

EL TAMAÑO DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.): UN DESAFÍO PARA ELEVAR LA TASA DE UTILIZACIÓN DE SEMILLA MEJORADA

SIZE OF CORN (*Zea mays* L.) PRODUCTION UNITS: A CHALLENGE TO RAISE THE UTILIZATION RATE OF SEED IMPROVED

J. Alberto García-Salazar*, Rocío Ramírez-Jaspeado

Economía. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (jsalazar@colpos.mx).

RESUMEN

Un objetivo del Programa de Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional (MasAgro) es el aumento de la producción de maíz (*Zea mays* L.) a través de prácticas agronómicas mejoradas y el uso de semilla mejorada de rendimiento alto. Para cuantificar la relación entre el tamaño de las unidades de producción (UP) de maíz y la tasa de utilización de semilla mejorada (TUM) se construyó un modelo de ecuaciones simultáneas integrado por ecuaciones que relacionan la producción, el rendimiento, las tasas de utilización de semilla mejorada y criolla, y el ingreso por hectárea en ocho regiones productoras de México. El análisis de los resultados indican una relación positiva entre el tamaño de la UP y la TUM. En el Noroeste y Occidente de México, regiones con el mayor rendimiento promedio (8.9 y 4.3 t ha⁻¹), el tamaño de la UP requerido para una TUM de 100 % sería 12.4 y 8.7 ha. En la Península de Yucatán y Norte del país, regiones con el rendimiento promedio menor (1.3 y 2.2 t ha⁻¹), el tamaño requerido para disminuir la tasa de utilización de semilla criolla a cero es más de 30 ha. El aumento del tamaño de la UP es un desafío de MasAgro.

Palabras clave: *Zea mays* L., tamaño de las unidades de producción, ingreso por hectárea, tasa de utilización de semilla mejorada.

INTRODUCCIÓN

Para aumentar la producción y enfrentar probables incrementos en el precio internacional de maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum*), en 2010 el gobierno mexicano inició el programa de Modernización Sustentable de Agricultura Tradicional

ABSTRACT

An objective of the Sustainable Modernization Program of Traditional Agriculture (MasAgro) is the increase of corn (*Zea mays* L.) production through improved agronomical practices and the use of high yield improved seed. To quantify the relationship between the size of the corn production units (PU) and the utilization rate of improved seed (TUM), a model of simultaneous equations was constructed integrated by equations that relate production, yield, utilization rates of improved and landrace seed, and the income per hectare in eight production regions of México. Analysis of results indicate a positive relationship between the size of the PU and the TUM. In the Northeast and West of México, regions with the highest average yield (8.9 and 4.3 t ha⁻¹), the size of the PU required for a TUM of 100 % would be 12.4 and 8.7 ha. In the Yucatán Peninsula and Northern part of the country, regions with the lowest average yield (1.3 and 2.2 t ha⁻¹), the size required to reduce the utilization rate of native seed to zero is more than 30 ha. The increase in size of the PU is a challenge of MasAgro.

Key words: *Zea mays* L., size of production units, income per hectare, utilization rate of improved seed.

INTRODUCTION

To increase production and confront probable increments in the international price of corn (*Zea mays* L.) and wheat (*Triticum aestivum*), in 2010 the mexican government started the program of Sustainable Modernization of Traditional Agriculture (MasAgro), directed by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) and the Secretary of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fishing and Food (SAGARPA). This program is aimed at small farmers and concentrates on improved agronomical practices, the use of high

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: septiembre, 2012. Aprobado: octubre, 2013.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 47: 837-849. 2013.

(MasAgro), dirigido por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Está destinado a pequeños agricultores y se concentra en prácticas agronómicas mejoradas, uso de semilla de rendimiento alto y aumentar la producción de maíz en 13.7×10^6 t en áreas de temporal.

El éxito de MasAgro depende de la adopción de paquetes tecnológicos que usen semilla mejorada y, por tanto, de la demanda de este insumo por el productor. El objetivo de MasAgro genera las siguientes interrogantes: ¿cuál es la magnitud de la tasa de utilización de semilla mejorada (TUM)?, ¿cómo impacta la TUM el rendimiento y la producción? y ¿qué factores determinan la magnitud de la TUM? Algunas investigaciones se han centrado en estas preguntas y han proporcionado datos nacionales. Según el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla, la cobertura de la superficie sembrada de granos básicos (entre ellos el maíz) con semilla certificada en México es aproximadamente 40 % (Rodríguez-Flores, 2011).

La producción de maíz se obtiene con semilla criolla y mejorada y su rendimiento promedio depende de los rendimientos de ambos tipos de semilla. Un aumento en la TUM acercará el rendimiento actual al potencial, por lo que la relación entre ambos es positiva. La TUM está relacionada directamente con la demanda de semilla mejorada, y los factores que determinarían su magnitud son el precio de la semilla, el ingreso por hectárea, el tamaño de la unidad de producción (UP), los subsidios al ingreso, y factores culturales y de resistencia al cambio.

Según SNICS (2011), la producción de este insumo se concentra en entidades del Noroeste donde la TUM es cercana a 100 %. El precio de la semilla mejorada en la parcela es igual al precio de salida de fábrica más el costo de transporte por llevar el insumo al productor. Por tanto, el precio es menor en estados donde se concentra la industria de semilla mejorada y allí la demanda es mayor. Así se cumple la ley de la demanda y se establece una relación negativa entre el precio de la semilla y la demanda del insumo, y entre el precio de la semilla y la tasa de utilización. Estudios comparativos muestran problemas de costos altos del transporte de productos e insumos agrícolas (OCDE, 2007; Dussel-Peters, 2008) en México, por lo cual el precio de la semilla es más competitivo en

yield seed and to increase of corn production in 13.7×10^6 t in rain-fed areas.

The success of MasAgro depends on the adoption of technological practices that use improved seed and therefore, the demand of this input by the producer. The objective of MasAgro generates the following questions: What is the magnitude of the utilization rate of improved seed (TUM)? What factors determine the magnitude of the TUM? Some investigations have centered on these questions and have provided national data. According to the National Seed Inspection and Certification Service, the surface sown with basic grains (including corn) with seed certified in México is approximately 40 % (Rodríguez-Flores, 2011).

Corn production is obtained with landrace and improved seeds and its average yield depends on the yields of both types of seed. An increase in the TUM will bring the present yield closer to the potential, thus the relationship between the two is positive. The TUM is directly related to the demand of improved seed, and the factors that will determine its magnitude are the price of the seed, income per hectare, production unit size (PU), subsidies to income, cultural factors and resistance to change.

According to SNICS (2011), the production of this input is concentrated in entities of the Northeast where the TUM is close to 100 %. The price of improved seed in the plot is equal to the factory output price plus the cost of transportation for taking the product to the producer. Therefore, the price is lower in states where the improved seed industry is concentrated and there the demand is greater; that is, the law of demand is followed and a negative relationship is established between the price of the seed and the demand of the input, and between the price of the seed and the utilization rate. Comparative studies show that México presents problems of high costs of transport of products and agricultural inputs (OCDE, 2007; Dussel-Peters, 2008); thus, the seed price is more competitive in the states where the improved seed production industry is located, allowing a higher consumption of the input by the producers.

The income per hectare received by the producer affects the TUM and depends on the yield level of the production unit and the price received by the producer. The state of Sinaloa has the highest yield of the country in corn production (more than 10 t ha^{-1})

los estados donde está la industria productora de semilla mejorada permitiendo un consumo mayor del insumo por los productores.

El ingreso por hectárea recibido por el productor afecta la TUM y depende del nivel de rendimiento de la unidad de producción y del precio recibido por el productor. El estado de Sinaloa tiene el rendimiento mayor del país en la producción de maíz (superior a 10 t ha^{-1}) y la TUM es cercana a 100 %. En regiones pobres donde el ingreso por hectárea es bajo, como en el Sur y Sureste del país, un aumento en el ingreso permite al productor adquirir bienes de subsistencia como alimentos y comprar insumos agrícolas que mejoran la productividad de la UP.

El incremento en la UP permite aumentar el ingreso de la empresa (ingreso por hectárea por el tamaño del predio) y es un factor que explica la TUM. A tamaño mayor de la UP, el ingreso de la empresa es mayor y un poder económico más alto para adquirir insumos mejorados que aumentan la productividad. INEGI (2009) señala que el tamaño de la UP es mayor en estados del Noroeste, que tienen la TUM más alta. Esta relación sugiere que el tamaño de predio tiene un efecto positivo sobre la TUM; además, en algunos estados del Noroeste un tamaño mayor tiene otros efectos benéficos como un acceso mayor al crédito y a subsidios. Así, SAGARPA (2010) indica que la oferta crediticia por la banca comercial se asigna principalmente a productores con predios con más hectáreas, localizados en los estados de Sonora y Sinaloa. Además, los subsidios como PROCAMPO, otorgados al productor con base en la superficie cultivada, se destinan principalmente a productores con predio de tamaño mayor (CEDRSSA, 2005).

El análisis de los factores que determinan la tasa de utilización de semilla mejorada genera la siguiente interrogante: ¿Cuál tamaño de la UP aumenta la tasa de utilización a 100 %? Para responder esta pregunta, el objetivo de este estudio fue determinar el tamaño de la UP que permita llevar la TUM, el rendimiento y la producción de maíz a su situación potencial. La hipótesis fue que existe una relación positiva entre el tamaño de las UP y la tasa de utilización de semilla mejorada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un modelo de ecuaciones simultáneas fue construido para relacionar la producción, el rendimiento, la TUM, la tasa de

and the TUM is close to 100 %. In poor regions where the income per hectare is low, such as in the South and Southeast of the country, an increase in income allows the producer to acquire subsistence goods such as food and to buy agricultural inputs that improve the productivity of the PU.

The increment in the PU makes it possible to increase the income of the business (income per hectare by plot size) and is a factor that explains the TUM. The larger the PU, the higher the income of the business and the higher the economic capacity for acquiring improved inputs that increase productivity. INEGI (2009) points out that the PU size is greater in states of the Northeast, which have the highest TUM. This relationship suggests that plot size has a positive effect on the TUM; furthermore, in some states of the Northeast a greater size has other beneficial effects such as a greater access to credit and subsidies. Thus, SAGARPA (2010) indicates that the credit offer by the commercial bank is assigned principally to producers with plots of a higher number of hectares located in the states of Sonora and Sinaloa. Furthermore, the subsidies such as PROCAMPO, given to the producer based on cultivated surface, are mainly destined to producers with a larger plot size (CEDRSSA, 2005).

The analysis of the factors that determine the utilization rate of improved seed generates the following question: What size of PU raises the utilization rate to 100 %? To answer this question, the objective of the present study was to determine the size of PU that makes it possible to raise the TUM, yield and production of corn to its potential situation. The hypothesis was that there is a positive relationship between the size of the PU and the utilization rate of improved seed.

MATERIALS AND METHODS

A simultaneous equations model was constructed to relate production, yield, TUM, utilization rate of landrace seed (TUC) and income of the producer, because the model: 1) makes it possible to capture the relationship among the variables of the study: production, average yield, utilization rate of improved seed, utilization rate of landrace seed, income per hectare and plot size; 2) the most important variables (the TUM) are independent in some relationships (Equation 2), and dependent in others; 3) allows to differentiate the endogenous variables from the exogenous; 4) makes it possible to carry out scenarios through

utilización de semilla criolla (TUC) y el ingreso del productor, porque el modelo: 1) permite captar la relación entre las variables del estudio: producción, rendimiento promedio, tasa de utilización de semilla mejorada, tasa de utilización de semilla criolla, ingresos por hectárea y tamaño del predio; 2) las variables más importantes (la TUM) son independientes en algunas relaciones (Ecuación 2), y dependientes en otras; 3) permite diferenciar las variables endógenas de las exógenas; 4) permite realizar escenarios a través de cambios en las variables exógenas que impactan la magnitud de las variables endógenas; 5) su formulación en hojas de cálculo facilita la elaboración de escenarios. El modelo permite medir los efectos de aumentos en el tamaño de la UP y subsidios sobre la TUM, el rendimiento y la producción, y su representación matemática es:

$$q_i = s_i \times rp_i \quad 1)$$

$$rp_i = rc_i \times TUC_i + rm_i \times TUM_i \quad 2)$$

$$TUC_i = 1 - TUM_i \quad 3)$$

$$TUM_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}y_i + \beta_{2i}tp_i + \beta_{3i} + ps_i \quad 4)$$

$$y_i = rp_i \times pm_i + oin_i \quad 5)$$

donde para la región i , q_i es la producción de maíz (t); s_i es la superficie de maíz (ha); rp_i es el rendimiento promedio ponderado de maíz (t ha⁻¹); rc_i es el rendimiento de maíz obtenido con semilla criolla (t ha⁻¹); TUC_i es la tasa de utilización de semilla criolla (%); rm_i es el rendimiento de maíz obtenido con semilla mejorada (t ha⁻¹); TUM_i es la tasa de utilización de semilla mejorada (%); y_i es el ingreso por ha (\$ ha⁻¹); tp_i es el tamaño de la UP (ha); pm_i es el precio medio rural (\$ ha⁻¹); oin_i son otros ingresos (\$ ha⁻¹), como los subsidios recibidos por hectárea.

La Ecuación 1 indica que la producción de maíz es igual a la superficie cosechada multiplicada por el rendimiento promedio. En el modelo la superficie es constante y un aumento en la producción provendrá de un aumento en el rendimiento. A medida que el rendimiento promedio observado se acerca a su nivel potencial, la producción también se acercará a ese nivel.

La Ecuación 2 indica que el rendimiento promedio observado de maíz es la suma ponderada de los rendimientos obtenidos con semilla mejorada (rm) y criolla (rc). El factor de ponderación es la participación de la superficie sembrada con cada tecnología en la superficie total de maíz. Desagregando la superficie cosechada en aquella que usa semilla mejorada (sm) y criolla (sc), la producción de maíz es igual a:

changes in the exogenous variables that impact the magnitude of the endogenous variables; 5) their formulation with calculation sheets facilitates the elaboration of scenarios. The model makes it possible to measure the effects of increases in the size of the PU and subsidies over the TUM, yield and production, and its mathematical representation is as follows:

$$q_i = s_i \times rp_i \quad 1)$$

$$rp_i = rc_i \times TUC_i + rm_i \times TUM_i \quad 2)$$

$$TUC_i = 1 - TUM_i \quad 3)$$

$$TUM_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}y_i + \beta_{2i}tp_i + \beta_{3i} + ps_i \quad 4)$$

$$y_i = rp_i \times pm_i + oin_i \quad 5)$$

where for the region i , q_i is corn production (t); s_i is the surface of corn (ha); rp_i is the weighted average corn yield obtained with landrace seed (t ha⁻¹); rc_i is the corn yield obtained with landrace seed (t ha⁻¹); TUC_i is the utilization rate of landrace seed (%); rm_i is the corn yield obtained with improved seed (t ha⁻¹); TUM_i is the utilization rate of improved seed (%); y_i is income per hectare (\$ ha⁻¹); tp_i is the size of the PU (ha); pm_i is the mean rural price (\$ ha⁻¹); oin_i is other income (\$ ha⁻¹), such as subsidies received per hectare.

Equation 1 indicates that the corn production is equal to the harvested surface multiplied by the average yield. In the model, the surface is constant and an increase in production would result from an increase in yield. As the observed average yield approaches its potential level, production also will approach this level.

Equation 2 indicates that the observed average corn yield is the weighted sum of the yields obtained with improved (rm) and landrace seed (rc). The factor of weighting is the participation of the sown surface with each technology in the total corn surface. Separating the sown surface into that with improved (sm) and landrace seed (sc), corn production is equal to:

$$q_i = rm_i \times sm_i + rc_i \times sc_i \quad 6)$$

Equation 2 is obtained by dividing Equation 6 by the total surface (s_i) and defining the utilization rate of improved and landrace seed as:

$$TUM_i = \frac{sm_i}{s_i} \quad 7)$$

$$q_i = rm_i \times sm_i + rc_i \times sc_i \quad (6)$$

La Ecuación 2 se obtiene dividiendo la Ecuación 6 entre la superficie total (s_i) y definiendo la tasa de utilización de semilla mejorada y criolla como:

$$TUM_i = \frac{sm_i}{s_i} \quad (7)$$

$$TUC_i = \frac{sc_i}{s_i} \quad (8)$$

Dado que la suma de sm_i y sc_i es igual a s_i , entonces la suma de TUM_i y TUC_i es igual a uno: por tanto, a medida que la TUM_i se acerca a 1, la TUC_i se acerca a 0 y el rendimiento promedio observado tiende al nivel potencial. La Ecuación 3 establece la relación entre la TUM y la TUC_i .

La formulación de la Ecuación 4 se basó en la teoría del consumidor, la cual establece que la cantidad demandada de un bien depende del precio, del ingreso y otros factores (Varian, 2010; Parkin *et al.*, 2006). La TUM determina la demanda de semilla mejorada, pues esta variable deriva del proceso de producción de maíz; la cantidad demandada de semilla mejorada es igual a la superficie sembrada con semilla mejorada por la densidad de siembra.

El análisis de la demanda de insumos se puede realizar considerando al productor de maíz como un consumidor de insumos que trata de maximizar su utilidad, o bien como un oferente de maíz que trata de maximizar su ganancia. En este caso, a través de la optimización de una función de ganancia por el productor, quien trata de maximizar su beneficio, se podría derivar una función de demanda de insumos donde esta última dependería de factores como el precio de los insumos usados en el proceso de producción. Las analogías entre la teoría del consumidor y la teoría del productor permiten definir al productor de maíz como un oferente de grano, o como un consumidor de insumos.

La demanda de un factor se llama demanda derivada porque procede de la demanda de bienes y servicios producidos por dicho factor (Parkin *et al.*, 2006). Donnet *et al.* (2012) señalan que los productores mexicanos de maíz pueden ser tratados como consumidores subatendidos en los mercados de semilla mejorada, ya que hay una escasez de soluciones integrales de semillas adaptadas a sus necesidades específicas. Basados en dicha definición se consideró al productor de maíz como un consumidor de insumos; además, sólo de esta manera se lograba relacionar las variables que integran el modelo de ecuaciones simultáneas (ingreso por hectárea, rendimiento, producción y la tasa de utilización de semilla mejorada).

$$TUC_i = \frac{sc_i}{s_i} \quad (8)$$

Given that the sum of sm_i and sc_i is equal to s_i , then the sum of TUM_i and TUC_i is equal to one; therefore, as the TUM_i approaches 1, the TUC_i approaches 0 and the observed average yield tends toward the potential level. Equation 3 establishes the relationship between TUM and TUC_i .

The formulation of Equation 4 was based on the consumer theory, which establishes that the amount demanded of a good depends on price, income and other factors (Varian, 2010; Parkin *et al.*, 2006). The TUM determines the demand of improved seed, as this variable derives from the corn production process; the amount demanded of improved seed is equal to the surface sown with improved seed times the crop density.

The analysis of the demand of inputs can be made considering the corn producer as a consumer of inputs that tries to maximize his utility, or as a supplier of corn who tries to maximize his profit. In this case, through the optimization of a function of profit by the producer, who tries to maximize his benefit, a function of demand of inputs could be derived in which the latter would depend on factors such as the price of inputs used in the production process. The analogies between the consumer theory and the producer theory make it possible to define the corn producer as a supplier of grain, or as a consumer of input.

The demand of a factor is called derived demand because it comes from the demand of goods and services produced by this factor (Parkin *et al.*, 2006). Donnet *et al.* (2012) point out that the Mexican corn producers can be treated as under-attended consumers in the improved seed markets, given that there is a lack of integral solutions of seeds adapted to their specific needs. Based on this definition, the corn producer was considered to be a consumer of inputs; furthermore, only in this way was it possible to relate variables that integrate the model of simultaneous equations (income per hectare, yield, production and utilization rate of improved seed).

The consumer theory makes it possible to explain the relationship between the demand of improved seed (measured through the TUM) and income per hectare. The corn producer is a consumer with a limited income who tries to maximize his utility and faces the problem of assigning his income in a basket of goods such as food, clothing, housing, education and agricultural inputs. Low income producers assign their budget to subsistence goods such as food, are unable to buy improved inputs such as seed, and do not have preference for the use of modern inputs. In contrast, high income producers can acquire basic goods and destine part of their budget to buying inputs that allow an increase in productivity.

La teoría del consumidor permite explicar la relación entre la demanda de semilla mejorada (medida a través de la TUM) y el ingreso por ha. El productor de maíz es un consumidor con un ingreso limitado que pretende maximizar su utilidad y se enfrenta al problema de asignar su ingreso en una canasta de bienes como alimentos, ropa, vivienda, educación e insumos agrícolas. Productores de bajos ingresos asignan su presupuesto en bienes de subsistencia como alimentos, no pueden comprar insumos mejorados como la semilla, y no tienen preferencia por el uso de insumos modernos. En cambio, productores con altos ingresos pueden adquirir bienes básicos y destinar parte de su presupuesto a comprar insumos que permiten aumentar la productividad.

El tamaño de la UP de maíz afecta la TUM. Donnet *et al.* (2012) señalan que la superficie sembrada, el tamaño del predio, la productividad, el nivel socioeconómico y la rentabilidad de los productores son factores que explican el potencial de mercado de semilla mejorada de maíz. Según Luna-Mena *et al.* (2012), los productores con grandes extensiones de tierra y orientados a la producción comercial tienen como proveedores de semilla a Monsanto, Pioneer y Syngenta lo que garantiza un mayor rendimiento y, por tanto, un mayor ingreso.

Un aumento del tamaño de predio permitirá economías de escala, mayores ingresos para la empresa (ingreso por ha por el tamaño de predio) y una mejora en la productividad de la tierra a través de la compra de insumos modernos. Los cambios en el tamaño del predio tendrán dos efectos: directo, porque cambios en el tamaño de las UP elevarán la TUM, el rendimiento promedio ponderado y la producción; indirecto, porque el aumento en el rendimiento aumentará el ingreso por ha, lo cual aumentará la TUM, el rendimiento y la producción.

La Ecuación 5 establece que el ingreso por ha es igual al rendimiento promedio observado por el precio más los subsidios por ha que apoyan el ingreso. Debido a que el rendimiento depende de la TUM, entonces un aumento en esta última tendrá un efecto positivo sobre el nivel de ingreso por ha.

Las Ecuaciones 1 a 5 constituyen un modelo sintético, el cual usa parámetros existentes para crear una estructura que replica el valor de las variables endógenas, dados los valores de elasticidades predeterminadas y variables exógenas (Francois y Reinert, 1997; Rude *et al.*, 2007). Los parámetros del modelo sintético no son estimados en el mismo modelo, se obtienen de la literatura o son estimados económicamente separadamente. Las variables endógenas del modelo son q_p , rp_p , TUC_p , TUM_p , y y_p y las variables exógenas son tp_i , oin_i y ps_i . Se consideraron ocho regiones productoras de maíz (definidas en el Cuadro 2), por lo cual el modelo quedó integrado por 40 ecuaciones simultáneas. La superficie (s_i) y el precio del maíz (pm_i) se introducen como parámetros asociados a las variables endógenas.

The size of the PU affects the TUM. Donnet *et al.* (2012) point out that the sown surface, plot size, productivity, socioeconomic level and profitability of the producers are factors that explain the market potential of improved corn seed. According to Luna-Mena *et al.* (2012), the producers with large extensions of land and oriented to commercial production have as seed providers Monsanto, Pioneer and Syngenta, which is a guarantee for obtaining a higher yield, and therefore, a higher income.

An increase in plot size will permit scale economies, higher income for the business (income per ha times the plot size) and an improvement in land productivity through the purchase of modern inputs. The changes in plot size will have two effects: direct, because changes in the PU will raise the TUM, weighted average yield and production; indirect, because the increase in yield will increase income per ha, which will increase the TUM, yield and production.

Equation 5 establishes that the income per ha is equal to the observed average yield times the price plus the subsidies per ha which support income. Due to the fact that yield depends on the TUM, an increase in the latter will have a positive effect on the income level per ha.

Equations 1-5 constitute a synthetic model, which uses existing parameters to create a structure that replicates the value of the endogenous variables, given the values of the predetermined elasticities and exogenous variables (Francois and Reinert, 1997; Rude *et al.*, 2007). The parameters of the synthetic model are not estimated in the same model, rather, they are obtained from the literature or are estimated econometrically separate. The endogenous variables of the model are q_i , rp_i , TUC_i , TUM_i , and y_i , and the exogenous variables are tp_i , oin_i and ps_i . Eight corn production regions are considered (defined in Table 2), so that the model is integrated by 40 simultaneous equations. The surface (s_i) and the corn price (pm_i) are introduced as parameters associated to the endogenous variables.

The system makes it possible to determine changes in the endogenous variables when there are changes in the exogenous variables. The model is expressed in matricial form as follows:

$$AY = BX \quad 9)$$

where A and B are parameter matrices associated to the endogenous and exogenous variables; X is the vector of exogenous variables and Y represents the solution vector for the endogenous variables. The solution of vector Y is obtained as follows:

$$Y = A^{-1}BX \quad 10)$$

El sistema permite determinar cambios en las variables endógenas ante cambios en las variables exógenas. El modelo se expresa en forma matricial así:

$$AY = BX \tag{9}$$

donde A y B son matrices de parámetros asociados a las variables endógenas y exógenas; X es el vector de variables exógenas y Y representa el vector solución para las variables endógenas. La solución del vector Y se obtiene así:

$$Y = A^{-1}BX \tag{10}$$

La producción, superficie, rendimiento observado, precio, TUM y TUC corresponden al promedio de datos anuales y regionales en el periodo 2008/2010. El rendimiento potencial se obtuvo dividiendo la producción potencial sobre la superficie observada en el año promedio 2008/2010. El rendimiento obtenido usando semilla criolla se derivó de la Ecuación 2:

$$rc_i = \frac{rp_i - rm_i \times TUM_i}{TUC_i} \tag{11}$$

Los parámetros asociados a la Ecuación 4 a nivel regional fueron estimados así:

$$\beta_{li} = \varepsilon_y \times \frac{TUM_i}{y_i} \tag{12}$$

donde ε_y es la elasticidad que relaciona el ingreso del productor y la TUM. Los parámetros asociados al tamaño de la UP y al precio de la semilla mejorada a nivel regional se obtuvieron de manera similar.

Las elasticidades que relacionan la TUM con el ingreso por ha, el tamaño de la UP y el precio de la semilla mejorada se obtuvieron estimando un modelo de regresión donde la variable dependiente es la TUM, y las variables independientes el ingreso del productor por unidad de superficie (y), el tamaño de predio (tp) y el precio de la semilla mejorada (ps). Los datos usados son de los estados (n). Con un R^2 de 0.53 y valores de t de 1.87, 2.57 y -0.22 para y , tp y ps , el modelo estimado es el siguiente:

$$TUM_n = 63.55564 + 0.00244 y_n + 2.70134 tp_n - 1.22788 ps_n + e_n \tag{13}$$

Los valores de t indican que sólo el ingreso por ha y el tamaño de predio son significativos, por lo que el precio de la semilla podría omitirse del modelo de ecuaciones simultáneas.

Production, surface, observed yield, price, TUM and TUC correspond to the average of annual and regional data in the period 2008/2010. Potential yield was obtained by dividing the potential production by the observed surface in the average year 2008/2010. The yield obtained using landrace seed was derived from Equation 2, as follows:

$$rc_i = \frac{rp_i - rm_i \times TUM_i}{TUC_i} \tag{11}$$

The parameters associated with Equation 4 at the regional level were estimated as follows:

$$\beta_{li} = \varepsilon_y \times \frac{TUM_i}{y_i} \tag{12}$$

where ε_y is the elasticity that relates the income of the producer and the TUM. The parameters associated to the size of the PU and the price of the improved seed at the regional level were obtained in a similar way.

The elasticities that relate the TUM with the income per ha, PU size and price of improved seed were obtained by estimating a regression model where the dependent variable is the TUM, and the independent variables are the income of the producer per surface unit (y), plot size (tp) and price of improved seed (ps). The data used are of the federal states (n). With an R^2 of 0.53 and t values of 1.87, 2.57 and -0.22 for y , tp and ps , the estimated model is as follows:

$$TUM_n = 63.55564 + 0.00244 y_n + 2.70134 tp_n - 1.22788 ps_n + e_n \tag{13}$$

The t values indicate that only income per ha and plot size are significant, thus seed price could be omitted from the simultaneous equations model.

To determine the plot size necessary to reach a TUM of 100 %, various scenarios were made considering different sizes. The price of improved seed, the variable other income, surface, and corn price remained constant, thus any change in the endogenous variables came from a change in the PU size.

The information used corresponds to annual data of 2008, 2009 and 2010, and the result is called average year 2008/2010. Production and surface observed in 2008/2010 came from the Agroalimentary and Fishing Information Service of SAGARPA (SIAP-SAGARPA, 2011a). The information of crop density per water regimen came from the information of production costs of the SIAP-SAGARPA (2011b).

Para determinar el tamaño de predio necesario para alcanzar una TUM de 100 % se realizaron varios escenarios considerando diferentes tamaños. El precio de la semilla mejorada, la variable otros ingresos, la superficie, y el precio del maíz se mantuvieron constantes, por lo que cualquier cambio en las variables endógenas provino de un cambio en el tamaño de la UP.

La información usada corresponde a datos anuales de 2008, 2009 y 2010, y el resultado se denomina año promedio 2008/2010. La producción y la superficie observadas en el año 2008/2010 provinieron del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA (SIAP-SAGARPA, 2011a). La información de densidad de siembra por régimen hídrico provino de la información sobre costos de producción del SIAP-SAGARPA (2011b).

El rendimiento promedio observado por estado se obtuvo de la información de SIAP-SAGARPA (2011a). Para obtener el rendimiento potencial en cada estado se usó información sobre rendimientos observados a nivel municipal y distrital. Se supuso que el rendimiento potencial en un distrito es igual al rendimiento más alto observado en el municipio líder (aquél que registra el rendimiento más alto). El rendimiento potencial observado en el distrito n (correspondiente al rendimiento del municipio líder) se ponderó por la participación de cada distrito en la superficie cosechada de cada estado. La información usada para estimar el rendimiento potencial provino de SIAP-SAGARPA (2011a). La superficie sembrada de maíz que usa semilla mejorada provino de INEGI (2008-2010). El número de UP de maíz se obtuvo del último Censo Agropecuario (INEGI, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores que afectan la magnitud de la TUM

Ningún estado siembra 100 % de su superficie con semilla mejorada, la TUM oscila entre 2.0 y 96.6 %, y la TUC está entre 3.4 y 98.0 %. Una TUM alta (mayor a 80 %) se observa en estados con una producción baja, como Baja California Sur, Sonora y Colima. También es muy alta (más de 75 %) en Sinaloa, Jalisco y Tamaulipas (Cuadro 1).

La TUM es baja (10 a 15%) en estados con producción alta de maíz (Oaxaca y Puebla) e indican la posibilidad de aumentar la oferta del grano a través del uso de semilla mejorada (Cuadro 1).

El Censo Agropecuario (INEGI, 2009) reportó más de 2.7 millones de UP de maíz. El tamaño promedio por unidad se obtuvo al dividir la superficie sembrada estatal entre el número de unidades en cada estado. El tamaño mayor de predio y de TUM se observa en Baja California Sur (20.5 ha; 96.6 %), Sonora

The average yield observed per state was obtained from the information of SIAP-SAGARPA (2011a). To obtain the potential yield in each state, information of observed yield at the municipal and district level was used. It was assumed that the potential yield in a district is equal to the highest yield observed in the municipal leader (the one that registers the highest yield). The potential yield observed in the district n (corresponding to the yield of the municipal leader) was weighted by the participation of each district in the harvested surface of each state. The information used to estimate potential yield came from SIAP-SAGARPA (2011a). The sown surface of corn that used improved seed came from INEGI (2008-2010). The number of PU of corn was obtained from the last Agricultural Census (INEGI, 2009).

RESULTS AND DISCUSSION

Factors that affect the magnitude of the TUM

No state sows 100 % of its surface with improved seed; the TUM oscillates between 2.0 and 96.6 %, and the TUC is between 3.4 and 98.0 %. A high TUM (higher than 80 %) is observed in states with low production such as Baja California Sur, Sonora and Colima. It is also very high (more than 75 %) in Sinaloa, Jalisco and Tamaulipas (Table 1).

The TUM is low (10 to 15 %) in entities with high corn production (Oaxaca and Puebla) and indicate the possibility of increasing the offer of grain through the use of improved seed (Table 1).

The Agricultural Census (INEGI, 2009) reported more than 2.7 million PU of corn. The average size per unit was obtained by dividing the state sown surface by the number of units in each state. The largest plot size and of TUM is observed in Baja California Sur (20.5 ha; 96.6 %), Sonora (15.3 ha; 88.6 %) and Sinaloa (13.9 ha; 94.2 %). In Jalisco and Tamaulipas the rate is 88.2 and 75.8 %, and the average size of the farms is 6.8 and 8.7 ha. The TUM was lower in states with small production units: the District Federal with 2.0 % and plot size of 1.1 ha, the lowest in the country; Puebla, 15 % and 1.8 ha; and Oaxaca, 15 % and 1.9 ha. There was a positive relationship between income per ha and magnitude of the rate: in Sinaloa the average income per unit was \$27 thousand ha^{-1} , the highest of the country, and the TUM was 94.2 %; in Puebla and Oaxaca the income per ha was only a little over \$5 thousand ha^{-1} and the TUM was low.

A policy of increase in the TUM in small farms should consider the awarding of subsidies. Because

Cuadro 1. Tasa de utilización de semilla mejorada, ingreso y tamaño de las unidades de producción de maíz, 2008/2010 y 2007.
Table 1. Utilization rate of improved seed, income and size of production units, 2008/2010 and 2007.

Estado	TUM %	TUC %	Tamaño ha UP ⁻¹	Ingreso \$ UP ⁻¹	Ingreso \$ ha ⁻¹	PROCAMPO \$ UP ⁻¹
Aguascalientes	19.9	80.1	6.0	61 277	10 140	5819
Baja California Sur	96.6	3.4	20.5	254 672	12 433	19 725
Campeche	67.0	33.0	8.0	37 296	4646	7731
Chiapas	25.0	75.0	2.2	12 807	5698	2164
Chihuahua	50.6	49.4	8.7	74 955	8573	8420
Coahuila	18.7	81.3	4.6	24 154	5256	4425
Colima	80.6	19.4	5.0	48 114	9681	4786
Distrito Federal	2.0	98.0	1.1	12 988	12 243	1022
Durango	34.0	66.0	6.0	49 286	8166	5812
Guanajuato	61.3	38.7	4.1	46 200	11 376	3911
Guerrero	42.4	57.6	2.2	10 951	4929	2140
Hidalgo	19.2	80.8	1.6	14 663	9070	1557
Jalisco	88.2	11.8	6.8	103 382	15 184	6557
México	37.1	62.9	1.6	11 026	6972	1523
Michoacán	59.2	40.8	4.0	32 454	8020	3897
Morelos	88.7	11.3	1.6	16 993	10 550	1551
Nayarit	68.6	31.4	3.5	37 344	10 581	3399
Nuevo León	21.9	78.1	6.1	25 192	4139	5862
Oaxaca	13.2	86.8	1.9	10 453	5455	1845
Puebla	14.3	85.7	1.8	10 071	5494	1765
Querétaro	32.3	67.7	3.3	24 923	7563	3173
Quintana Roo	23.8	76.2	5.6	26 222	4693	5380
San Luis Potosí	11.7	88.3	3.3	12 838	3861	3202
Sinaloa	94.2	5.8	13.9	374 911	26 919	13 412
Sonora	88.6	11.4	15.3	222 763	14 516	14 779
Tabasco	45.6	54.4	3.7	13 709	3702	3566
Tamaulipas	75.8	24.2	8.7	80 951	9306	8377
Tlaxcala	40.0	60.0	1.9	10 095	5282	1840
Veracruz	26.0	74.0	2.2	12 671	5714	2135
Yucatán	17.2	82.8	3.7	8181	2227	3537
Zacatecas	44.4	55.6	3.8	40 803	10 765	3650

(15.3 ha; 88.6 %) y Sinaloa (13.9 ha; 94.2 %). En Jalisco y Tamaulipas la tasa es 88.2 y 75.8%, y el tamaño promedio de las fincas es 6.8 y 8.7 ha. La TUM fue menor en estados con unidades de producción pequeñas: el Distrito Federal con 2.0 % y tamaño de predio 1.1 ha, el menor en el país; Puebla, 15 % y 1.8 ha; y Oaxaca, 15 % y 1.9 ha. Hubo una relación positiva entre el ingreso por ha y la magnitud de la tasa: en Sinaloa el ingreso promedio por unidad fue \$ 27 mil ha⁻¹, el más alto del país, y la TUM fue 94.2 %; en Puebla y Oaxaca el ingreso por ha fue sólo un poco mayor a \$ 5 mil ha⁻¹ y la TUM fue baja.

Una política de aumento en la TUM en fincas pequeñas deberá considerar el otorgamiento de subsidios. Debido a que no hay preferencia sobre el uso

there is no preference for the use of improved seed, a subsidy to income will have low impact because it will be used to buy other goods such as food. A subsidy through price will have a moderate effect due to the low income of the seed consumer. It seems that the most effective way to give the subsidy will be to directly provide the improved seed. The Direct Farm Support Program (PROCAMPO) is to support the production of basic foods, including corn, is a direct contribution to support the income of the producers and monetary resources are given per ha, or sown fraction, and recorded in the Program. From its beginnings, the Government announced that PROCAMPO would remain in effect for 15 years, but according to the National Development Plan

de semilla mejorada, un subsidio al ingreso tendrá un bajo impacto porque se usará para comprar otros bienes como alimentos. Un subsidio a través del precio tendrá un efecto moderado debido al bajo ingreso que tiene el consumidor de semilla. Al parecer, la vía más efectiva para dar el subsidio será otorgar la semilla mejorada directamente. El Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) es para apoyar la producción de cultivos básicos, entre ellos el maíz, es una contribución directa para apoyar el ingreso de los productores y se entregan recursos monetarios por ha, o fracción sembrada, y registrada en el Programa. Desde su inicio, el Gobierno anunció que PROCAMPO estaría vigente 15 años, pero según el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, continuará hasta el final de la administración de Felipe Calderón (Presidencia de la República, 2007).

La relación entre el pago de PROCAMPO y la producción de maíz es inelástica en las zonas productoras del país, pero el programa es positivo porque un buen porcentaje de la producción se debe a su existencia (García-Salazar, 2001). El valor de la elasticidad pago de PROCAMPO de la producción de maíz se relaciona con los niveles de productividad por ha en cada región y la respuesta de la oferta de maíz al apoyo directo depende de los niveles de productividad obtenidos por ha y de las tecnologías usadas en la producción. PROCAMPO ha tenido un impacto positivo mayor en las regiones del Norte como Sinaloa, donde predominan tecnologías modernas de riego, semillas mejoradas, plaguicidas y fertilizantes, pero su efecto es poco en el Sur, donde los rendimientos promedio son menores a 2 t ha^{-1} y se usan tecnologías tradicionales. Según García-Santillán (2004), el efecto de PROCAMPO se da a través del mejoramiento de la tierra y rendimientos por ha ya que 51, 75 y 100 % de los apoyos recibidos por los productores pequeños, medianos y grandes se invirtió en actividades agrícolas, lo cual sería una influencia positiva del Programa en el desempeño productivo del sector.

El efecto de PROCAMPO sobre la demanda de semilla mejorada se da a través del ingreso por ha, se otorga un subsidio al ingreso y es mayor en las fincas de mayor tamaño porque el subsidio se otorga por ha. Los subsidios serán mayores en Sinaloa, Sonora y Baja California Sur, debido al tamaño mayor de sus UP y por tener las tasas de utilización más altas.

2007-2012, it would continue until the end of the administration Felipe Calderón (Presidencia de la República, 2007).

The relationship between the payment of PROCAMPO and corn production is inelastic in the production zones of the country, but the program is positive because a good percentage of the production is due to its existence (García-Salazar, 2001). The value of the elasticity payment of PROCAMPO of corn production is related to the levels of productivity per ha in each region and the response of the corn offer to the direct support depends on the levels of productivity obtained per ha and of the technologies used in production. PROCAMPO has a higher positive impact in the regions of the North, such as Sinaloa, where there is predominance of modern technologies of irrigation, improved seed, pesticides and fertilizers, but its effect is low in the South, where the average yields are lower than 2 t ha^{-1} and traditional technologies are used. According to García-Santillán (2004), the effect of PROCAMPO occurs through the improvement of the soil and yields per ha, given that 51,75 and 100 % of the support received by the small, medium and large producers was invested in agricultural activities, which would be a positive influence of the Program on the productive performance of the sector.

The effect of PROCAMPO on the demand of improved seed occurs through the income per ha, a subsidy is given to income and is higher in the larger farms because the subsidy is awarded per ha. The subsidies will be higher in Sinaloa, Sonora and Baja California Sur, due to the larger size of their PUs and for having the highest utilization rates.

Relationship between plot size and TUM

When the rate is 100 % the yield and production potential are reached. Using the proposed methodology, it is observed that the size of the PU that would bring the utilization rate to 100 % is different in each region. The plot size required to bring the yield and production to the potential situation is higher in the states with a lower yield; for example, in the North and the Peninsula with lowest yield, the UP size required to reach production potential is more than 30 ha. However, in the Northwest and Western regions, with the highest yield, the plot size required is 12.4 and 8.7 ha (Table 2).

Relación entre el tamaño de predio y la TUM

Cuando la tasa es 100 % se alcanza el rendimiento y la producción potencial. Con la metodología propuesta se observa que el tamaño de la UP, que llevaría la tasa de utilización a 100 %, es diferente en cada región. El tamaño de predio requerido para llevar el rendimiento y la producción a la situación potencial es mayor en los estados con rendimiento menor; por ejemplo, en el Norte y la Península con el menor rendimiento, el tamaño de la UP requerido para alcanzar la producción potencial es mayor a 30 ha. Pero en las regiones Noroeste y Occidente, con el mayor rendimiento, el tamaño de predio requerido es 12.4 y 8.7 ha (Cuadro 2).

Los resultados anteriores confirman las afirmaciones de algunos organismos. Así, la FAO (2012) señala que la integración de pequeños productores en grupos como cooperativas permite bajar los precios de insumos agrícolas como semillas. FIRCO (2010) sostiene que la integración de pequeños productores permite adquirir insumos tecnológicos como semilla mejorada a un precio accesible.

El aumento en el tamaño de las UP en la agricultura es importante para aumentar la competitividad. Según SAGARPA (2010), 72.1% de las UP en México son

The above results confirm the affirmations of some organisms. Thus, the FAO (2012) indicates that the integration of small producers in groups as cooperatives permits the reduction in the price of agricultural inputs such as seed. The FIRCO (2010) sustains that the integration of small producers allows the acquisition of technological inputs such as improved seed at an accessible price.

The increase in the size of the PUs in agriculture is important for increasing competitiveness. According to SAGARPA (2010), 72.1 % of the PUs in México are small (0 to 5 ha), which causes most of the crops to lack scale economy, to have high production costs and to be unprofitable. Data of the VII Agricultural Census (INEGI, 2009) reveal that the problem of the small farms has worsened: in 2007 the PUs with less than 5 ha increased by 6 % with respect to 1991; in this last year the PUs with less than 5 ha have represented 66 % of the total.

The association of producers and the renting of plots are two strategies for achieving the concentration of production and scale economies. According to the National Agrarian Registry, in 1991 there were 4510 associative figures and in 2007 they increased to 34 839 (Carton de Gammont, 2008). Nearly 96 % of the associations correspond to first level associative

Cuadro 2. Tamaño de las unidades de producción y TUM, situación actual y potencial.
Table 2. Size of production units and TUM, present and potential situation.

Región	Tamaño ha	Producción miles t	Rendimiento t ha ⁻¹	TUM %	TUC %	Ingreso \$ ha ⁻¹
Situación actual (2008/2010)						
Noroeste	10.0	5707	8.9	92.1	7.9	23 258
Norte	4.9	1789	2.2	34.3	65.7	5932
Noreste	7.3	561	3.2	68.7	31.3	7923
Occidente	4.9	5765	4.3	70.2	29.8	11 434
Centro	1.8	3805	2.6	26.7	73.3	8440
Golfo	2.1	3423	2.0	25.7	74.3	6212
Sur	2.4	1259	2.1	28.5	71.5	6493
Península	5.3	307	1.3	37.6	62.4	3486
Situación potencial						
Noroeste	12.4	5862	9.1	100.0	0.0	23 889
Norte	33.1	2154	2.7	100.0	0.0	7142
Noreste	17.1	610	3.5	100.0	0.0	8623
Occidente	8.7	8197	6.2	100.0	0.0	16 256
Centro	16.4	5122	3.5	100.0	0.0	11 360
Golfo	20.2	5090	3.0	100.0	0.0	9237
Sur	19.8	1876	3.2	100.0	0.0	9675
Península	30.9	421	1.8	100.0	0.0	4791

pequeñas (0 a 5 ha), causando que la mayor parte de los cultivos carezcan de economías de escala, tengan altos costos de producción y no sean rentables. Datos del VII Censo Agropecuario (INEGI, 2009) revelan que el problema del minifundio se ha agravado: en 2007 las UP con menos de 5 ha aumentaron 6 % respecto a 1991; en este último año las UP con menos de 5 ha representaron 66 % del total.

La asociación de productores y la renta de predios son dos estrategias para lograr la concentración de la producción y economías de escala. Según el Registro Agrario Nacional, en 1991 existían 4510 figuras asociativas y en 2007 aumentaron a 34 839 (Carton de Gammont, 2008). Casi 96 % de las asociaciones corresponden a figuras asociativas de primer nivel (pequeñas asociaciones); las de segundo nivel se refieren a uniones de ejidos (o comunidades) y Asociaciones Rurales de Interés Colectivo (SAGARPA, 2009), y aumentaron 18 % en 20 años. Carton de Gammont (2008) destaca que entidades con alta productividad, como Sinaloa y Sonora, presentan el mayor número de figuras, situación que genera UP más grandes que permiten obtener economías de escala.

La renta de la tierra tiene la finalidad de aumentar el tamaño de las UP (Rosenzweig-Pichardo, 2007). La concentración de superficie origina beneficios como reducción del costo medio por unidad, mediante la compra de insumos al mayoreo como semilla, fertilizantes y herbicidas; además permite el acceso a créditos, tecnología y asistencia técnica. Rosenzweig-Pichardo (2007) indica que 41.9 % de la superficie apoyada por PROCAMPO en el periodo OI 2003/2004 correspondió a superficies rentadas. Entre los estados con mayor superficie rentada están Sonora y Sinaloa donde 78.6 y 60.0 % de la superficie cultivada es rentada.

CONCLUSIONES

Escenarios diversos de un modelo de ecuaciones simultáneas aplicado a la producción de maíz indican que el aumento en el tamaño de las UP eleva la tasa de utilización de semilla mejorada, y el rendimiento. El tamaño de la UP requerido para lograr que la TUM se acerque al 100 % es mayor al observado actualmente, y es diferente por regiones dependiendo del rendimiento observado. En regiones con bajos rendimientos el tamaño de predio debe ser mayor a 30 ha para acercarse al rendimiento potencial; en

figuras (small associations); those of the second level refer to unions of ejidos (or communities) and Rural Associations of Collective Interest (SAGARPA, 2009), and increased by 18 % in 20 years. Carton de Gammont (2008) points out that entities with high productivity, such as Sinaloa and Sonora, present the highest number of figures, a situation that generates larger PUs that make it possible to scale economies.

The renting of land has the purpose of increasing the size of the PUs (Rosenzweig-Pichardo, 2007). The concentration of surface brings benefits such as the reduction of the mean cost per unit, through the purchase of inputs at wholesale such as seed, fertilizers and herbicides; it also allows access to credits, technology and technical assistance. Rosenzweig-Pichardo (2007) indicates that 41.9 % of the surface supported by PROCAMPO in the period OI 2003/2004 corresponded to rented surfaces. Among the states with the most rented surface are Sonora and Sinaloa, where 78.6 and 60.0 % of the cultivated surface is rented.

CONCLUSIONS

Diverse scenarios of a simultaneous equations model applied to corn production indicate that the increase in the size of the PUs raises the utilization rate of improved seed and the yield. The size of the PU required to bring the TUM to 100 % is higher than what is presently observed, and is different by regions depending on the observed yield. In regions with low yields the plot size should be larger than 30 ha to approach the potential yield; in contrast, in regions with high productivity a size smaller than 10 ha is required. The income per hectare and the awarding of subsidies are factors that have a positive effect on the utilization rate of improved seed.

—End of the English version—

---*---

cambio, en regiones con altas productividades se requiere un tamaño menor a 10 ha. El ingreso por hectárea y el otorgamiento de subsidios son factores que afectan positivamente la tasa de utilización de semilla mejorada.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue financiada con recursos del Programa de Modernización Sustentable de Agricultura Tradicional (MasAgro) dirigido por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

LITERATURA CITADA

- Carton de Grammont, H. 2008. Fortalezas y debilidades de la organización campesina en el contexto de la transición política. *El Cotidiano* 23(14): 43-50.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). 2005. Estudio y diagnóstico general para reafirmar y fortalecer el sistema-producto maíz. <http://www.cedrssa.gob.mx> (Consulta: junio, 2012).
- Donnet L., D. López, J. Arista, F. Carrión, V. Hernández, y A. González. 2012. El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. Programa de Socioeconomía, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Documento de trabajo 8. México. 21 p.
- Dussel-Peters, E. 2008. Los costos de transporte en las exportaciones mexicanas. <http://dusselpeters.com/39.pdf> (Consulta: julio, 2013).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2012. Cooperativas agrícolas: preparando el terreno para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. <http://www.fao.org/docrep/016/ap431s/ap431s.pdf> (Consulta: 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 (Consultado: julio, 2012).
- Francois, J. F. and K. A. Reinert. 1997. *Applied Methods for Trade Policy Analysis: A Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press. 561 p.
- García-Salazar, J. A. 2001. Efecto de PROCAMPO sobre la producción y saldo de comercio exterior de maíz. *Agrociencia* 35(6): 671-683.
- 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 burzutilizar PROCAMPO. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.
- 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 (Consulta: 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 (Consulta: marzo, 2012).
- Luna-Mena B. M., M. A. Hinojosa-Rodríguez, O. J. Ayala-Garay, F. Castillo- González y J. A. Mejía-Contreras. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(1):1-7.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 2007. Economic Survey of Mexico. <http://www.oecd.org/eco/surveys/economicsurveyofmexico2007.htm> (Consulta: julio 2012).
- Parkin, M., Esquivel G. y Ávalos M. 2006. *Microeconomía, Versión para América Latina*. Séptima Edición. Pearson Educación. México. 584 p.
- Presidencia de la República. 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx> (Consulta: junio 2009).
- Rodríguez-Flores, I. 2011. Semillas certificadas, origen de la competitividad. *2000AGRO Revista Industrial del Campo* Núm. 69:1-12.
- Rosenzweig-Pichardo, A. 2007. Propuestas para reformular PROCAMPO. <http://www.aserca.gob.mx> (Consulta: mayo, 2012).
- Rude J., J. Carlberg and S. Pellow. 2007. Integration to Fragmentation: Post-BSE Canadian Cattle Markets, Processing Capacity, and Cattle Prices. *Can. J. Agr. Ec.* 55(2):197-216.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012. México, D.F. 208 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Retos y Oportunidades del Sistema Agroalimentario de México en los Próximos 20 Años. México, D.F. 282 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2009. Las organizaciones económicas del sector rural. Principios y bases jurídicas. http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Documents/Centros%20de%20Evaluacion/utes/desemp/formacion/Boletin_ORGANIZ_ECON_BASES_JURIDICAS_2009.pdf (Consulta: mayo, 2012).
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla). 2001. Semilla de Maíz 2009/2010. Información en CD. Oficinas centrales del SNICS. Tlalnepantla, Estado de México, noviembre de 2011.
- 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 (Consulta: 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> (Consulta: diciembre, 2011).
- Varian, H. R. 2010. *Microeconomía Intermedia, un Enfoque Actual*. Octava Edición. Antoni Bosch Editor. Barcelona, España. 818 p.