jiquipilas, Chis., Ayím, Yuc., y Campo Experimental Zona Henequenera (INIFAP), Yuc.; \$ 4982 en Villaflores, Chis., Chiapa de Corzo, Chis., y en las cinco localidades de Gto.; \$ 4161 en Escárcega, Camp.; \$ 4352 en Felipe Carrillo Puerto, Cam.; \$ 4450 en Melchor Ocampo, Camp.; \$ 5156 en Tenabo, Camp.; \$ 5529 en Chunhuhub, Q. Roo; \$ 4321 en Piedras Negras, Ver., Mata de Agua, Ver., S. Diego B., Yuc., Lázaro Cárdenas, Yuc., JLP no. 10 en Yuc., JLP no. 12 en Yuc., Benito Juárez, Yuc., Mex. No. 1 Yuc., y Xul-Há, Yuc.

de las semillas fueron: \$ 70.8/ha para las variedades de polinización libre del INIFAP (precio de \$ 180/bolsa para ser usado sin reposición durante cinco ciclos, más \$ 30/ciclo como valor de la semilla cosechada, más el costo del seguro, más los intereses); \$ 354.0/ha para H-512 (cruza doble del INIFAP) y H-515 (cruza trilineal del INIFAP); \$ 472.0/ha para el H-513 (cruza simple del INIFAP); \$ 566.4/ha para los híbridos de las empresas comerciales.

El costo de la cosecha depende de que ésta sea manual o mecanizada, y del rendimiento. Para contabilizar a ambos, se realizó una encuesta en la región y se ajustaron ecuaciones cuadráticas (para la cosecha manual y para la mecanizada), para asociar al rendimiento con el costo de la cosecha.

Las ecuaciones del costo de la cosecha (pizca, acarreo, desgranado y envasado) son las siguientes:

$$CCMH = 599 + 124.75 (REN-2) + 3.2500 (REN-2)^2 \quad \text{----- Cosecha manual}$$

$$CCCH = 495 + 65.278 (REN-2) + 0.5556 (REN-2)^2 \quad \text{--- Cosecha mecanizada}$$

CCMH<sup>(2)</sup> es el costo de la cosecha manual, en moneda nacional por hectárea; CCCH es el costo de la cosecha mecanizada, en moneda nacional por hectárea. La variable independiente REN representa al rendimiento en t/ha. Se usa la variable (REN-2) como desviación de 2 t/ha, para que los parámetros ordenada al origen, pendiente y curvatura correspondan al rendimiento de 2 t/ha. En este punto del espacio de la variable REN, el costo por tonelada cosechada manualmente es igual a la ordenada al origen: \$ 599/ha, la pendiente es de \$ 124.75/t y la curvatura es de \$ 3.25/t<sup>2</sup> (cosecha manual). Los costos comparativos entre ambos métodos de cosecha, se presentan en el Cuadro 1.

<sup>(2)</sup> Lo que aquí se nombra cosecha manual es en realidad una mezcla de operaciones manuales y mecanizadas. La encuesta sobre costos de cosecha muestra que típicamente, se pizca "a mano" y se maquila el desgranado de manera semiestacionaria (un tractor arrastra y activa con banda a una desgranadora). En la Fraylesca, Chis., la desgranadora recibe mazorca con "totomoxtle" o brácteas de la mazorca. En el resto de la región prevalecen desgranadoras que procesan mazorca sin "totomoxtle". El costo de la mano de obra para la pizca es sustancialmente menor cuando se cosecha sin eliminar el "totomoxtle". Se encontraron maquiladoras de cosecha con combinada en Comitán, Chis. y en Ayím, Yuc. La cosecha con combinada (o cosecha mecanizada) sería más apropiada en el ciclo O-I que en el ciclo P-V en el Sur-Sureste, al prevalecer un ambiente seco durante los meses de abril y mayo, en que se cosecha el ciclo O-I; no así en los meses de noviembre y diciembre, en los que se cosecha el ciclo P-V.

Cuadro 1. Costos de cosecha de grano por tonelada, para los métodos de cosecha manual y mecanizado.

Rendimiento t/ha	Costo por tonelada Según tipo de cosecha	
	Manual MN <sup>1</sup>	Mecanizada MN
2	299.5	247.5
4	215.4	156.9
6	191.7	127.5
8	183.1	113.3
10	180.5	105.5

<sup>1</sup> Pesos de 1997 en moneda nacional. Se incluye el costo financiero de un mes.

No se asigna valor al rastrojo de maíz, por ser éste muy bajo en la región. La manufactura de pacas y su exportación a otras regiones del país, parecería impráctico. Sin embargo, es posible que surgiera la ganadería familiar semiintensiva en lo futuro, y si fuera como la que se practica en el Altiplano del país, demandaría ese forraje. En esa etapa, el valor del rastrojo de maíz podría financiar el costo de la cosecha del grano. Vale también advertir que no se incluyó dentro del costo fijo a la amortización de la inversión requerida para instalar nueva infraestructura de riego. Los costos por riego que sí se incluyeron, sólo consideran a los costos operativos directos.

En este estudio se usó el costo de producción por tonelada de grano (CPT), como variable clave para juzgar la rentabilidad del cultivo de maíz para grano. Se realizó el cálculo de ese costo de producción por tonelada en cada una de las 186 observaciones de rendimiento, según las variantes de cosecha manual y mecanizada. En el Cuadro 2, se presentan las implicaciones financieras de nueve costos por tonelada de grano de referencia, bajo los siguientes supuestos: (a) el precio de venta del grano en la parcela es de \$ 1300/t; (b) la disponibilidad del subsidio PROCAMPO (\$ 540/ha); y (c) ambos métodos de cosecha, manual y mecanizada. La aplicación de los criterios definidos en el Cuadro 2 a la población de observaciones de una fórmula tecnológica, permitiría definir su "perfil de rentabilidad financiera", según el método de cosecha. El perfil de rentabilidad de una fórmula tecnológica de maíz (PRFTM) estaría dado por la frecuencia de observaciones comprendida entre ciertos costos de producción de referencia (CPR) arbitrarios.

Si el CPT de una Fórmula Tecnológica de Maíz en una localidad particular fuera igual o mayor a CPR = \$ 1430/t, la implicación financiera sería de *pérdida*. Las observaciones cuyos costos de producción por tonelada estuvieran comprendidas entre CPR = \$1430/t y CPR

= \$ 1100/t se calificarían como de *ganancia pobre*; las observaciones con costos de producción comprendidas entre  $CPR = \$ 1200/t$  y  $CPR = \$ 900/t$  se calificarían como de *ganancia atractiva*; las observaciones con  $CPR$  menores de \$ 900/t se calificarían como de *ganancia sobresaliente*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se muestra el detalle de los costos de producción por tonelada de grano de maíz bajo riego, cosechado manualmente, según tres FTM: H-INIFAP, VPL-INIFAP, y H-ECS. El conjunto corresponde a la FTM-Global. En la localidad Y1 (Ayim, Edo. Yucatán) hay 14 materiales genéticos de maíz; de éstos, tres corresponden a H-INIFAP, tres a VPL-INIFAP y ocho a H-ECS. Los costos de producción por tonelada (CPT) con cosecha manual en H-INIFAP varían entre \$ 829/t y \$ 896/t; los CPT para VPL-INIFAP varían entre \$ 1144/t y \$ 1431/t, en tanto que para H-ECS los CPT varían entre \$ 812/t y \$ 2508/t. Tal es la variación intra-localidad de los CPT. Esta variación muestra el precio para el agricultor, de seleccionar una de las tres FTM y un material específico dentro de esa FTM. El Cuadro 3 también permite apreciar el orden de magnitud de la varianza inter-localidad en CPT, asociada a los materiales genéticos de manera individual y a las FTM.

En la Figura 1 se muestra la asociación general entre los rendimientos observados y los costos CPT para el método de cosecha manual. En esta gráfica aparecen

juntas tres FTM en 26 localidades: 36 observaciones de H-INIFAP, 43 de VPL-INIFAP, y 107 de H-ECS. Se ajustó un modelo Cobb-Douglas por técnica de regresión a las observaciones de la Figura 1, resultando la siguiente expresión:

$$CCMa = 4383 \times REN^{-0.79165} \quad (1)$$

En esta ecuación,  $CCMa$  es el costo de producción por tonelada con cosecha manual, que se expresa en MN/t;  $REN$  es la variable independiente rendimiento y se expresa en toneladas por hectárea. En su expresión logarítmica base 10, la variable  $REN$  explica 89.7 % de la variación de  $CCMa$ . El valor de  $F$  calculada es 1590.45, con probabilidad a 0.0001 de error tipo I; hay 184 grados de libertad para el error experimental. Esta función aparece en la Figura 1. La ecuación presentada se usó en el cálculo de los Rendimientos Equivalentes para cosecha manual que aparecen en el Cuadro 2.

En el Cuadro 4 se presentan las frecuencias relativas acumuladas (FRA) de los CPT cosechados manualmente, usando como base la información del Cuadro 3. Se aprecia en la base del Cuadro 4, que el CPT promedio para FTM-Global es de \$ 1248/t; \$ 1023/t para H-INIFAP; \$ 1320/t para H-ECS; y \$ 1252/t para VPL-INIFAP. El CPT asociado a H-ECS supera en 29 % al CPT asociado

Cuadro 2. Implicaciones económicas de nueve niveles de costo de producción de la tonelada de grano de maíz, para cosechas manual y mecanizada.

CPR <sup>1</sup> MN/t	Rendimiento equivalente <sup>2</sup>		Ingreso neto semestral <sup>3</sup>		Ganancia mensual del capital <sup>4</sup>			Calificación
	C. Manual t/ha	C. Mecan. MN/ha	C. Manual	C. Mecan.	C. Manual	C. Mecan.		
1430	4.12	3.88	4	36	0	0		Punto de equil. <sup>5</sup>
1400	4.25	4.01	117	139	0	0.04		Muy pobre
1300	4.64	4.37	540	540	1.40	1.45		Pobre
1200	5.14	4.80	1054	1020	2.70	2.70		Baja
1100	5.73	5.32	1686	1604	4.00	4.00		Buena
1000	6.47	5.96	2481	2528	5.60	5.70		Muy buena
900	7.39	6.75	3496	3240	7.30	7.39		Alta
800	8.58	7.75	4530	4415	9.29	9.38		Muy alta
700	10.15	9.08	6630	5988	11.61	11.70		Sobresaliente

<sup>1</sup> CPR significa costo de producción de referencia, en pesos constantes de 1997.

<sup>2</sup> Los rendimientos equivalentes a cada costo de producción por tonelada para las cosechas manual y mecanizada se documentan en el capítulo de Resultados y Discusión.

<sup>3</sup> Ingreso neto para cada método de cosecha se calculó restándose el costo de producción al ingreso bruto (\$ 1300 x rendimiento equivalente más \$ 540 por PROCAMPO).

<sup>4</sup> La ganancia mensual del capital se calculó a partir del cociente entre el ingreso neto y el costo de producción por hectárea. Se usó la fórmula del interés compuesto para seis meses.

<sup>5</sup> Punto de equilibrio o de ganancia nula.

**TURRENT, GÓMEZ, SIERRA, AVELDAÑO Y MORENO**

*Cuadro 3. Costos de producción por tonelada de grano de maíz de 29 materiales genéticos, cosechados manualmente en 26 localidades.*

Germoplasma	Costos de producción por tonelada de maíz bajo riego en las localidades													
	G1 <sup>1</sup>	G2	G3	G4	G5	O1	V1	V2	CH1	CH2	CH3	Y1	Y2	Y3
Pesos (M.N.) de 1997														
Fórmula Tecnológica H-INIFAP														
H-512						900	1203					896	903	
H-513						885	965					844	858	1215
G-515	992	1095	985	789	1407	1130		1087	1171	993	825	829	865	1443
Fórmula Tecnológica VPL-INIFAP														
VS-536						1327	931	1247	1159	917	1004	1144	1073	1255
VS-535								1031	907	990				
V-528												1250	1255	1605
V-532												1431		1180
V-531						1476			1126	1047	1354			
Fórmula tecnológica H ECS														
Ciclón		1049				1008	1003					959	1399	2139
Tornado							1091	1094	981	1042		929	979	1931
Trueno							1168					1730	1794	1713
Huracán							1293					1043	1140	966
Centella												1147	1034	1375
P3086		1189						1476						
P3001						1334		1156						
P3002		974	808											
P3010			794											
P3025			756											
P3028		1199												
P3288			780	2385										
P1405			833											
A775												1794	1375	1931
C343												812	906	1036
C520												2508	1713	1199
D856	1035		875	1482										
D880	1124		1189		1908		971	1201						
D891							923	1237						
D810			1507	825	1730		1022	1275						
D963			1255											
N	3	1	8	8	5	4	7	12	6	5	5	14	13	13

<sup>1</sup> G es Guerrero, G1 localidad Ajuchitlán 1; G2 es Ajuchitlán 2; G3 es Ajuchitlán 3; G4 es Iguala; G5 es Copala; O es Estado de Oaxaca, O1 es Costa de Oaxaca; V es Estado de Veracruz, V1 es Piedras Negras, V2 es Mata de Agua; CH es Estado de Chiapas, CH1 es Jiquipilas, CH2 es Chiapa de Corzo y CH3 es Villaflorres; Y es Estado de Yucatán, Y1 es Ayím, Y2 es San diego B., Y3 es Lázaro Cárdenas.

**POTENCIAL PRODUCTIVO ACTUAL DE MAÍZ EN EL SURESTE**

*Cuadro 3. Continuación.*

Germoplasma	Costos de producción por tonelada de maíz bajo riego en las localidades												
	Y4 <sup>1</sup>	Y5	Y6	Y7	Y8	QR1	QR2	QR3	C1	C2	C3	C4	N <sup>2</sup>
	Pesos (M.N.) de 1997												
Fórmula tecnológica H-INIFAP													
H-512	960											5	
H-513	826	941		927	1327	1286		1264	901	995	1090	978	15
G-515	858	903	1218									16	
Fórmula Tecnológica VPL-INIFAP													
VS-536	1490	988	1303	1277	1628		1104	1677	948	1143	1103	1093	20
VS-535													3
V-528	1209	1066	1213		1268		1479	2209					9
V-532	1074	889	1259				1311	2237					7
V-531													4
Fórmula tecnológica H-ECS													
Ciclón	1285	932						1337	1814	1752	2024	12	
Tornado	1176	812											9
Trueno	1574	1528						1367	1676	1617	1966	10	
Huracán	1069	785											6
Centella	1506	1093											5
P3086								1055			1479	4	
P3001								1039			1256	4	
P3002													2
P3010													1
P3025													1
P3028													1
P3288													2
P1405													1
A775	1219	1047	1565					1337	1723	1660	1966	10	
C343	991	786	1225					1071	1413	1618	1336	10	
C520	1586	1223						1210	1479	1803	1574	9	
D856								1499	1723	1705	1814	7	
D880													5
D891													2
D810													5
D963													1
N	14	13	6	2	3	1	3	4	10	8	8	10	186

<sup>1</sup> Y es el Estado de Yucatán, Y4 es localidad JPL 10; Y5 en JPL 12, Y6 es Campo Experimental Zona Henequenera INIFAP, Y7 es México 1, Y es Benito Juárez; QR es el Estado de Quintana roo, QR1 Chumhuhub, QR2 es Tampak, QR3 es Xul-Há; C es el Estado de Campeche, C1 es Escárcega, C2 es Champotón, C3 es Campeche, C4 es Tenabo.

<sup>2</sup> N es el número de observaciones de cada material genético. El total es 186.

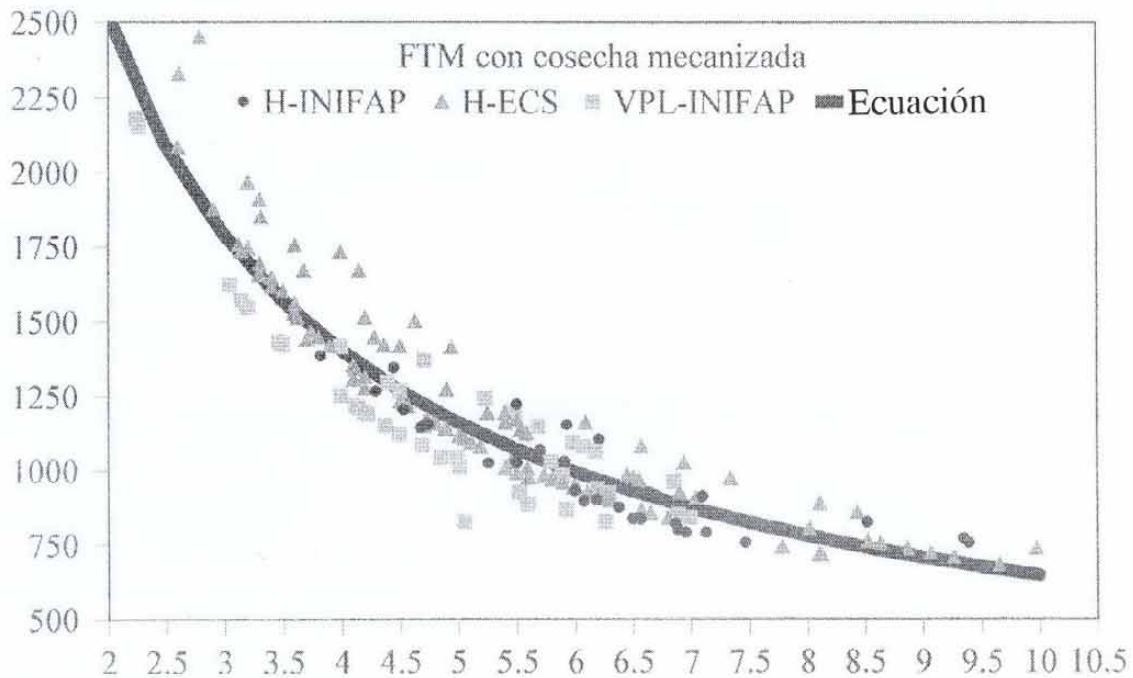


Figura 1. Relación entre el rendimiento de grano de maíz y el costo de producción por tonelada bajo cosecha manual, para cuatro fórmulas tecnológicas de maíz. Se incluye a la curva de la ecuación (1).

a H-INIFAP. Tal diferencia se explica más por la diferencia en rendimientos promedio (Turrent *et al.*, 1998) que por el costo de la semilla. La FTM H-INIFAP rindió en promedio 6.41 t/ha, mientras que H-ECS rindió en promedio 5.20 t/ha.

Cuadro 4. Frecuencias relativas acumuladas (FRA) de los costos de producción por tonelada, para cuatro fórmulas tecnológicas, bajo cosecha manual.

CPR <sup>1</sup>	FRA de Costos de producción menores en FTM			
	Global	H-INIFAP	H-ECS	VPL-INIFAP
MN/t				
1430	0.7391	0.9714	0.6262	0.8049
1400	0.7228	0.9429	0.6226	0.7805
1300	0.6630	0.9142	0.5566	0.6829
1200	0.5163	0.7714	0.4340	0.4634
1100	0.4130	0.7143	0.3585	0.3171
1000	0.2772	0.6286	0.2075	0.1707
900	0.1250	0.3143	0.1038	0.0244
800	0.0326	0.0286	0.0472	0
N	186	36	107	43
Promedios (MN/t)	1248	1023	1320	1252

<sup>1</sup> CPR significa costos de producción de referencia.

A partir de los Cuadros 2 y 4, se obtuvieron los perfiles de rentabilidad financiera para las fórmulas tecnológicas de maíz, cosechado manualmente. Para FTM Global: 26.1 % - 22.3 % - 39.1 % - 12.5 % (26.1 % con pérdida, 22.3 % con ganancia pobre, 39.1% con ganancia atractiva, y 12.5 % con ganancia sobresaliente); para H-INIFAP: 2.9 % - 20.0 % - 45.7 % - 31.4 %; para H-ECS: 37.4 % - 19.2 % - 33.0 % - 10.4 %; para VPL-INIFAP: 19.5 % - 34.2 % - 43.9 % - 2.4 %. En el Cuadro 5 se presentan las frecuencias relativas acumuladas de los ingresos netos por hectárea, según ocho categorías de ingreso, asociados con las cuatro FTM, para la cosecha manual. Los ingresos netos promedian \$ 1303/ha para FTM-Global; \$ 2512/ha para H-INIFAP; \$ 1009 para H-ECS, y \$ 1063/ha para VPL-INIFAP.

En el Cuadro 6, se presentan los componentes de varianza intra e interlocalidad del costo de producción por tonelada para las cuatro FTM. Estos componentes de varianza miden el grado de confiabilidad de las FTM: de dos de ellas asociadas al mismo CPT, la que se asociaría con menores varianzas intra e interlocalidad sería más

## POTENCIAL PRODUCTIVO ACTUAL DE MAÍZ EN EL SURESTE

*Cuadro 5. Frecuencias relativas acumuladas (FRA) del ingreso neto por hectárea de cuatro fórmulas tecnológicas de maíz con cosecha manual.*

Ingreso neto	FRA de ingresos netos/ha mayores en las FTM			
de referencia	Global	H-INIFAP	H-ECS	VPL-INIFAP
(MN/ha)				
-1500	0.9568	1.000	0.9444	0.9524
-1000	0.9027	1.000	0.8491	0.9524
-500	0.8324	1.000	0.7358	0.9286
0	0.7405	0.9714	0.6509	0.7857
500	0.6703	0.9143	0.5660	0.7143
1000	0.5351	0.8286	0.4528	0.5000
1500	0.4432	0.7429	0.3679	0.3571
2000	0.3514	0.6286	0.3019	0.2381
3000	0.1784	0.4000	0.1415	0.0714
4000	0.0811	0.1429	0.0943	0
5000	0.0108	0.0286	0.0377	0
5500	0.0054	0	0.0094	0
Medias	1303	2512	1009	1063
/MN/ha)				

confiable. La mayor varianza (intra o interlocalidad) reflejaría mayor contraste entre extremos, es decir, mayor frecuencia de altos y bajos CPT dentro de la región; en resumen, la mayor varianza se asociaría con mayor frecuencia de productores que operarían con pérdida. Los cuatro criterios que se han usado para comparar las FTM: perfil de rentabilidad financiera, CPT, ingreso neto y varianzas intra e interlocalidad, muestran la superioridad de H-INIFAP sobre H-ECS y VPL-INIFAP. Sin embargo, al examinar individualmente los comportamientos de los materiales genéticos, resaltan algunos híbridos de H-ECS que muestran comportamientos competitivos de acuerdo con sus CPT. Desgraciadamente, no se sembraron todos aquellos en suficientes localidades, lo que impide su comparación plena e inferencia respecto a la región de estudio. En el Cuadro 7 se comparan solamente a aquellos materiales genéticos que fueron sembrados por lo menos en 9 de las 26 localidades experimentales. La comparación se basa en el CPT, en la varianza interlocalidad y en la probabilidad de lograr CPT superiores a \$ 1430/t.

El Cuadro 7 muestra que los híbridos del INIFAP H-513 y H-515 se asocian con menores CPT promedio y con menor probabilidad de que el CPT supere a \$ 1430/t (punto de equilibrio para la cosecha manual, Cuadro 2). Los materiales C-343 de Cargill y Tornado de Ceres ocupan el 3º y 4º lugares. La variedad sintética del INIFAP VS-536, aún siendo de polinización libre, superó a los materiales genéticos Ciclón, A-775 y C-520 en cuanto a su desempeño financiero, en este estudio.

*Cuadro 6. Componentes de la variación observada en el costo de producción por tonelada en cuatro fórmulas tecnológicas con cosecha manual.*

Fórmula tecnológica	Varianzas	GL	Cuadrado medio	F calculada <sup>1</sup>
			(MN/t) <sup>2</sup>	
H-INIFAP	Intra	11	6235.8636	1.00
	Inter	24	43100.8079	1.00
	Combinada	35	31514.3286	1.00
H-ECS	Intra	87	85034.6790	13.636**
	Inter	19	399965.7852	9.280**
	Combinada	106	141484.5943	4.499**
VPL-INIFAP	Intra	23	31442.1377	5.042**
	Inter	19	152389.9337	3.536**
	Combinada	42	86156.6168	1.809*
FTM-Global	Intra	160	77944.7097	12.499**
	Inter	25	386284.7541	8.962**
	Combinada	185	119612.2833	3.795*

<sup>1</sup> En el cálculo de F se puso en el denominador al cuadro medio de H-INIFAP correspondiente \*\* indica significancia al 1 %; \* al 5 %.

Como se aprecia en el capítulo de Materiales y Métodos, la diferencia en el costo de la cosecha es sustantiva, según que ella fuera manual o mecanizada. Hasta aquí se ha hecho el análisis que presupone a la cosecha manual, dada la situación de disponibilidad alta de mano de obra y baja de equipo, que prevalece en la región estudiada. A continuación hemos de añadir el efecto del tipo de cosecha al análisis del desempeño financiero.

Es necesario advertir que el método de cosecha no fue un tratamiento experimental en este estudio, sino un supuesto para el cálculo de los costos de producción. Sabemos que la eficiencia de la cosecha puede estar asociada al método de cosecha: la cosecha manual es más cara, pero podría rendir una mayor eficiencia de cosecha<sup>3</sup> que el método mecanizado. Sin tal evidencia, habremos de adoptar el supuesto gratuito de independencia entre el método de cosecha y la eficiencia de cosecha.

Por razones de espacio se omite presentar el cuadro homólogo del Cuadro 3, correspondiendo aquél al método de cosecha mecanizada. La ecuación empírica entre el rendimiento y el costo por tonelada en cosecha mecanizada es la siguiente:

$$CPTMe = 4542 \times REN^{-0.84780} \quad (2)$$

<sup>3</sup> Es la relación entre la cantidad de grano cosechado y la cantidad de grano existente en el campo. Las plantas acamadas, mazorcas pequeñas, húmedas, tiradas al suelo, etc. podrían no ser recolectadas por la combinada.

Cuadro 7. Promedios de los costos de producción por tonelada, varianzas inter-localidad y probabilidad de pérdida financiera en materiales genéticos de maíz sembrados en por lo menos nueve localidades. Cosecha manual.

Material genético de maíz	N <sup>2</sup>	Costo de producción por tonelada		
		Media	Varianza	Probabilidad de pérdida financiera <sup>1</sup>
		MN/t	(MN/t) <sup>2</sup>	%
INIFAP H-513	15	1020	29643.6952	1.0
INIFAP H-515	16	1037	40194.9167	2.5
Cargill C-343	10	1109	70613.8222	11.3
Ceres Tornado	9	1115	104847.5000	16.6
INIFAP VS-536	20	1190	46459.1579	12.9
Cereos Ciclón	12	1392	190468.5682	46.4
INIFAP V-528	9	1395	118308.3611	46.0
Asgrow A-775	10	1562	95244.6778	66.6
Cargill C520	9	1588	168470.0000	65.2
Ceres Trueno	10	1613	50258.9000	79.4

<sup>1</sup> En el cálculo de la probabilidad de pérdida financiera se supuso distribución normal en los CPT, usando \$ 1430 como costo de producción para el punto de ingreso neto nulo. A ese valor se restó la media y se dividió entre la desviación estándar (Snedecor, 1956).

<sup>2</sup> N es el número de localidades.

En la ecuación (2), CPTMe es el costo de producción por tonelada, bajo cosecha mecanizada, que se expresa en MN/t; REN es la variable independiente rendimiento, en t/ha. En su expresión logarítmica de base 10, la variable rendimiento explica 90.2 % de la variación de la variable dependiente CPTMe. El valor de F calculada es 1677 con probabilidad asociada de 0.0001 de cometer error tipo I. El error se estima con 184 grados de libertad. En la Figura 2 se presenta la función que corresponde a la ecuación empírica (2). Los costos de producción por tonelada bajo cosecha mecanizada son inferiores a los correspondientes a la cosecha manual, cualesquiera que sean los rendimientos observados. La validez de esta observación se apoya en el supuesto de independencia entre la eficiencia de cosecha y el método de cosecha.

La ecuación (2) se usó para el cálculo de los rendimientos equivalentes a los costos de referencia para cosecha mecanizada, que aparecen en el Cuadro 2. Por la misma razón que se cita en el párrafo anterior, al comparar los rendimientos equivalentes (RE) de ambos tipos de cosecha para cualquiera CPT de referencia en el Cuadro 2, resalta que el RE de cosecha mecanizada es consistentemente menor a su homólogo de cosecha manual. Esta diferencia indica que, al no ser los rendimientos afectados por el método de cosecha, los perfiles de rentabilidad financiera habrían de mejorar si se los compara con sus homólogos del método de cosecha manual.

En el Cuadro 8 se presentan las frecuencias relativas acumuladas de los CPT para las cuatro fórmulas tecnológicas de maíz en consideración. El perfil de rentabilidad financiera para FTM-Global bajo cosecha mecanizada, según definición del capítulo de Materiales y Métodos es: 15.8 % de las observaciones se asocian con pérdida, la frecuencia de ganancias pobres es de 21.7 %, la frecuencia de ganancias atractivas de 42.4 % y la de ganancias sobresalientes de 20.1 %. Este perfil de rentabilidad financiera ha de compararse con el homólogo de cosecha manual (Cuadro 4) que muestra el perfil 26.1 % - 22.3 % - 39.1 % - 12.5 %. La comparación muestra reducciones en las categorías de pérdida y de ganancia pobre e incremento de las categorías de ganancias atractiva y sobresaliente. Los CPT promedio son \$ 1181 para cosecha mecanizada y \$ 1248 para cosecha manual.

Cuadro 8. Frecuencias relativas acumuladas (FRA) de los costos de producción por tonelada mediante cosecha mecanizada, según cuatro fórmulas tecnológicas.

FRA de costos menores en cuatro FTM				
Costos de referencia	Global	H-INIFAP	H-ECS	VPL-INIFAP
MN/t				
1430	0.8424	1.000	0.7477	0.8810
1400	0.7500	1.000	0.6449	0.7857
1300	0.7065	0.9429	0.5981	0.7857
1200	0.6250	0.8571	0.5421	0.6429
1100	0.4754	0.7429	0.3925	0.4524
1000	0.3587	0.6286	0.3178	0.2381
900	0.2011	0.4571	0.1495	0.1190
800	0.0978	0.2571	0.0935	0
700	0.0054	0	0.0093	0
N	186	36	107	43
Medias (MN/t)	1181	935	1258	1191
Varianzas (MN/t) <sup>2</sup>		58821.5	144807.7	89319.1

En el caso de H-INIFAP los perfiles de rentabilidad financiera para la cosecha mecanizada son 0 % - 14.3 % - 40 % - 45.7 % que se comparan con los de la cosecha manual de 2.9 % - 20 % - 45.7 % - 31.4 %. Se aprecia que la ganancia en frecuencia relativa ocurre sólo en la categoría de las ganancias sobresalientes. Los CPT promedio son \$ 935 para cosecha mecanizada y \$ 1023 para cosecha manual.

Las FTM H-ECS y VPL-INIFAP en cosecha mecanizada se asocian también con mejorías en sus perfiles de rentabilidad cuando se las compara con la cosecha manual. Para H-ECS los perfiles son 25.2 % - 20.5 % - 39.3 % - 15 % para cosecha mecanizada y 37.3 % - 19.2 % - 33 % - 10.5 % en cosecha manual, en tanto que los CPT promedian \$ 1258 para cosecha mecanizada y \$ 1320 para cosecha manual. Para VPL-INIFAP las comparaciones son 11.9 % - 23.8 % - 52.4 % - 11.9 % bajo cosecha mecanizada y 19.5 % - 34.2 % - 43.9 % - 2.4 % bajo cosecha manual. Los CPT promedian \$ 1191 bajo cosecha mecanizada y \$ 1252 bajo cosecha manual.

Aparentemente, la mejoría que se logra con la cosecha mecanizada sobre la cosecha manual no implica, en los casos de FTM-Global, H-ECS y VPL-INIFAP, que la producción de maíz fuera atractiva. En el caso H-ECS hay 25.2 % de casos de pérdida, mientras que para VPL-INIFAP y FTM-Global las frecuencias de pérdida, aún con cosecha mecanizada, son respectivamente 11.9 % y 15.8 %. En el caso de H-INIFAP, desaparece la categoría de pérdida en el perfil de rentabilidad, con la cosecha mecanizada. Ha de resaltarse que el CPT promedio para H-INIFAP bajo cosecha mecanizada es apenas 74 % del valor correspondiente a H-ECS, 79 % respecto de FTM-Global y 78.5 % respecto de VPL-INIFAP.

Las evidencias presentadas indican una viabilidad tecnológica y financiera actual de la producción de maíz de riego en el ciclo O-I, que es de carácter heterogéneo. La tecnología disponible para los productores de maíz se desempeña de manera diferente según las cuatro fórmulas tecnológicas de estudio. En la actualidad, es claramente más rentable producir maíz bajo riego en el Sur-Sureste, sembrando los híbridos del INIFAP que la mayoría de los híbridos de las empresas comercializadoras de semillas. Es también de resaltarse la oportunidad de mejorar el desempeño económico a través de la adopción de la cosecha mecanizada, siempre que ésta mantuviera la eficiencia de cosecha del método manual. También se mejoraría el desempeño económico al incrementarse el rendimiento promedio asociado a las fórmulas tecnológicas estudiadas; en las Figuras 1 y 2 se aprecian la claras relaciones entre el rendimiento y el costo de producción por tonelada.

Los diferentes comportamientos financieros de las cuatro FTM consideradas en este estudio se explican más por los diferentes comportamientos agronómicos de los materiales involucrados que por los diferentes costos de adquisición de las semillas. El costo del insumo "semilla" representa apenas 6.2 % del costo de producción por tonelada de H-INIFAP, 8.3 % en H-ECS, y 1.2 % en

VPL-INIFAP. A esos valores se llega mediante un ejercicio aritmético en el que los rendimientos son de 6.41 t/ha para H-INIFAP; 5.20 t/ha para H-ECS; y 4.87 t/ha para VPL-INIFAP. (Turrent *et al.*, 1998), más los costos de semilla que se discuten en el capítulo de Materiales y Métodos y en el Cuadro 8 de este artículo. En esa misma referencia se muestra que los rendimientos medios y las varianzas intra e inter localidad, tienen desempeños paralelos a los observados en términos del desempeño económico en este trabajo: el rendimiento medio asociado a H-INIFAP supera en 1.2 t/ha al rendimiento medio de H-ECS, mientras que las varianzas intra-e inter-localidad son cuatro veces mayores para la segunda FTM.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio sugieren que la tecnología disponible para producir maíz bajo riego como segundo cultivo en el Sur-Sureste del país, permitiría aprovechar rentablemente sus dos o más millones de hectáreas de tierras de labor ociosas durante el ciclo Otoño-Invierno. El requisito es que las tierras fueran dotadas de infraestructura de riego.

Si para sembrar esa superficie se usarán indistintamente los materiales genéticos actualmente disponibles en el mercado de semillas y la cosecha se hiciera de manera manual, el costo promedio de producción sería de \$ 1248/t y el ingreso neto promediaría \$ 1303/ha; el perfil de rentabilidad sería como sigue: 26.1 % de los productores operarían con pérdida, 22.3 % recibiría ganancias pobres, 39.1 % operaría con ganancias atractivas y 12.5 % operaría con ganancias sobresalientes. Este panorama puede ser mejorado de manera sustantiva con la selección del mejor material genético de maíz y con el tipo de cosecha.

El desempeño económico de la fórmula tecnológica H-INIFAP integrada por los híbridos H-512, H-513 y H-515 (H-INIFAP) bajo riego en el ciclo Otoño-Invierno, supera de manera substantiva a los 21 híbridos de las empresas Pioneer, Ceres, Cargill, Dekalb y Asgrow, más extensamente vendidos en la región Sur-Sureste del país (H-ECS). El costo de producción promedio bajo cosecha manual para H-INIFAP es de \$ 1021/t, mientras que el ingreso neto promedia \$ 2512/ha. En el caso de H-ECS, el costo de producción es de \$ 1320/t y el ingreso neto es de \$ 1009/ha. Bajo cosecha manual, el perfil de rentabilidad financiera asociado a H-INIFAP es de 2.9 % de pérdida, 20 % de ganancia pobre, 45.7 % de ganancias atractivas y 31.4 % de ganancias sobresalientes. El perfil de rentabilidad asociado a H-ECS es 37.4 % - 19.2 % - 33 % - 10.4 %.

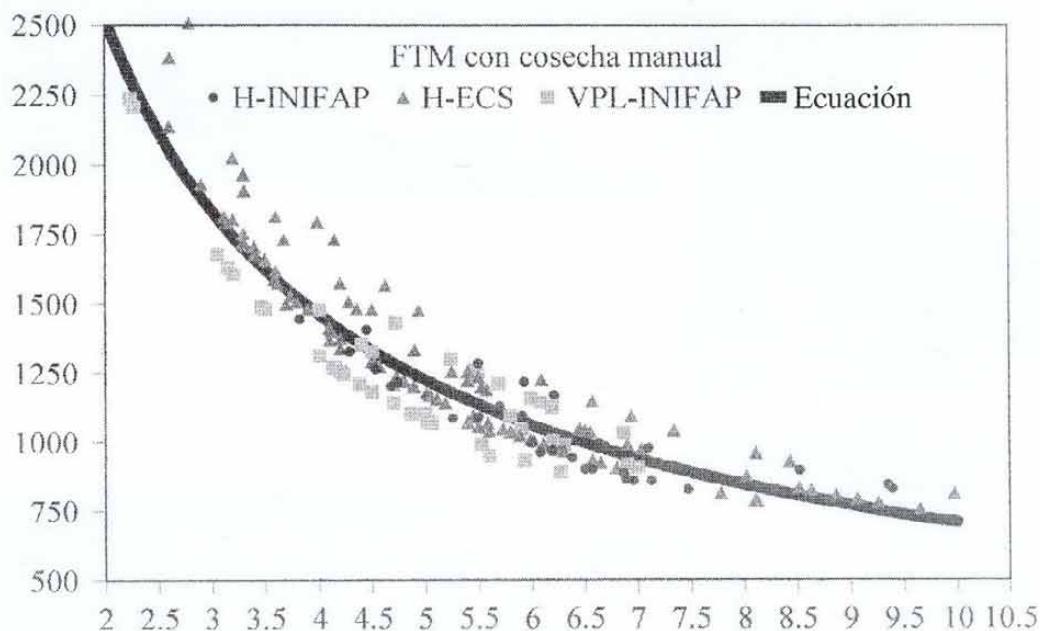


Figura 2. Relación entre el rendimiento de grano de maíz y el costo de producción por tonelada bajo cosecha mecanizada, para cuatro fórmulas tecnológicas de maíz. Se incluye a la curva de la ecuación (2).

El desempeño financiero de H-INIFAP mejora de manera sustantiva cuando la cosecha se realiza de manera mecanizada; el perfil de rentabilidad es: 0 % de pérdida, 14.3 % de ganancias pobres, 40 % de ganancias atractivas y 45.7 % de ganancias sobresalientes. La mejoría en rentabilidad derivada del cambio de cosecha manual a cosecha mecanizada aunque sustantiva, no logra hacer claramente atractiva a las FTM H-ECS o VPL-INIFAP. El perfil de rentabilidad para H-ECS en cosecha mecanizada es 25.2 % - 20.6 % - 39.3 % - 14.9 %. El perfil de rentabilidad para VPL-INIFAP es 11.9 % - 23.8 % - 52.4 % - 11.9 %.

## BIBLIOGRAFÍA

López-Pereira, M.A. and J.C. García. 1997. The Maize Seed Industries of Brazil and Mexico: Past Performance, Current Issues and Future Prospects. CIMMYT. Economics Working Paper 97-02. CIMMYT, México, D.F.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1995. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de Estadística Agropecuaria, SA GAR, México, D.F.

Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1976. Atlas del Agua de la República Mexicana. México, D.F.

Snedecor, G.W. 1956. Statistical Methods. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.

Turrent Fernández A., N. Gómez, M. Sierra, y R. Aveldaño. 1998. Potencial Productivo actual de Maíz (*Zea Mays L*) de riego en el Ciclo Otoño-Invierno en el Sureste de México. I. Rendimientos de grano de cuatro fórmulas genéticas de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 21(2):159-170.