

FACTORES QUE AFECTAN LA DEMANDA DE SEMILLA MEJORADA DE MAÍZ EN MÉXICO

FACTORS AFFECTING MARKET DEMAND OF CROP-IMPROVED CORN SEED IN MÉXICO

J. Alberto García-Salazar^{1*} y Eugenio Guzmán-Soria²

¹Posgrado en Economía, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Posgrado en Administración, Instituto Tecnológico de Celaya. Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n. 38010, Celaya, Guanajuato, México.

*Autor para correspondencia (jsalazar@colpos.mx)

RESUMEN

El conocimiento de los factores que determinan el aumento de la demanda y la tasa de utilización de semilla mejorada es importante por las ganancias que se pueden obtener en la productividad y en el bienestar de los productores de maíz (*Zea mays* L.). Con el objetivo de determinar los factores que afectan la demanda y la probabilidad de usar semilla mejorada de maíz en México, se estimó un modelo logit en donde la variable dependiente es el logit de la razón de probabilidades de usar semilla mejorada contra semilla criolla, y las variables independientes son el tamaño de predio, el ingreso y los precios de semilla mejorada, fertilizantes y plaguicidas. Los resultados indican que si el tamaño de predio y el ingreso por hectárea aumentan en 10 %, entonces la demanda y la probabilidad de usar semilla mejorada aumentan en 3.8 y 1.7 %, respectivamente. Una disminución de 10 % en el precio de la semilla mejorada aumentaría la demanda y la probabilidad de usar semilla mejorada en 3.7 %. Ante una disminución simultánea de 10 % en los precios de la semilla mejorada, del fertilizante y de los plaguicidas, la probabilidad de usar semilla mejorada aumentaría en 17.5 %. Estos resultados demuestran la importancia que tienen los insumos agrícolas como fuente de crecimiento en el uso de semilla mejorada y, por lo tanto, de la productividad por unidad de superficie.

Palabras clave: *Zea mays*, insumos agrícolas, modelo logit, probabilidad de usar semilla mejorada.

SUMMARY

It is important to identify the factors that increase the utilization rate and demand of improved seed; an informed choice by the corn (*Zea mays* L.) grower could turn into gains of productivity and welfare. A logit model provided the answer to this question. The logit model considered the logit of the probability ratio of improved seed use against alternative seed use as the dependent variable and production units size, income, improved seed price, fertilizers price and pesticide price as the independent variables. Results indicated that a 10 % increase in production unit size and income per hectare results in increased demand and probability of improved seed by 3.8 and 1.7 %, respectively. A 10 % decrease in the price of improved seed increases demand and probability of improved seed use by 3.7 %. A simultaneous 10 % in prices for improved seed, fertilizer and pesticides results in a 17.5 % increased probability of using improved seed. These results highlight the significant effect agricultural inputs possess on improved seed use and, therefore, in productivity.

Index words: *Zea mays*, agricultural inputs, logit model, probability of using improved seed.

INTRODUCCIÓN

El estudio del mercado de semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) es relevante debido al objetivo del Gobierno Federal de aumentar la producción de maíz a través de prácticas agronómicas mejoradas¹ y del uso de semilla mejorada de alto rendimiento en las zonas de producción que todavía no hacen uso principal de estas tecnologías, especialmente las áreas de temporal (secano) de México.

Por el lado de la oferta, en el periodo 2009-2010 el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) reportó una producción de semilla mejorada de 62.55 mil toneladas, de las cuales 85.3 % fue generada por cinco empresas con presencia internacional, 9.1 % por 44 empresas con una producción promedio de 130 toneladas², 3.7 % provino de sociedades de producción rural, y 1.9 % fue producida por personas físicas e instituciones de investigación (SNICS, 2011).

Por el lado de la demanda, estimaciones empíricas señalan que la cantidad demandada total promedio de semilla en el periodo 2008-2010 fue de 160.22 mil toneladas anuales correspondientes a toda la superficie sembrada por los productores de maíz. De esta cifra, 68.17 mil toneladas corresponde a semilla mejorada y 92.05 mil toneladas a semilla criolla (García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014). Estos datos muestran que sólo 42.5 % de la demanda total corresponde a semilla mejorada, lo cual indica el enorme reto a enfrentar en caso de que el objetivo fuera que la totalidad de la superficie de maíz se sembrara con semilla mejorada.

¿Cómo lograr disminuir la brecha entre la demanda total y la demanda de semilla mejorada? o bien ¿Cómo

¹Se refiere a prácticas agronómicas innovadoras de producción que incluyen agricultura de conservación y de precisión, uso de biofertilizantes y semilla de alto rendimiento mejoradas en forma convencional adaptadas a las condiciones agroclimáticas actuales como sequía, calor, plagas y enfermedades y a los requerimientos de la agroindustria, y que son desarrolladas a través del Programa Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro) (SAGARPA-CIMMYT, 2015).

²El promedio se refiere a la producción total de las 44 empresas entre en el número de empresas.

aumentar la demanda de semilla mejorada? La respuesta a tales interrogantes hacen necesario entender los factores que afectan esta demanda. Debido a que la tasa de adopción es una fuente de crecimiento de la demanda de semilla mejorada, entonces los factores que afectan a la primera son los mismos que afectan a la segunda.

Los factores que determinan la tasa de utilización de semilla mejorada (TUM), o tasa de adopción de semilla mejorada, se han estudiado en países en vías de desarrollo, principalmente de África (Nigeria, Tanzania, Kenia, Uganda, Malawi, Camerún, Ghana, Zimbabue, Etiopía) y Asia (Pakistán y Nepal); tales estudios se han focalizado en variables de tipo socio-económico (Kafle, 2010).

Estimaciones empíricas indican una relación positiva entre la tasa de adopción de semilla mejorada y el tamaño del predio. Kalinda *et al.* (2014) señalan que el grado de adopción de variedades mejoradas de maíz en el sur de Zambia está directamente relacionado con el tamaño de las parcelas, y que el aumento del tamaño de predio en una hectárea elevaría la tasa de adopción en 0.1 %. En Uganda los predios de maíz adquiridos a través de la renta usualmente se siembran con semilla mejorada y con fertilizantes inorgánicos, y los productores agrícolas que rentan tierras agrícolas destinan su producción al mercado y generalmente invierten en insumos (como semilla y fertilizante) que aumentan el rendimiento (Sserunkuuma, 2005).

En Etiopía los productores con predios grandes son más proclives a adoptar tecnologías mejoradas de maíz que los productores con predios pequeños (Gecho y Punjabi, 2011). Asimismo, existe la tendencia de que los productores con predios grandes adopten innovaciones tecnológicas más rápido, tengan más recursos para mitigar los riesgos de la adopción de una tecnología nueva, y sus costos de transacción por unidad de superficie son más bajos que productores con superficies agrícolas pequeñas (Paredes y Martin, 2007).

Datos del sector maicero de México indican que la TUM es mayor a 90 % en entidades del noroeste como Sinaloa y Baja California Sur, en donde el tamaño de predio es mayor a 12 ha; en cambio, la magnitud de ambas variables es baja en entidades del sur como Oaxaca (García y Ramírez, 2012), lo que sugiere que en México hay una relación positiva entre la TUM y el tamaño de predio.

En los estudios sobre adopción realizados en otros países también se ha encontrado que algunas variables relacionadas con el ingreso, como la disponibilidad de efectivo, tienen influencia positiva sobre la TUM (Gecho y Punjabi, 2011). Bernard *et al.* (2010) señalan que la pobreza en el

sector agrícola de Kenia reduce la adopción de tecnologías mejoradas. Saín y Martínez (1999) indican que el tamaño de las parcelas en Guatemala tiene un impacto positivo sobre la adopción de semillas híbridas, y que la riqueza y el ingreso están altamente relacionados con la posibilidad de adquirir más y mejores insumos agrícolas.

En México también se ha observado una relación positiva entre la tasa de adopción y el ingreso por hectárea, variable que depende del rendimiento y del precio. En entidades como Sinaloa, donde la TUM es mayor a 90 %, el alto rendimiento que se obtiene por unidad de superficie eleva el ingreso por hectárea.

El precio de la semilla mejorada es otro factor que afecta la demanda de semilla mejorada y, por lo tanto, de la TUM. Existe evidencia de que el uso de fertilizantes es complementario al uso de germoplasma mejorado de maíz, y que las dosis de fertilizantes son significativamente más altas en productores que adoptan semilla mejorada, comparados con productores que no la usan (Bernard *et al.*, 2010). Por ello, el precio de los fertilizantes, al igual que el precio de los plaguicidas, son determinantes en la tasa de adopción de semilla mejorada. Al respecto Gecho y Punjabi (2011) señalan que el precio de los insumos disminuye la probabilidad de adopción de tecnologías mejoradas de maíz; y Salgado y Miranda (2010) señalan que el incremento en la productividad del maíz en México en años futuros estará en función de una probable reducción en el precio del fertilizante.

Un aumento en la demanda de semilla mejorada es importante por las siguientes razones: a) Se incrementa la tasa de utilización de semilla mejorada; b) Por el uso de semillas de alto rendimiento, la productividad por hectárea aumenta y en consecuencia la producción; y c) Ante un precio de venta constante en el precio de maíz, el ingreso del productor se incrementa por el aumento del rendimiento, lo cual mejora el nivel de vida del productor de maíz.

El objetivo del presente estudio fue analizar los factores que afectan la demanda de semilla mejorada a través de su tasa de utilización. Se espera que aumentos en el tamaño de las unidades de producción y del ingreso por hectárea aumenten la demanda de semilla mejorada, y que una disminución en los precios de la semilla mejorada, del fertilizante y de los plaguicidas tenga el mismo efecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un modelo logit agrupado (glogit) aplicado al uso de semilla mejorada de maíz. Al considerar i ($i = 1, 2, \dots, I = 31$) estados productores de maíz, la cantidad

demandada de semilla mejorada estaría dada por:

$$DSM_i = SM_i \times DS_i = \frac{SM_i}{ST_i} \times ST_i \times DS_i = TUM_i \times ST_i \times DS_i \tag{Ec. 1}$$

donde: para cada estado, DSM_i es la demanda de semilla mejorada; SM_i es la superficie sembrada con semilla mejorada; DS_i es la densidad de siembra; ST_i es la superficie sembrada total de maíz; y TUM_i es la tasa de utilización de semilla mejorada.

La Ecuación 1 indica que si la superficie cosechada y la densidad de siembra son constantes, entonces la única fuente de variación de la demanda de semilla mejorada es la TUM. Para determinar los factores que afectan la TUM se usó un modelo logit agrupado, en donde la tasa de utilización de semilla mejorada (o usar semilla criolla) se define como la probabilidad de usar semilla mejorada (o criolla, en su caso), esto es:

$$P_i = TUM_i = \frac{SM_i}{ST_i} \tag{Ec. 2}$$

$$1 - P_i = \frac{(ST_i - SM_i)}{ST_i} \tag{Ec. 3}$$

donde: P_i es la probabilidad de usar semilla mejorada en la región i ; y $1 - P_i$ es la probabilidad de no usar semilla mejorada (o usar semilla criolla) en la región i . Es importante mencionar que el lado izquierdo de la Ecuación 2 es una probabilidad, mientras que el lado derecho es una estimación de tal probabilidad. El criterio de agrupación de los datos fueron las entidades federativas productoras de maíz (demandantes de semilla mejorada), y se consideraron las 31 entidades productoras, ya que sólo Baja California fue excluida de las observaciones.

Con base en Gujarati y Porter (2010), el modelo propuesto para determinar los factores que afectan la probabilidad es el siguiente:

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 TAM_i + \beta_3 ING_i + \beta_4 PSE_i + \beta_5 PFE_i + \beta_6 PPL_i + u_i \tag{Ec. 4}$$

donde: para la región i , L_i es el logaritmo natural de razón de probabilidades $[P_i/(1 - P_i)]$; TAM_i es el tamaño de predio en hectáreas; ING_i es el ingreso en miles de \$ ha⁻¹; PSE_i es el precio de la semilla mejorada en \$ t⁻¹ de maíz obtenido; PFE_i es el precio del fertilizante en \$ t⁻¹; PPL_i es el precio de los plaguicidas en \$ L⁻¹; y u_i es el término de error. Según

Gujarati y Porter (2010), el término u_i sigue una distribución normal con media cero y varianza igual a $1/[ST_i P_i (1 - P_i)]$, lo cual indica que el término de perturbación es heteroscedástico.

Como la tasa de utilización es una fuente de crecimiento de la demanda de semilla mejorada (Ecuación 1), entonces los factores mencionados también afectan la TUM. Si se considera al productor de maíz como un agente que trata de maximizar su beneficio a través de la optimización de una función de ganancia, se puede derivar una función de demanda de insumos en donde esta última dependería de factores como el precio de la semilla mejorada, el precio de los fertilizantes, el precio de los plaguicidas, el precio del producto y la productividad marginal del insumo.

Con base en la teoría económica, se espera una relación positiva entre la probabilidad de usar semilla mejorada con el tamaño de la unidad de producción y el ingreso por hectárea, y negativa con el precio de la semilla, el precio de los fertilizantes y el precio de los plaguicidas.

Anteriormente se mencionó que el término de perturbación de la Ecuación 4 es heteroscedástico. Gujarati y Porter (2010) señalan que dicho problema se puede resolver transformando cada variable de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \sqrt{w_i} L_i &= \beta_1 \sqrt{w_i} + \beta_2 \sqrt{w_i} TAM_i + \beta_3 \sqrt{w_i} ING_i \\ &+ \beta_4 \sqrt{w_i} PSE_i + \beta_5 \sqrt{w_i} PFE_i + \beta_6 \sqrt{w_i} PPL_i + \sqrt{w_i} u_i \end{aligned} \tag{Ec. 5}$$

o

$$\begin{aligned} L_i^* &= \beta_1 \sqrt{w_i} + \beta_2 TAM_i^* + \beta_3 ING_i^* + \beta_4 PSE_i^* \\ &+ \beta_5 PFE_i^* + \beta_6 PPL_i^* + v_i \end{aligned} \tag{Ec. 6}$$

donde: $\sqrt{w_i} = \sqrt{ST_i P_i (1 - P_i)}$; L_i^* es L_i transformada o ponderada; TAM_i^* es el tamaño de predio ponderado; ING_i^* es el ingreso ponderado; PSE_i^* es el precio de la semilla ponderado; PFE_i^* es el precio del fertilizante ponderado; PPL_i^* es el precio de los plaguicidas ponderado; y v_i es el término de error ponderado.

Una vez que el modelo se ha estimado se puede llevar a cabo el análisis en términos del logit no ponderado, para lo cual sólo se necesita dividir \hat{L}_i^* entre el ponderador $\sqrt{w_i}$. Debido a que $\hat{L}_i = \ln\left[\frac{\hat{P}_i}{1 - \hat{P}_i}\right]$ entonces al tomar el anti-logaritmo de \hat{L}_i se obtiene $\frac{\hat{P}_i}{1 - \hat{P}_i}$ es decir, la razón de probabilidades predichas, esto es:

$$\frac{\hat{P}_i}{1 - \hat{P}_i} = e^{\hat{\lambda}_i} \quad (\text{Ec. 7})$$

de la Ecuación 7, la probabilidad predicha de usar semilla mejorada se obtiene de la siguiente manera:

$$\hat{P}_i = \frac{e^{\hat{\lambda}_i}}{1 + e^{\hat{\lambda}_i}} \quad (\text{Ec. 8})$$

Una vez que se obtiene la probabilidad predicha con la Ecuación 8, se puede estimar la demanda de semilla mejorada en cada región productora de maíz i de la siguiente manera:

$$DSM_i = \hat{P}_i \times ST_i \times DS_i \quad (\text{Ec. 9})$$

Para analizar la forma en que los cambios en las variables independientes afectan la tasa de utilización y la demanda de semilla mejorada, se plantearon los siguientes escenarios hipotéticos de aumento o disminución de las variables en 10, 20 y 30 %, para todas las regiones demandantes de semilla mejorada: 1) Aumento en el tamaño de predio; 2) Aumento en el ingreso por hectárea; 3) Disminución en el precio de la semilla mejorada; y 4) Disminución simultánea en el precio de los insumos (semilla mejorada, fertilizantes y plaguicidas).

En el primer escenario se considera que el productor de maíz puede aumentar su tamaño de predio a través de la renta o compra de tierra a otros productores que se dedican a sembrar el mismo cultivo, lo cual significa que la superficie total de maíz se mantiene constante. El último escenario es importante para analizar los efectos de un cambio en los precios de los insumos más importantes que integran el paquete tecnológico.

Con la Ecuación 8 se obtiene la probabilidad predicha de usar semilla mejorada en cada región i . Para tener un indicador nacional de la TUM, se calculó la probabilidad nacional promedio de la siguiente manera:

$$P_p = \sum_{i=1}^I \left[\hat{P}_i \times \delta_i \right] \quad (\text{Ec. 10})$$

donde: P_p es la probabilidad nacional promedio de utilizar semilla mejorada; y $\delta_i = \frac{ST_i}{SNT}$ es la participación de la región i en la superficie total sembrada de maíz.

La estimación del modelo se realizó con datos de cada en-

tidad federativa para los años 2008, 2009 y 2010. Para tener mayor representatividad, la superficie total y la superficie que usa semilla mejorada corresponde al promedio de esos tres años. Las fuentes de información respectivas fueron: para la superficie sembrada total de maíz, del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA, 2011a); para la superficie sembrada de maíz que usa semilla mejorada, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2008-2010); para la densidad de siembra por régimen hídrico, de los costos de producción del SIAP-SAGARPA (2011b); y para el tamaño de predio de las unidades de producción de maíz, del Censo Agropecuario (INEGI, 2009) más reciente.

La información sobre precios que reporta el SNICS indica que el precio de la semilla mejorada es mayor en entidades del noroeste, como Sinaloa, y menor en entidades del sur-sureste del país como Chiapas. Lo anterior implica una relación positiva entre la tasa de utilización de semilla mejorada y el precio de la semilla mejorada, cuando este último se mide en pesos por kilogramo de semilla. La variabilidad en los precios está relacionada con la calidad de la semilla que se vende en diferentes regiones del país. Para solucionar este problema se calculó el precio de la semilla en pesos por tonelada de maíz obtenida de la siguiente manera:

$$PSE_i = \frac{PS_i \times DS_i}{R_i} \quad (\text{Ec. 11})$$

donde para la región i : PSE_i es el precio de la semilla mejorada en pesos por tonelada de maíz obtenido; PS_i es el precio de la semilla mejorada en pesos por kilogramo; DS_i es la densidad de siembra en kg ha^{-1} ; y R_i es el nivel de rendimiento en t ha^{-1} .

Es importante mencionar que cuando el productor de maíz compra semilla mejorada paga pesos por kilogramo de semilla, y no pesos por tonelada de maíz obtenido. Sin embargo, al decidir comprar semilla si considera el rendimiento que obtendrá si opta por sembrar semilla mejorada, de ahí que considera pesos por tonelada de maíz obtenido.

Las fuentes de información para el precio de la semilla mejorada por entidad federativa fue la página del SNICS (2014); para el rendimiento promedio observado por estado, fue SIAP-SAGARPA (2011a); y para los precios de fertilizantes y los plaguicidas, el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2014).

La estimación del modelo se realizó usando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los parámetros estadísticos a partir de la estimación del modelo logit en su forma ponderada. El coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0.78. La F calculada (F_c) fue mayor a las F de tabla (F_t) ($P = 10\%$). El valor absoluto del valor de t es igual o mayor a la unidad para los cinco parámetros. Basados en Gujarati y Porter (2010) se realizó la Prueba de Park y se concluyó que no existe heteroscedasticidad en la varianza del término de error transformado. También se verificó que la probabilidad predicha para cada observación se ubicara en un rango de 0 a 1.

En el análisis es importante juzgar los resultados de la estimación del modelo de acuerdo con su conveniencia en el marco de la teoría económica, mediante la comparación de los signos de los parámetros estimados con ciertos principios de la misma. Al hacerlo se observa que los coeficientes presentan el signo esperado. Los parámetros del tamaño de predio y el ingreso tienen un signo positivo, lo cual indica que un aumento en estas variables tendrá un efecto positivo sobre la probabilidad de usar semilla mejorada. Los parámetros de los precios de semilla mejorada, fertilizante y plaguicidas tienen un signo negativo, lo que indica que una disminución en estas variables aumentará la probabilidad de usar semillas mejoradas.

Al emplear las Ecuaciones 8 y 9 se obtiene la probabilidad de que alguna de las variables independientes experimente un cambio. Los cambios que se presentan en el Cuadro 3 se realizaron en cada región demandante de semilla mejorada, aunque aquí sólo se presenta la probabilidad nacional promedio. Dicho cuadro muestra que la probabilidad nacional promedio estimada (0.4321), mediante las probabilidades predichas de cada estado, está muy cercana al valor observado (0.4286). La demanda de semilla mejorada estimada fue de 68,723 t, lo cual indica una diferencia de apenas 0.8 % respecto al valor observado (68,173 t). La demanda total de semilla mejorada fue 160,220 t, y no experimentó cambios en los escenarios debido a que la superficie total sem-

brada con maíz se mantuvo constante. La diferencia entre la demanda total y la demanda de semilla mejorada con base en el modelo, es de 91,497 t.

El tamaño de predio promedio nacional es de 4.28 ha, con variación en un rango de 1.1 a 20.5 ha (Cuadro 2). El parámetro que relaciona el logaritmo ponderado de la razón de probabilidades y el tamaño de predio ponderado es de 0.23382; este valor indica que para un incremento unitario en el tamaño de predio ponderado, el logaritmo ponderado de las probabilidades en favor de sembrar semilla mejorada aumenta en 0.23382 (Cuadro 1).

Puesto que esta interpretación no resulta muy atractiva, aquí se analizan las probabilidades promedio estimadas con la Ecuación 10. Con un aumento de 10 % en el tamaño de predio en todas las regiones productoras de maíz, la probabilidad nacional promedio de usar semilla mejorada aumentaría en 3.8 % (de 0.4321 a 0.4484). Un aumento mayor se daría si el tamaño de predio aumenta en 20 y 30 %. Debido a que la tasa de utilización es una fuente de crecimiento de la demanda de semilla mejorada, entonces esta última también crecería en 3.8 % (de 68,723 a 71,323 t Cuadro 3). La brecha entre la demanda de semilla mejorada y la total disminuiría a 88,897 t, 2.8 % menor en relación con el escenario base.

Estos resultados indican una relación positiva entre el tamaño de predio y la probabilidad de usar semilla mejorada, como la encontrada por Kalinda *et al.* (2014) en el sur de Zambia, por Sserunkuuma (2005) en Uganda y por Gecho y Punjabi (2011) en Etiopia. Además, la FAO (2012) indica que la integración de pequeños productores en cooperativas permite bajar los precios de insumos agrícolas (*i. e.*, las semillas). FIRCO (2010) también señala que la integración de pequeños productores permite adquirir insumos tecnológicos, como semilla mejorada, a un precio accesible. Los productores con predios grandes adoptan innovaciones más rápido porque tienen recursos para mitigar los riesgos de la adopción de una tecnología nueva (Paredes y Martín,

Cuadro 1. Parámetros estadísticos del modelo logit (n = 31).

Variable	Parámetro	E. estándar	Valor de t	Prob > t	R^2	F_c	Prob > F
$\sqrt{w_i}$	2.177090	1.854010	1.17	0.2514	0.78	15.08	0.0001
TAM*	0.233820	0.072670	3.22	0.0036			
ING*	0.050560	0.049100	1.03	0.3130			
PSE*	-0.001930	0.000659	-2.93	0.0072			
PFE*	-0.000212	0.000194	-1.09	0.2856			
PPL*	-0.008360	0.004410	-1.90	0.0696			

$\sqrt{w_i}$ = ponderador; TAM = tamaño de predio; ING = ingreso; PSE = precio de la semilla; PFE = precio del fertilizante; PPL = precio de los plaguicidas.

Cuadro 2. Indicadores estadísticos de las variables del modelo.

Variable	Promedio aritmético	Promedio ponderado	Mediana	Valor mínimo	Valor máximo
TUM (P)	0.4542	0.4286	0.4121	0.0199	0.9654
TAM (ha)	5.25	4.28	3.90	1.10	20.50
ING (miles de \$ ha ⁻¹)	8.49	8.82	8.09	2.23	26.92
PSE (\$ t ⁻¹ de maíz)	443.81	439.02	386.06	174.82	884.05
PFE (\$ t ⁻¹)	5905.15	5472.15	5488.01	4,727.50	10,000
PPL (\$ L ⁻¹)	221	220.35	227.13	5150	266.25

TUM = tasa de utilización de semilla mejorada; TAM = tamaño de predio; ING = ingreso; PSE = precio de la semilla; PFE = precio del fertilizante; PPL = precio de los plaguicidas.

2007). Estos señalamientos pudieran explicar la relación positiva que existe en México entre la tasa de adopción de semilla mejorada y el tamaño de predio.

Un mayor tamaño en las unidades de producción origina economías de escala. Es decir, una reducción en el costo medio por unidad mediante la compra de insumos al mayoreo como semilla, fertilizantes y herbicidas, permite el acceso a créditos, tecnología y asistencia técnica. Ante un precio de venta constante, la reducción del costo medio de producción genera mayores beneficios para el productor de maíz. Además, como lo señalan Paredes y Martín (2007), los costos de transacción por unidad de superficie son más bajos para los productores con predios grandes.

El ingreso por hectárea es otro factor que afecta de manera positiva el uso de semilla mejorada. En el año de análisis, el ingreso promedio fue de 8.82 mil pesos por hectárea, aunque se observa una fuerte variación entre entidades con valores que fluctúan entre 2.23 y 26.92 miles de pesos por hectárea (Cuadro 2). Si este ingreso aumentara en 10 %, la probabilidad de usar semilla mejorada, y la demanda de semilla mejorada aumentarían en 1.7 % (de 0.4321 a 0.4396), y de 68,723 a 69,922 t, respectivamente. La brecha entre la demanda de semilla mejorada y la total disminuiría a 90,298 t, 1.3 % menor en relación al escenario base (Cuadro 3).

Esta relación positiva entre la tasa de adopción de semilla mejorada y el nivel de ingreso, también fue detectada por Bernard *et al.* (2010) y Saín y Martínez (1999), quienes encontraron que la riqueza y el ingreso están relacionados con la adopción de semilla mejorada en los sectores agrícolas de Kenia y Guatemala, respectivamente.

Un aumento en el ingreso podría proceder de un aumento en el precio del producto vendido, de un aumento en la productividad obtenida por hectárea, o bien de un subsidio otorgado por unidad de superficie como el otorgado por

el Programa de Apoyos al Campo (PROCAMPO). Con un mayor ingreso se puede lograr un mejoramiento de la tierra, lo cual implica la adopción de insumos (semilla mejorada, fertilizantes y plaguicidas) que permitan el aumento de la productividad.

El precio promedio de la semilla mejorada fue de 439.02 pesos por tonelada de maíz obtenido. Al igual que en las otras variables, se observa una fuerte variabilidad entre las zonas productoras, derivada principalmente de los rendimientos por unidad de superficie utilizados para obtener este indicador; los precios mínimo y máximo fueron 174.82 y 884.05 pesos por tonelada de maíz (Cuadro 2).

El precio de la semilla mejorada tiene una influencia negativa sobre la probabilidad de usar semilla mejorada; *i. e.*, una disminución de 10 % en el precio de la semilla originaría un aumento de 3.7 % en la probabilidad de usar semilla mejorada (de 0.4321 a 0.4481). La relación negativa entre el precio y la probabilidad se explica por la ley de la demanda; a menor precio aumentará la demanda y, en consecuencia, crecerá la probabilidad de usar semilla mejorada.

En México el precio de la semilla mejorada es alto (Cuadro 2). Espinosa *et al.* (2010) señalan que el monopolio en el comercio de las semillas ha propiciado que los precios de venta de las semillas híbridas en México sean los más altos del mundo, pues mil semillas se cotizan en 2.7 dólares, en comparación con el precio de 1.3 dólares que se paga en la faja maicera de los EE.UU. Un menor precio en la semilla mejorada sólo se logrará si el mercado de dicha industria fuera competitivo. Un precio más bajo en la semilla mejorada podría proceder de un aumento en la cantidad ofrecida, de ahí la importancia de evitar que esta industria se concentre en pocas empresas.

En cuanto al precio de los insumos complementarios usados en la producción de maíz, el valor medio del precio del fertilizante se ubicó en 5472.15 pesos por tonelada

Cuadro 3. Efecto de cambios en las variables independientes sobre la demanda de semilla.

Cambio en las variables independientes	Probabilidad nacional	Demanda de	Demanda total	Diferencia
	promedio	semilla mejorada	de semilla	
	Toneladas			
	1	2	3	4 = 3-2
Datos observados (2008/2010)	0.4286	68,173	160,220	92,047
Escenario base (datos estimados)	0.4321	68,723	160,220	91,497
Cambio en las variables independientes				
<i>TAM_i</i> aumenta en:				
10 %	0.4484	71,323	160,220	88,897
20 %	0.4643	73,854	160,220	86,366
30 %	0.4798	76,314	160,220	83,906
<i>ING_i</i> aumenta en:				
10 %	0.4396	69,922	160,220	90,298
20 %	0.4471	71,111	160,220	89,109
30 %	0.4545	72,292	160,220	87,928
<i>PSE_p</i> disminuyen en:				
10 %	0.4481	71,281	160,220	88,939
20 %	0.4648	73,931	160,220	86,289
30 %	0.4820	76,668	160,220	83,552
<i>PSE_p</i> , <i>PFE_i</i> y <i>PPL_i</i> disminuyen en:				
10 %	0.5077	80,758	160,220	79,462
20 %	0.5866	93,304	160,220	66,916
30 %	0.6647	105,727	160,220	54,493
Cambio en % respecto al escenario base				
<i>TAM_i</i> aumenta en:				
10 %	3.8	3.8	0.0	-2.8
20 %	7.5	7.5	0.0	-5.6
30 %	11	11	0.0	-8.3
<i>ING_i</i> aumenta en:				
10 %	1.7	1.7	0.0	-1.3
20 %	3.5	3.5	0.0	-2.6
30 %	5.2	5.2	0.0	-3.9
<i>PSE_i</i> disminuye en:				
10 %	3.7	3.7	0.0	-2.8
20 %	7.6	7.6	0.0	-5.7
30 %	11.5	11.6	0.0	-8.7
<i>PSE_p</i> , <i>PFE_i</i> y <i>PPL_i</i> disminuyen en:				
10 %	17.5	17.5	0.0	-13.2
20 %	35.8	35.8	0.0	-26.9
30 %	53.8	53.8	0.0	-40.4

TAM_i = tamaño de predio; *ING_i* = ingreso; *PSE_i* = precio de la semilla; *PFE_i* = precio del fertilizante; *PPL_i* = precio de los plaguicidas.

y el precio de los plaguicidas en 220.35 pesos por litro, con una fuerte variabilidad entre regiones (Cuadro 2). Generalmente los tres insumos se usan de manera simultánea en el proceso productivo.

Los resultados indican que la probabilidad de emplear semilla mejorada experimenta un aumento de 17.5 % (de 43.21 a 50.77 %) cuando los precios de la semilla mejorada, del fertilizante y de los plaguicidas disminuyen en 10 % de manera simultánea. Una disminución de 20 y 30 % en los precios tendría efectos mayores (58.66 y 66.47 %, respectivamente) sobre la probabilidad de usar semilla mejorada. Por el aumento en la demanda de semilla mejorada en 17.5 %, la brecha entre la demanda de semilla mejorada y la total disminuiría en 13.2 % para ubicarse en 79,462 t (Cuadro 3). Estos resultados indican la existencia de una relación negativa entre el precio de los insumos y la probabilidad de usar semilla mejorada, y están acordes con Gecho y Punjabi (2011) quiénes reportan una relación negativa entre el precio de los insumos y la probabilidad de adopción de tecnologías mejoradas en el sector maicero de Etiopía.

Los resultados anteriores muestran la importancia del paquete tecnológico en el aumento de la productividad. Un mayor efecto sobre la tasa de utilización de semilla mejorada sólo podrá venir a través de mejores precios en los insumos que usa el productor para incrementar su nivel de productividad. Lograr mercados competitivos para los insumos comerciables usados en la producción de maíz es un enorme reto. Actualmente más de 80 % de la producción de semilla mejorada se concentra en empresas grandes (García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014), y las empresas transnacionales han invadido rápidamente el mercado reduciendo el crecimiento de las empresas nacionales y restringiendo el surgimiento de las nuevas (Luna *et al.*, 2012).

Un reto importante que persiste en la agricultura nacional es lograr mayores avances en el uso eficiente de los fertilizantes en combinación con mejores prácticas agrícolas, a fin de incrementar la productividad (ASERCA, 2013). En México, la producción de fertilizantes comenzó a disminuir significativamente desde 1997, cuando inició el cierre de plantas productoras; la fabricación de este tipo de insumos agrícolas por parte de la industria nacional registró sus niveles más bajos entre 2002 y 2007, con un promedio anual de 760 mil toneladas, volumen que fue insuficiente para abastecer el consumo aparente de 3.3 millones de toneladas anuales, y con el fin de satisfacer las necesidades del sector agrícola las importaciones mantuvieron una tendencia creciente durante los últimos 20 años (Gaucín, 2013). En 2010, las importaciones de fertilizantes fueron de 2.81 millones de toneladas (ASERCA, 2013), lo cual demuestra la dependencia de México por los insumos agrícolas producidos por otros países.

CONCLUSIONES

Si la densidad de siembra y la superficie sembrada de maíz no pueden crecer en México, la única vía para aumentar la demanda de semilla mejorada es mediante el incremento de la tasa de utilización. Los resultados obtenidos de la estimación de un modelo logit aplicado a la probabilidad de usar semilla mejorada en los estados productores de maíz indican que el tamaño del predio y el ingreso tienen un impacto positivo sobre la tasa de utilización de semilla mejorada. Un aumento en dichas variables aumentaría la probabilidad de semilla mejorada, y esto incrementaría la demanda de semilla mejorada.

Las variaciones en el precio de los insumos usados en el paquete tecnológico tienen un impacto todavía más fuerte sobre la tasa de adopción; una disminución en el precio de estas variables permitiría aumentar la tasa de adopción y reduciría la brecha entre la demanda total de semilla y la demanda de semilla mejorada. Para lograr una disminución en los precios de los insumos es indispensable que los mercados de semilla mejorada, de fertilizantes y de plaguicidas, funcionen bajo condiciones competitivas que permitan precios que puedan pagar los productores de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- ASERCA, **Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (2013)** El Mercado de los fertilizantes en México 2011-2012. *Claridades Agropecuarias Edición Especial* (Julio 2013). pp:47-48.
- Bernard M., J. Hellin, R. Nyikal and J. Mburu (2010) Determinants for use of certified maize seed and the relative importance of transaction costs. Joint 3rd African Association of Agricultural Economists and 48th Agricultural Economists Association of South Africa Conference. Cape Town, South Africa, September 19-23. 26 p.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R. y A. Turrent F. (2010) Concentración de la oferta de semillas mejoradas de maíz. <http://www.jornada.unam.mx/2010/03/13/oferta.html> (Junio 2012).
- FAO, **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2012)** Cooperativas agrícolas: preparando el terreno para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. <http://www.fao.org/docrep/016/ap431s/ap431s.pdf> (Julio 2013).
- FIRCO, **Fideicomiso de Riesgo Compartido (2010)** Programa Estratégico de Apoyo a la Cadena Productiva de Productores de Maíz y Frijol (PROMAF). http://www.firco.gob.mx/proyectos/promaf/Paginas/hpromaf_0.aspx (Julio, 2012).
- García S. J. A. y R. Ramírez J. (2012) Demanda de Semilla Mejorada de Maíz en México: Identificación de Usos y Zonas de Producción con Mayor Potencial de Crecimiento. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Texcoco, Estado de México. 156 p.
- García-Salazar J. A. y R. Ramírez-Jaspeado (2014) El mercado de semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) en México: un análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:69-77.
- Gaucín D. (2013) El Mercado de los fertilizantes. <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2013/08/20/mercado-fertilizantes-2-2> (Junio 2014).
- Gecho Y. and N. K. Punjabi (2011) Determinants of adoption of improved maize technology in Damot Gale, Wolaita, Ethiopia. *Rajasthan Journal of Extension Education* 19:1-9.
- Gujarati D. N. y D. C. Porter (2010). *Econometría*. 5a ed. McGraw Hill. México, D. F. 921 p.

- INEGI, **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009)** Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx (Abril 2012).
- INEGI, **Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2008-2010)** Anuario Estadístico del Estado. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/Default.asp?accion=15&upc=702825201760 (Marzo 2012).
- Kafle B. (2010) Determinants of adoption of improved maize varieties in developing countries: A review. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 1:1-7.
- Kalinda T., G. Tembo and E. Kuntashula. (2014) Adoption of improved maize seed varieties in Southern Zambia. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 61:33-39.
- Luna M. B. M., M. A. Hinojosa R., O. J. Ayala G., F. Castillo G. y J. A. Mejía C. (2012) Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:1-7.
- Paredes C. and M. A. Martin (2007) Adoption of transgenic crops by smallholder famers in Entre Rios, Argentina. American Agriculture Economics Association Annual Meeting. Portland, OR, July 29, 2007-August 1, 2007. 26 p.
- SAS Institute (1999) SAS/ETS User's Guide, Version 8. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary NC, USA. 1546 p.
- SAGARPA-CIMMYT, **Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (2015)** Qué es MasAgro. <http://www.masagro.gob.mx/masagro/Paginas/Que-es-Masagro.aspx> (Febrero 2015).
- Sáin G. and J. Martínez (1999) Adoption and use of improved maize by small-scale farmers in Southeast Guatemala. CIMMYT Economic Paper 99-04. México, D. F. 25 p.
- Salgado V. M. C. y S. Miranda G. (2010) Panorama de la agricultura en México para 2010. *Economía Actual* 3:10-12.
- SIAP-SAGARPA, **Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2011a)** Información Básica, Agricultura, Producción anual. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15 (Octubre 2011).
- SIAP-SAGARPA, **Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2011b)** Sistema Producto, Maíz, Producción, Costos. <http://www.campomexicano.gob.mx> (Diciembre 2011).
- SNICS, **Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla (2011)** Semilla de Maíz 2009/2010. Información proporcionada en CD en las oficinas centrales del SNICS. Tlalnepantla, Estado de México, Noviembre de 2011.
- SNICS, **Sistema Nacional de Inspección y Certificación e Semilla Mejorada (2014)** Precio y existencia de semilla. http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/precios/Paginas/Precios_Semilla_2010.aspx (Mayo 2014).
- SNIIM, **Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (2014)** Precio de los insumos agrícolas. <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/> (Mayo 2014).
- Sserunkuuma D. (2005) The adoption and impact of improved maize and land management technologies in Uganda. *e-Journal of Agricultural and Development Economics* 2:67-84.