

# CONSUMO DE FERTILIZANTES EN EL SECTOR AGRÍCOLA DE MÉXICO: UN ESTUDIO SOBRE LOS FACTORES QUE AFECTAN LA TASA DE ADOPCIÓN

José A. García-Salazar, Mercedes Borja-Bravo y Gabriela Rodríguez-Licea

## RESUMEN

Para determinar los factores que afectan la probabilidad de usar fertilizantes en el sector agrícola de México, se empleó un modelo logit donde la variable dependiente es el logit de la razón de probabilidades de usar fertilizantes contra no usarlo, y las variables independientes son factores económicos, geográficos y políticos que afectan la tasa de adopción de fertilizantes (TAF). El conocimiento de los factores que determinan el aumento de la TAF es importante en el bienestar del productor por los ingresos que se pueden obtener. Los resultados indican que en el periodo 2011-2013 la TAF fue 64,7%, lo cual significa que 35,3% de la superficie sembrada no hace uso de abonos. Existe una relación positiva entre la TAF y el tamaño

del predio, el ingreso de los productores, el pago directo de PROCAMPO, la cantidad de tractores y el nivel de educación de la población rural. El modelo también señala la existencia de una relación negativa entre la TAF y los precios del fertilizante, la semilla mejorada y los plaguicidas. Si el tamaño de predio y el ingreso por hectárea aumentan en 5%, entonces la TAF aumenta en 0,3 y 1,6%, respectivamente. Una disminución de 5% en el precio del fertilizante aumentaría la TAF en 3,7%. Ante una disminución simultánea de 5% en los precios del fertilizante, semilla y plaguicidas, la TAF aumentaría en 6,1%. Esto demuestra la importancia de los insumos agrícolas como fuente de crecimiento en la productividad.

## Introducción

La importancia de los fertilizantes químicos radica en su uso como el principal insumo agrícola para aumentar la productividad. Con el uso de fertilizantes, el rendimiento por hectárea puede a menudo duplicarse o triplicarse. Los fertilizantes proveen nutrientes a los cultivos para producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad (FAO-IFA, 1992).

Pese a la importancia de los fertilizantes como fuente de crecimiento en la productividad, México no es autosuficiente, ya que el país depende de las importaciones. En 2011-2013 la producción de fertilizan-

tes fue de  $2004 \times 10^3$ t (INEGI, 2015). A pesar de no ser autosuficiente, México realizó exportaciones de fertilizantes por  $915 \times 10^3$ t, de las cuales 67,4% correspondió a mezclas de nitrógeno, fósforo y potasio, 22,8% a fertilizantes fosfatados, 8,3% a nitrogenados, 1,0% a abonos animales y 0,5% a potásicos (SIAVI, 2015). El SIAVI reporta información de exportaciones e importaciones de fertilizantes para 25 fracciones arancelarias: una para abonos animales, nueve para fertilizantes nitrogenados, dos para fosfatados, cuatro para potásicos y nueve para mezclas de nitrógeno, fósforo y potasio.

En el periodo 2011-2013 el consumo nacional aparente de

fertilizantes (CNAF), igual a la producción nacional menos exportaciones más importaciones, se ubicó en  $4555 \times 10^3$ t y fertilizó una superficie de  $14,49 \times 10^6$ ha (SIAP, 2015a) con una dosis promedio (cociente del CNAF sobre la superficie nacional que usa fertilizante) de  $313 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . El 23,9% del CNAF se abasteció con producción nacional y 76,1% con importaciones principalmente provenientes de Rusia y Ucrania. En ese periodo las importaciones se ubicaron en  $3466 \times 10^3$ t y 55,8% fueron nitrogenados, 34,2% mezclas y 9,9% potásicos. La superficie agrícola total fue de  $22,05 \times 10^6$ ha (SIAP, 2015a), lo cual indica que la TAF fue 65,7%.

Si la superficie agrícola total usara fertilizantes con una dosis de  $313 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , el CNAF sería de  $6902 \times 10^3$ t, 51,2% más alto al observado para el periodo 2011-2013. El dato estimado se obtiene al multiplicar la superficie agrícola total por la dosis de fertilizante usada por hectárea.

Actualmente el Gobierno de México reconoce la importancia de la productividad como una forma de elevar el bienestar de las familias. Construir un sector agropecuario productivo que garantice la seguridad alimentaria es un objetivo del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, y una estrategia para alcanzarlo es a través de la productividad mediante la

## PALABRAS CLAVE / Agricultura / Insumo / Modelo Logit / Tasa de Adopción de Fertilizantes /

Recibido: 28/06/2017. Modificado: 22/06/2018. Aceptado: 25/06/2018.

**José A. García-Salazar.** Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Chapingo, México. Maestro y Doctor en Ciencias en Economía, Colegio de Posgraduados (COLPOS), México. Profesor-Investigador, COLPOS, México. Dirección: Instituto de Socioeconomía, Estadística e

Informática, COLPOS. Km. 36,5 Carretera México-Texcoco. CP 56230, Montecillo, Estado de México, México. e-mail: jsalazar@colpos.mx

**Mercedes Borja Bravo.** Licenciada en Economía, Universidad Autónoma del Estado de México. Maestra y Doctora en Cien-

cias en Economía, COLPOS, México. Investigadora, Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. e-mail: borja.mercedes@inifap.gob.mx

**Gabriela Rodríguez-Licea.** Licenciada en Producción Ani-

mal, Universidad Autónoma Metropolitana, México. Maestra y Doctora en Ciencias en Economía, COLPOS, México. Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma del Estado de México. e-mail: gabyl197@hotmail.com

## CONSUMPTION OF FERTILIZERS IN MEXICAN AGRICULTURE: AN ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE RATE OF ADOPTION

José A. García-Salazar, Mercedes Borja-Bravo and Gabriela Rodríguez-Licea

### SUMMARY

*In order to determine the factors that affect the probability of using fertilizers in Mexico's agricultural sector, a logit model was employed where the dependent variable is the logit of the rate of probability of using fertilizer vs not using this input, and the independent variables are economic, geographic and political factors that affect the fertilizer adoption rate (FAR). Understanding the factors that determine the FAR increase in the agricultural sector is important due to the benefits that can be obtained when an increase in productivity occurs. The results indicate that during the 2011-2013 period the average FAR was 64.7%, which indicates that 35.3% of the surface sown in the country does not make use of chemical fertilizers. The model results indicate the existence of a positive relation-*

*ship between the FAR and the size of the plot, the producers' income, the direct PROCAMPO payment, the number of tractors, and the level of education of the rural population. The model also shows the existence of a negative relationship between the FAR and the fertilizer prices, the improved seed and the pesticides. If the size of the plot and the income per hectare increase in 5%, then the FAR increases in 0.3 and 1.6%, respectively. A decrease of 5% in the fertilizer price would increase the FAR in 3.7%. Facing a simultaneous decrease of 5% in the prices of fertilizer, improved seed and pesticides, the FAR would increase in 6.1%. These results demonstrate the importance of agricultural inputs as a source of growth in the productivity.*

## CONSUMO DE FERTILIZANTES NO SETOR AGRÍCOLA DO MÉXICO: UM ESTUDO SOBRE OS FATORES QUE AFETAM A TAXA DE ADOÇÃO

José A. García-Salazar, Mercedes Borja-Bravo e Gabriela Rodríguez-Licea

### RESUMO

*Para determinar os fatores que afetam a probabilidade de usar fertilizantes no setor agrícola do México, se empregou um modelo logit onde a variável dependente é a razão da probabilidade de usar fertilizantes e de não usar, e as variáveis independentes são fatores econômicos, geográficos e políticos que afetam a taxa de adoção de fertilizantes (TAF). O conhecimento dos fatores que determinam o aumento da TAF é importante para o bem-estar do produtor pelos ganhos que poderá obter. Os resultados indicam que no período 2011-2013 a TAF foi 64,7%, o qual significa que 35,3% da superfície plantada não utiliza fertilizantes. Existe uma relação positiva entre a TAF e o tamanho da fazenda, a receita*

*dos produtores, o pagamento direto da PROAGRO, a quantidade de tratores e o nível de educação da população rural. O modelo também destaca a existência de uma relação negativa entre a TAF e os preços do fertilizante, a semente melhorada e os pesticidas. Se o tamanho da fazenda e o ingresso por hectare aumentam 5%, então a TAF aumenta 0,3% e 1,6%, respectivamente. Uma diminuição de 5% no preço do fertilizante aumentaria a TAF em 3,7%. Diante de uma diminuição simultânea de 5% nos preços do fertilizante, semente e pesticidas, a TAF aumentaria em 6,1%. Isto demonstra a importância dos insumos agrícolas como fonte de crescimento na produtividade.*

inversión en el desarrollo de capital físico y tecnológico (Gobierno de la República, 2013). Una forma para aumentar la productividad en la agricultura es el uso de insumos estratégicos como los fertilizantes; por lo tanto, un aumento en la TAF seguramente elevará el rendimiento por hectárea. ¿Cómo lograr aumentar la TAF? Para responder a la interrogante es necesario entender los factores que la afectan.

Estudios empíricos señalan que variables de tipo socioeconómico, institucional y geográfico pueden influir sobre la tasa de adopción de insumos como los fertilizantes y las semillas mejoradas. Los factores que

determinan la TAF se han estudiado (Kafle, 2010) en países en vías de desarrollo de África (Camerún, Etiopía, Kenia, Ghana, Malawi, Nigeria, Tanzania, Uganda, Zimbabue) y Asia (Nepal, Pakistán). Entre los factores que explican la tasa de adopción de insumos mejorados destacan el tamaño de predio, el ingreso de las unidades de producción, el precio de los insumos (fertilizantes, semilla mejorada y plaguicidas), el nivel de organización, el grado de mecanización y el nivel de educación.

Estimaciones empíricas indican una relación positiva entre la tasa de adopción de insumos mejorados y el tamaño del

predio; algunos de los argumentos que explican dicha relación son: a) los productores que rentan tierras agrícolas destinan su producción al mercado e invierten en insumos como fertilizante que aumentan el rendimiento (Sserunkuma, 2005); y b) los productores con predios grandes adoptan innovaciones tecnológicas, tienen más recursos para mitigar el riesgo de la adopción, y sus costos de transacción por unidad de superficie son más bajos que los productores con predios pequeños (Paredes y Martin, 2007).

Datos sobre el sector agrícola de México parecen comprobar los argumentos anteriores, ya que en estados como Sonora

y Sinaloa el tamaño de predio promedio es >15ha y la tasa de adopción de fertilizantes es >94%; en cambio, en entidades del sur como Oaxaca la tasa de adopción de fertilizantes es <50% y el tamaño de predio promedio en el estado apenas supera las 4ha (SIAP, 2015a). El ingreso también afecta la tasa de adopción de insumos mejorados; se señala que la pobreza en la agricultura reduce la adopción de tecnologías mejoradas (Bernard *et al.*, 2010), y que la riqueza y el ingreso están relacionados con la posibilidad de adquirir más insumos agrícolas (Saín y Martínez, 1999).

En el sector agrícola de México también se observa una

relación positiva entre la tasa de adopción y el ingreso por hectárea. En estados como Sinaloa y Sonora, en donde la tasa de adopción de fertilizantes es >90%, el ingreso fue en promedio de 29,4 y 44,2 miles de MXN\$/ha en el periodo 2011-2013. Seguramente, el alto ingreso por unidad de superficie es generado por el alto rendimiento generado por usar fertilizante.

El precio de los insumos agrícolas es otro factor que afecta la tasa de adopción de fertilizantes en el sector agrícola de México. 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 la semilla mejorada y plaguicidas, son determinantes en la tasa de adopción de fertilizantes. Un alto precio de los insumos disminuye la probabilidad de adopción de tecnologías mejoradas (Gecho y Punjabi, 2011).

Otros factores que explican la TAF serían el grado de mecanización y el nivel de educación de los productores agrícolas. La aplicación de fertilizantes en dosis altas se facilita a través del uso de maquinaria. Otro factor que determina la adopción de fertilizantes son los subsidios que recibe el productor a través del Programa de Apoyos al Campo (PROCAMPO, hoy PROAGRO; SAGARPA, 2014). El efecto del programa se ha dado a través del mejoramiento de la tierra y rendimientos por hectárea, ya que 76% de los beneficiarios utilizó el apoyo para cultivar la tierra y mejorar su capacidad productiva, y 51, 75 y 100% del apoyo del Programa recibidos por los productores pequeños, medianos y grandes, respectivamente, se invierte en actividades agrícolas (García Santillán, 2004).

El objetivo del presente estudio fue analizar los factores que

determinan la TAF en el sector agrícola de México. La importancia del estudio radica en que un aumento en la producción se obtendría por el uso de fertilizantes, mejorando el nivel de vida de los productores agrícolas. Se espera que aumentos en el tamaño de las unidades de producción y del ingreso por hectárea aumenten la TAF, que una disminución en los precios de los insumos agrícolas tenga un efecto similar, al igual que un aumento en la cantidad de tractores, grado de educación y monto del subsidio otorgado por PROCAMPO.

## Materiales y Métodos

Para determinar los factores que afectan la tasa de adopción de fertilizantes se usó un modelo logit agrupado, en donde la tasa de adopción se define como la probabilidad de usar fertilizantes (o no usar fertilizantes). Considerando  $i=1,2,\dots,I$  ( $I=32$ ) estados en donde se desarrolla la agricultura en el país, la probabilidad de usar fertilizante ( $P_i$ ) se define como:

$$P_i = TAF_i = \frac{SAF_i}{SA_i} \quad (1)$$

$$1 - P_i = \frac{(ST_i - SAF_i)}{ST_i} \quad (2)$$

donde TAF<sub>i</sub>: tasa de adopción de fertilizantes, SAF<sub>i</sub>: superficie agrícola que usa fertilizantes, ST<sub>i</sub>: superficie agrícola nacional, y  $1 - P_i$ : probabilidad de no usar fertilizantes en  $i$ . El criterio de agrupación de los datos fueron las 32 entidades con superficie agrícola que consumen fertilizantes en México.

El modelo propuesto para determinar los factores que afectan la probabilidad (Gujarati y Porter, 2010) es:

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 TAM_i + \beta_3 ING_i + \beta_4 PFE_i + \beta_5 PSE_i + \beta_6 PPL_i + \beta_7 MEC_i + \beta_8 PEDB_i + \beta_9 PROC_i + u_i \quad (3)$$

donde para la región  $i$ ,  $L_i$ : logaritmo natural de la razón de probabilidades [ $P_i/(1 - P_i)$ ], TAM<sub>i</sub>: tamaño de predio (ha), ING<sub>i</sub>: ingreso en miles de MXN\$/ha, PFE<sub>i</sub>: precio del fertilizante en MXN\$/t, SM<sub>i</sub>: precio de la semilla mejorada en MXN\$/kg, PPL<sub>i</sub>: precio de los plaguicidas en MXN\$/lit, MEC<sub>i</sub>: cantidad de tractores/1000ha, PEDB<sub>i</sub>: población con educación primaria en miles de habitantes, PROC<sub>i</sub>: pago del Programa de Apoyos al Campo (PROCAMPO) en MXN\$/ha, y  $u_i$ : término de error, el cual sigue una distribución normal con media= 0 y varianza=  $1/[ST_i P_i (1 - P_i)]$ , lo que indica que el término de perturbación es heteroscedástico (Gujarati y Porter, 2010).

Si se considera al productor agrícola 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 los precios de los fertilizantes, de la semilla mejorada, de los plaguicidas y del producto, así como la productividad marginal del insumo.

Con base en la teoría económica, se espera una relación positiva entre la probabilidad de usar fertilizantes 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.

El problema de heteroscedasticidad de la Ec. 3 se puede resolver transformando cada variable (Gujarati y Porter, 2010) de la siguiente manera:

$$\sqrt{w_i} L_i = \beta_1 \sqrt{w_i} + \beta_2 \sqrt{w_i} TAM_i + \beta_3 \sqrt{w_i} ING_i + \beta_4 \sqrt{w_i} PSE_i + \beta_5 \sqrt{w_i} PFE_i + \beta_6 \sqrt{w_i} PPL_i + \beta_7 \sqrt{w_i} MEC_i + \beta_8 \sqrt{w_i} PEDM_i + \beta_9 \sqrt{w_i} PROC_i + \sqrt{w_i} u_i \quad (4)$$

$$L_i^* = \beta_1 \sqrt{w_i} + \beta_2 TAM_i^* + \beta_3 ING_i^* + \beta_4 PFE_i^* + \beta_5 PFE_i^* + \beta_6 PPL_i^* + \beta_7 MEC_i^* + \beta_8 PEDM_i^* + \beta_9 PROC_i^* + v_i \quad (5)$$

donde,  $\sqrt{w_i} = \sqrt{ST_i P_i (1 - P_i)}$ ,  $L_i^*$  es:  $L_i$  transformada o ponderada, TAM<sub>i</sub><sup>\*</sup>: tamaño de predio ponderado, ING<sub>i</sub><sup>\*</sup>: ingreso ponderado, PSE<sub>i</sub><sup>\*</sup>: precio de la semilla ponderado, PFE<sub>i</sub><sup>\*</sup>: precio del fertilizante ponderado, PPL<sub>i</sub><sup>\*</sup>: precio de los plaguicidas ponderado, MEC<sub>i</sub><sup>\*</sup>: cantidad de tractores ponderada, PEDB<sub>i</sub><sup>\*</sup>: población con educación primaria ponderada, PROC<sub>i</sub><sup>\*</sup>: pago de PROCAMPO ponderado, y  $v_i$ : 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  $\hat{L}_i = \ln[\hat{P}_i / (1 - \hat{P}_i)]$ , entonces al tomar el antilogaritmo de  $\hat{L}_i$  se obtiene  $\hat{P}_i / (1 - \hat{P}_i)$ , es decir, la razón de probabilidades predichas, esto es:

$$\frac{\hat{P}_i}{1 - \hat{P}_i} = e^{\hat{L}_i} \quad (6)$$

De la Ec. 6, la probabilidad predicha de usar fertilizantes se obtiene como:

$$\hat{P}_i = \frac{e^{\hat{L}_i}}{1 + e^{\hat{L}_i}} \quad (7)$$

Una vez que se obtiene la probabilidad predicha con la Ec. 7, se puede estimar el consumo de fertilizantes en cada región agrícola  $i$  de la siguiente manera:

$$DEF_i = \hat{P}_i \times ST_i \times CPF_i \quad (8)$$

donde CPF<sub>i</sub>: consumo per-cápita de fertilizantes en  $i$ .

Para analizar como las variables independientes afectan la TAF se plantearon los siguientes escenarios: 1) Aumento en el tamaño de predio en 5, 10 y 15%. 2) Aumento en el ingreso. 3) Disminución en el precio del fertilizante. 4) Disminución en el precio de la semilla. 5) Disminución simultánea en el precio de los insumos (semilla, fertilizantes y plaguicidas). En el primer escenario se considera que el productor agrícola puede aumentar su predio a través de la renta o compra de tierra a otros productores que

se dedican a sembrar el mismo cultivo, y la superficie agrícola total se mantiene constante. El último escenario es importante para analizar los efectos de un cambio en los precios de los insumos que integran el paquete tecnológico.

Con la Ec. 8 se obtiene la probabilidad predicha de usar fertilizantes en cada región i. Para tener un indicador nacional de la TAF, se calculó la probabilidad nacional promedio así:

$$P_p = \sum_{i=1}^I [\hat{P}_i \times \delta_i] \quad (9)$$

donde  $P_p$ : probabilidad nacional promedio de utilizar fertilizantes, y  $\delta_i = \frac{ST_i}{SNT}$ : participación de la región i en la superficie total agrícola.

La estimación del modelo se realizó con datos de cada entidad federativa para 2011, 2012 y 2013. Para mayor representatividad, la superficie total y la superficie que usa fertilizantes corresponde al promedio de tres años. Los datos usados para la estimación del modelo provinieron de las siguientes fuentes: la superficie sembrada agrícola total, la superficie sembrada agrícola que usa fertilizante y el ingreso por hectárea promedio observado por estado se obtuvo del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015a, b). El tamaño de predio de las unidades de producción agrícola y la cantidad de tractores en el sector agrícola se obtuvieron del Censo Agropecuario más reciente (INEGI, 2007). La fuente de información para el precio de la semilla mejorada por entidad federativa fue la página del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2014). Los precios de fertilizantes y plaguicidas provinieron del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2014). La estimación del modelo se realizó usando el paquete estadístico SAS (1999).

## Resultados y Discusión

En la Tabla I se presentan los indicadores estadísticos de las

TABLA I.  
INDICADORES ESTADÍSTICOS DE LAS VARIABLES DEL MODELO

Variable	Promedio aritmético	Promedio ponderado	Valor mínimo	Valor máximo
TAM* (ha)	9,8	10,3	1,7	39,2
ING* (MXN\$/ha)	24,2	20,0	4,3	77,8
PSE* (MXN\$/kg)	65,3	67,8	49,0	91,5
PFE* (MXN\$/t)	8.504,9	8.415,8	5.783,0	10.686,0
PLA* (MXN\$/l)	198,4	192,4	142,9	334,5
MEC* (Tractores/10 <sup>3</sup> hab)	12,0	10,6	0,3	27,0
PEDB* (×10 <sup>3</sup> hab)	686,3	668,7	39,0	1982,0
PROC* (×10 <sup>6</sup> MXN\$)	426,7	299,0	3,0	1328,0

TAM\*: tamaño de predio ponderado, ING\*: ingreso ponderado, PSE\*: precio de la semilla ponderado, PFE\*: precio del fertilizante ponderado, PPL\*: precio de los plaguicidas ponderado, MEC\*: cantidad de tractores ponderada, PEDB\*: población con educación primaria ponderada, PROC\*: pago de PROCAMPO ponderado.

variables de modelo y en la Tabla II 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 0,77. La F calculada (Fc) fue mayor a las F de Tabla (Ft) (P= 10%). El valor absoluto de t es  $\geq 1$  para los cinco parámetros, excepto en el tamaño de predio. Se realizó la Prueba de Park (Gujarati y Porter, 2010) 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 entre 0 y 1.

En el análisis es importante evaluar los resultados de la estimación del modelo de acuerdo con su conveniencia en el marco de la teoría económica. Los parámetros del tamaño de predio y el ingreso tienen un signo positivo. Los parámetros de los precios de semilla mejorada,

fertilizante y plaguicidas tienen un signo negativo. Las variables número de tractores, población con educación y pago de PROCAMPO también resultaron con signo positivo.

Al emplear las Ecs. 8 y 9 se obtiene la probabilidad de que alguna de las variables independientes experimente un cambio. Los cambios que se presentan en la Tabla III se calcularon para cada entidad, aunque sólo se presenta la probabilidad nacional promedio. La probabilidad nacional promedio estimada (0,6572) mediante las probabilidades predichas de cada estado está cercana al valor observado (0,6451). El consumo estimado de fertilizante fue de  $4453 \times 10^3$ t, 1,8% menor al valor observado ( $4536 \times 10^3$ t). El consumo potencial de fertilizantes fue  $6902 \times 10^3$ t y no experimentó cambios porque la superficie agrícola total sembrada fue constante.

El tamaño promedio de predio fue de 9,8ha (Tabla I). Con un aumento de 5% en el tamaño de predio en todas las regiones, la TAF aumentaría en 0,3% (de 0,6451 a 0,6469). Debido a que la TAF tiene un efecto positivo sobre el consumo de fertilizantes, entonces este último también crecería en 0,3%. La brecha entre el consumo de fertilizantes y el consumo potencial disminuiría a  $2437 \times 10^3$ t; un 0,5% menor en relación con el escenario base. Estos resultados indican una relación positiva entre el tamaño de predio y la TAF.

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 agrícola. Los costos de transacción por unidad de superficie son más bajos para los productores con predios grandes (Paredes y Martín, 2007).

El ingreso es otro factor que afecta de manera positiva el uso de fertilizantes. En el año de análisis, el ingreso promedio fue de 24400 MXN\$/ha (Tabla I). Si este ingreso aumentara en 5%, la TAF, y el consumo de fertilizantes aumentaría en 1,7% (de 0,6451 a 0,6552), y de  $4453$  a  $4522 \times 10^3$ t. La brecha entre el consumo de fertilizantes observado y potencial disminuiría a  $2380 \times 10^3$ t;

TABLA II.  
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DEL MODELO LOGIT (N=32)

Variable	Parámetro estimado	Error estándar	Valor de t	Prob > t	R <sup>2</sup>	Fc	Prob >F
w <sup>1/2</sup>	2,44615	1,70241	1,44	0,1642	0,77	8,93	0,0001
TAM*	0,01921	0,02405	0,80	0,4326			
ING*	0,05985	0,02012	2,97	0,0068			
PSE*	-0,0093	0,00742	-1,25	0,2224			
PFE*	-0,000298	0,0001947	-1,53	0,1398			
PLA*	-0,00496	0,0047	-1,06	0,3019			
MEC*	0,02967	0,2469	0,12	0,2418			
PEDB*	0,0002256	0,00035	0,64	0,5256			
PROC*	0,0006548	0,0004723	1,39	0,1789			

TAM\*: tamaño de predio ponderado, ING\*: ingreso ponderado, PSE\*: precio de la semilla ponderado, PFE\*: precio del fertilizante ponderado, PPL\*: precio de los plaguicidas ponderado, MEC\*: cantidad de tractores ponderada, PEDB\*: población con educación primaria ponderada, PROC\*: pago de PROCAMPO ponderado.

TABLA III  
EFECTO DE CAMBIOS EN LAS VARIABLES INDEPENDIENTES SOBRE  
LA PROBABILIDAD DE USAR FERTILIZANTES ( $\times 10^3$ T)

Cambio en las variables independientes		Probabilidad nacional promedio	Consumo de fertilizantes	Consumo potencial fertilizantes	Diferencia
		1	2	3	4= 3-2
Datos observados (2008/2010)					
		0,6572	4536	6902	2366
Escenario base (datos estimados)					
		0,6451	4453	6902	2450
TAM aumenta en:					
5%		0,6469	4465	6902	2437
10%		0,6487	4478	6902	2425
15%		0,6504	4489	6902	2413
ING aumenta en:					
5%		0,6552	4522	6902	2380
10%		0,6651	4591	6902	2312
15%		0,6747	4657	6902	2245
PFE disminuye en:					
5%		0,6692	4619	6902	2283
10%		0,6927	4781	6902	2121
15%		0,7154	4938	6902	1964
PSE disminuye en:					
5%		0,6514	4496	6902	2406
10%		0,6577	4540	6902	2363
15%		0,6640	4583	6902	2319
PSE, PFE y PPL disminuyen en:					
5%		0,6845	4725	6902	2178
10%		0,7219	4983	6902	1920
15%		0,7570	5225	6902	1677
PROC aumenta en:					
5%		0,6494	4482	6902	2420
10%		0,6536	4511	6902	2391
15%		0,6578	4540	6902	2362
Cambio en% respecto al escenario base					
TAM aumenta en:					
5%		0,3	0,3	0,0	-0,5
10%		0,6	0,6	0,0	-1,0
15%		0,8	0,8	0,0	-1,5
ING aumenta en:					
5%		1,6	1,6	0,0	-2,8
10%		3,1	3,1	0,0	-5,6
15%		4,6	4,6	0,0	-8,3
PFE disminuye en:					
5%		3,7	3,7	0,0	-6,8
10%		7,4	7,4	0,0	-13,4
15%		10,9	10,9	0,0	-19,8
PSE disminuye en:					
5%		1,0	1,0	0,0	-1,8
10%		2,0	2,0	0,0	-3,6
15%		2,9	2,9	0,0	-5,3
PSE, PFE y PPL disminuyen en:					
5%		6,1	6,1	0,0	-11,1
10%		11,9	11,9	0,0	-21,6
15%		17,3	17,3	0,0	-31,5
PROC aumenta en:					
5%		0,7	0,7	0,0	-1,2
10%		1,3	1,3	0,0	-2,4
15%		2,0	2,0	0,0	-3,6

TAM: tamaño de predio, ING: ingreso, PSE: precio de la semilla, PFE: precio del fertilizante, PPL: precio de los plaguicidas, PROC: pago de PROCAMPO.

2,8% menor en relación al escenario base (Tabla III).

Esta relación positiva entre la TAF y el nivel de ingreso también fue detectada por otros autores (Sain y Martínez, 1999; Bernard *et al.*, 2010),

quienes encontraron que la riqueza y el ingreso están relacionados con la adopción de insumos mejorados en los sectores agrícolas de Kenia y Guatemala. Un aumento en el ingreso podría proceder de un

aumento en el precio del producto vendido, o de un aumento en la productividad.

El precio promedio del fertilizante fue de 8505 MXN\$/t y tiene una influencia negativa sobre la TAF; i.e., una dismi-

nución de 5% en esta variable originaría un aumento de 3,7% en la TAF pasando de 0,6451 a 0,6692. La relación negativa entre el precio y la TAF se explica por la ley de la demanda. El valor medio del precio de la semilla se ubicó en 65,3 MXN\$/kg y el precio de los plaguicidas en 198,4 MXN\$/lit (Tabla II). Los resultados indican que la TAF experimenta un aumento de 6,1% (de 64,51 a 68,45%) cuando los precios de la semilla, fertilizante y plaguicidas disminuyen en 5%, respectivamente. Por el aumento en el consumo de fertilizantes en 6,1%, la brecha entre el consumo observado y potencial disminuiría en 11,1% para ubicarse en  $2178 \times 10^3$ t (Tabla III).

Los resultados muestran la importancia del paquete tecnológico en el aumento de la productividad. Un mayor efecto sobre la tasa de utilización de semilla mejorada solo podrá venir a través de mejores precios en los insumos que usa el productor para incrementar su nivel de productividad.

PROCAMPO tiene un efecto positivo sobre la probabilidad de usar semilla mejorada. El monto anual promedio de subsidios otorgado a través de PROCAMPO fue de MXN\$  $426,7 \times 10^6$ . Ese subsidio tiene una influencia positiva sobre la probabilidad de usar fertilizantes; i.e., un aumento de 5% en el monto de PROCAMPO originaría un aumento de 0,7% en la probabilidad de usar fertilizante (de 0,6451 a 0,6494). La relación positiva se explica porque con un mayor ingreso por concepto de subsidios se puede lograr un mejoramiento de la tierra.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos de la estimación de un modelo logit aplicado a la probabilidad de usar fertilizante en la superficie agrícola de México indican que el tamaño del predio, el ingreso y los subsidios otorgados a través de PROCAMPO tienen un impacto positivo sobre la tasa de utilización de fertilizantes. Un aumento en dichas variables aumentaría la

probabilidad de usar fertilizante, y esto incrementaría el consumo de los abonos químicos.

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 el consumo observado total y el consumo potencial. 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.

#### REFERENCIAS

- Bernard M, Hellin J, Nyikal R, Mburu J (2010) Determinants for use of certified maize seed and the relative importance of transaction costs. *Joint 3<sup>rd</sup> African Assoc. Agric. Economists and 48<sup>th</sup> Agric. Economists Assoc. of South Africa Conference*. (19-23/09). Cape Town, South Africa, 26 pp.
- FAO-IFA (1992) *Los Fertilizantes y sus Usos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes Paris, Francia. 77 pp.
- García Santillán A (2004) *Un Estudio Empírico sobre Alianza para el Campo, PROCAMPO, Remesas y Financiamiento Bancario y su Influencia en el Saneamiento de las Finanzas Rurales y Producción Agropecuaria. El Caso de Aguascalientes. Factibilidad de Bursatilizar Procampo*. Tesis. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 309 pp.
- Gobierno de la República (2013) *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. pnd.gob.mx/wp-content/uploads/2013/05/PND.pdf
- Gecho Y., Punjabi NK (2011) Determinants of adoption of improved maize technology in Damot Gale, Wolaita, Ethiopia. *Rajasthan J. Extens. Educ.* 19: 1-9.
- Gujarati DN y Porter DC (2010). *Econometría*. 5<sup>a</sup> ed. McGraw Hill. México. 921 pp.
- INEGI (2007) *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\_Agricola/default.aspx
- INEGI (2015) *Estadísticas Históricas de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\_estruc/HyM2014/EHM2014.pdf
- Kafle B (2010) Determinants of adoption of improved maize varieties in developing countries: A review. *Intl. Res. J. Appl. Bas. Sci.* 1: 1-7.
- Paredes C, Martin MA (2007) Adoption of transgenic crops by smallholder farmers in Entre Rios, Argentina. *Am. Agric. Econ. Assoc. Annu. Meet.* Portland, OR, EEUU. (29/07-01/08). 26 pp.
- SAGARPA (2014) Transformación de PROCAMPO a PROAGRO acentúa impulso a producción agroalimentaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/2014/enero/Documents/2014B022.pdf>
- SAS (1999) *SAS/ETS User's Guide*, Version 8. Statistical Analysis System Institute Inc. Cary, NC, USA. 1546 pp.
- Sáin G, Martínez J (1999) *Adoption and Use of Improved Maize by Small-Scale Farmers in Southeast Guatemala*. CIMMYT Economic Paper 99-04. México. 25 pp.
- SIAP (2015a) *Producción Agropecuaria y Pesquera, Tecnificación, Uso de Tecnología y Servicios en el Campo*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [www.siap.gob.mx/tecnificacion/](http://www.siap.gob.mx/tecnificacion/)
- SIAP (2015b) *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [nube.siap.gob.mx/cierreagricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/)
- SIAVI (2015) *Exportaciones e Importaciones de Fertilizantes*. Sistema de Información Comercial Vía Internet. [www.economia-snci.gob.mx/](http://www.economia-snci.gob.mx/)
- SNICS (2014) *Precios, Existencias y Estadísticas de la Producción de Semilla*. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. [snci.sagarpa.gob.mx/certificacion/Paginas/Precios y Existencias.aspx](http://snci.sagarpa.gob.mx/certificacion/Paginas/Precios y Existencias.aspx)
- SNIIM (2014) *Precio de los Insumos Agrícolas*. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. [www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/](http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/)
- Sserunkuuma D (2005) The adoption and impact of improved maize and land management technologies in Uganda. *e-J. Agric. Dev. Econ.* 2: 67-84.