

## Potencial económico y agronómico de la adopción de semillas de maíz genéticamente modificado en México\*

### Economic and agronomic potential of the adoption of genetically modified corn seeds in Mexico

Belén Hernández Hernández<sup>1</sup>, Roberto Rendón Medel<sup>1§</sup>, José Ulises Toledo<sup>2</sup> y Vinicio Horacio Santoyo Cortés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM)-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco, km 38.5 C. P. 56230. (bhernandez@ciestaam.edu.mx; hsantoyo@gmail.com). <sup>2</sup>West Virginia State University, Gus R. Douglass Land-Grant Institute 131 Ferrell Hall, P. O. Box 1000. (toledoju@wvstateu.edu). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: redes.rendon@gmail.com.

#### Resumen

A partir de la evidencia generada en la adopción de soya genéticamente modificada, realizamos un análisis a través de paneles de productores en cinco sistemas de producción de maíz de riego y temporal en México, con el propósito de determinar el potencial económico y agronómico de adopción de semillas de maíz genéticamente modificada en la producción. Los resultados muestran que el potencial económico y agronómico de adopción del maíz genéticamente modificado es "medio" en los sistemas de producción de nivel tecnológico intermedio, mientras que en los de nivel bajo y alto el uso de la tecnología transgénica es poco favorable. Las condiciones bajo las cuales se desarrollan las prácticas agronómicas de la producción de maíz, la proporción de la inversión destinada al control de plagas, enfermedades y malezas asociadas al uso de semillas genéticamente modificadas no son favorecidas por la adopción de semillas transgénica, puesto que la proporción de la inversión económica en estas prácticas en comparación a otras realizadas en el sistema son menores en todos los sistemas de producción analizados; además, las características y la forma de realización de las prácticas agronómicas asociadas al sistema de producción y nivel tecnológico no favorecen la reducción de prácticas agronómicas derivado de las características conferidas a las semillas genéticamente modificadas.

#### Abstract

From the evidence generated in the adoption of genetically modified soybeans, we conducted an analysis through panels' producers in five production systems of corn irrigation and temporary in Mexico, in order to determine the economic and agronomic potential adoption genetically modified corn seed production. The results show that economic and agronomic potential adoption of genetically modified maize is "medium" in production systems intermediate technological level, while in the low and high use of transgenic technology is unfavorable. The conditions under which agronomic practices in maize production are developed, the proportion of investment in the control of pests, diseases and weeds associated with the use of genetically modified seeds are not favored by the adoption of seeds genetically modified, since the proportion of economic investment in these practices compared to other made in the system are lower in all production systems analyzed; Additional features and embodiment of the agronomic practices associated with the production system and technological level does not favor the reduction of agronomic practices derived from the characteristics conferred to genetically modified seeds.

**Keywords:** logic production and appropriate technologies, production systems.

\* Recibido: febrero de 2016  
Aceptado: abril de 2016

**Palabras clave:** lógica de producción y tecnologías apropiadas, sistemas de producción.

## Introducción

La liberación comercial de los cultivos genéticamente modificados a nivel mundial ocurre en 1996. Actualmente, se cultivan 175 millones de hectáreas en 27 países con esta tecnología. México ocupa el lugar 17 en la adopción de cultivos biotecnológicos con una superficie sembrada de 100 mil hectáreas, principalmente de los cultivos de soya y algodón resistente a insectos y tolerante al herbicida glifosato (James, 2010).

Las plantas genéticamente modificadas tuvieron su primera incursión formal en el campo mexicano en 1988, año en el que fue presentada ante el gobierno la primera solicitud para importar y liberar en campo jitomate resistente a insectos. El primer marco normativo nacional para la regulación de los organismos genéticamente modificados (OGM) fue establecido en 1995, mediante la NOM-056-FITO-1995. A partir de 2005, la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), constituye el marco regulatorio que permite las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de OGM en México (DOF, 2005).

Con la implementación de la regulación en materia de OGM, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) ha otorgado permisos para la liberación comercial de algodón y soya genéticamente modificados; mientras que en el caso del maíz el avance regulatorio ha sido limitado.

Una de las fuertes razones en las que se basa dicha restricción, es en los posibles riesgos ambientales que ocasionaría la introgresión de genes a las variedades locales por la adopción de maíz genéticamente modificado en un país centro de origen de la especie (Massieu, 2005; Mercer y Waingwright, 2008); y por otro, la incertidumbre de si la adopción representará estrategias de adaptación al cambio climático y oportunidades para mejorar la producción de maíz en México (Mercer *et al.*, 2012). La superficie cultivada con cultivos genéticamente modificados en México, específicamente de los cultivos

## Introduction

The commercial release of GM crops worldwide occur in 1996. Currently, 175 million hectares are cultivated in 27 countries with this technology. Mexico ranks 17th in the adoption of biotech crops with a planted area of 100 000 hectares, mainly from soybeans and insect-resistant cotton and tolerant to the herbicide glyphosate (James, 2010).

The genetically modified plants had their first formal foray into the Mexican countryside in 1988, which was submitted to the government the first application for import and release into insect resistant in tomato field. The first national policy framework for the regulation of genetically modified organisms (GMOs) was established in 1995 by NOM-056-FITO-1995. Since 2005, the Law on Biosafety of Genetically Modified Organisms (LBOGM) constitutes the regulatory framework that allows activities contained use, experimental release, release within a pilot, commercial release, marketing, import and export of GMOs in Mexico program (DOF, 2005).

With the implementation of the regulation on GMOs, the Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA), through the National Health Service, Food Safety and Quality (SENASICA) has granted permits for commercial release genetically modified cotton and soybeans; while in the case of maize regulatory progress it has been limited.

One of the strong reasons on which the restriction is based, is the potential environmental risks that cause introgresion of genes to local varieties by the adoption of genetically modified maize in a center of origin country of the species (Massieu, 2005; Mercer and Waingwright, 2008); and secondly, the uncertainty of whether the adoption will represent adaptation strategies to climate change and opportunities to improve maize production in Mexico (Mercer *et al.*, 2012). The area cultivated with genetically modified crops in Mexico, specifically the soybean and cotton crops has not increased in recent years (James, 2010); however, commercial use in production systems in Mexico is fairly widespread, mainly technological, agronomic and economic reasons that have enabled the production units making production processes more efficient.

de soya y algodón no se ha incrementado en los últimos años (James, 2010); sin embargo, su uso comercial en los sistemas de producción en México está bastante generalizado, principalmente a razones tecnológicas, agronómicas y económicas que han permitido a las unidades de producción hacer más eficientes los procesos productivos.

El éxito en estos cultivos ha impulsado el interés del sector privado en la liberación de maíz genéticamente modificado como una alternativa tecnológica en la producción agrícola. No obstante, aun cuando se argumenta que es una opción importante para mejorar la competitividad de los productores comerciales de maíz no existen estudios que muestren las razones agronómicas y económicas que justificarían su adopción en caso de relajarse las restricciones legales. Por ello este trabajo pretende aportar elementos sobre las razones agronómicas y económicas que tendrían los productores de maíz en diferentes sistemas de producción, para utilizar OGM en México. La hipótesis central es que la compleja problemática técnica-productiva que envuelve a la producción de maíz; así como la diversidad de sistemas de producción existentes en México son factores restrictivos que limitan el atractivo de la adopción de semillas genéticamente modificadas como una tecnología apropiada.

## Materiales y métodos

Para caracterizar y definir a las unidades representativa de producción (URP) se conformaron paneles de productores como medio de obtención de información directa, considerando a los productores como los expertos en el manejo de los sistemas de producción en los cultivos de maíz y soya. En el 2013 fueron analizados los sistemas de producción de soya convencional y genéticamente modificada. Durante el 2014 y 2015 se estudiaron trece sistemas de producción de maíz convencional distribuidos en los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche Durango y Sinaloa (Cuadro 1).

Conformado los paneles de productores para ambos cultivos, fueron construidas las unidades representativas de producción, mismas que representan al sistema de producción más importante en cada estado analizado. En este trabajo a la URP se considera como aquella que sin representar a un productor específico, tipifica virtualmente las actividades y decisiones de los productores que la integran. Al mismo tiempo, representa una unidad de producción representativa

Success in these crops has boosted private sector interest in the release of genetically modified corn as an alternative technology in agricultural production. However, even if it is argued that it is important to improve the competitiveness of commercial corn farmers there are no studies that show the agronomic and economic reasons that justify their adoption should relax legal restrictions option. Therefore this paper aims to provide information on the agronomic and economic reasons that have corn farmers in different production systems, to use GMOs in Mexico. The central hypothesis is that the technical-productive complex problem that involves corn production; and the diversity of existing production systems in Mexico are restrictive factors limiting the attractiveness of the adoption of genetically modified seeds as an appropriate technology.

## Materials and methods

To characterize and define the representative production units (URP) panels' producers were formed as a means of obtaining direct information, considering producers and experts in the management of production systems in corn and soybeans. In 2013 they were analyzed production systems conventional and genetically modified soybeans. During 2014 and 2015 were studied thirteen production systems conventional maize distributed in the states of Chiapas, Oaxaca, Campeche Durango and Sinaloa (Table 1).

They settled panels for both crops producers, they were built representative production units, representing the same production system more important in every state analyzed. In this work the URP is considered as one that without representing a specific producer, virtually defines the activities and decisions of producers within it. At the same time, it represents a representative production unit of a scale and the particular production system of a region. Thus, considering some adjustments to the variables used by Bank *et al.* (1981) in the characterization of maize production systems in Mexico and in order to have greater coverage analysis of existing production systems; the URP defined, by: i) the technology level, characterized by the use of machinery; ii) the conditions of availability of water used in production; and iii) the destination of production.

The results of each panel in different URP were analyzed in a structure of production costs; comparing, in the case of conventional and genetically modified soy possible

de una escala y un sistema de producción particular de una región. Así, considerando algunos ajustes a las variables utilizadas por Bank *et al.* (1981) en la caracterización de los sistemas de producción de maíz en México y con el propósito de tener una mayor cobertura de análisis de los sistemas de producción existentes; las URP se definieron, a través de: i) el nivel tecnológico, caracterizado por el uso de maquinaria; ii) las condiciones de disponibilidad de agua usada en la producción; y iii) el destino de la producción.

agronomic and economic advantages associated with the use of genetically modified seed. Likewise, in URP corn they were analyzed the cost structure of the main agronomic practices performed during production. From this and considering that the seeds of genetically modified maize in Mexico have recently released mainly insect resistance characteristics (Coleopteran and Lepidoptera) and tolerance to the herbicide glyphosate or a combination of both (Commission, 2012); these characteristics were associated

### Cuadro 1. Paneles y principales características de las unidades representativas de producción de soya y maíz analizadas en México.

**Table 1. Panels and main characteristics of representative production units analyzed soybean and corn in Mexico.**

Cultivo	Estado	Identificación URP <sup>§</sup>	Principales características de las URP analizadas
Maíz	Chiapas	CHMZT05	Producción de temporal, semi-mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de maíz para grano destinado a mercado local
		CHMZR03	Producción de riego, semi-mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de maíz para elote destinado a mercado local
		CHMZR04	Producción de riego, semi-mecanizado, uso semilla híbrida, producción de maíz grano destinado a mercado local.
		CHMZT03	Producción de temporal, semi-mecanizado, uso de semilla híbrida, producción de maíz grano destinado a mercado local
		CHMZT02	Producción de maíz en laderas bajo condiciones de temporal, sin mecanización, uso de semilla criolla, producción de maíz para grano destinado al autoconsumo
	Oaxaca	OAMZT03	Producción de temporal en media ladera, semi-mecanizado, uso de semilla criolla, producción de grano para autoconsumo y venta mercado local
		OAMZT02	Producción de temporal en ladera, sin mecanización, uso de semilla criolla, producción de grano para autoconsumo
		OAMZT01	Producción de temporal, semi-mecanizado, uso de semilla criolla, producción de grano para autoconsumo
	Campeche	CMMZT10	Producción de temporal, mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de grano destinado al mercado local
		CMMZR20	Producción de maíz bajo condiciones de riego, mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de maíz para grano destinado al autoconsumo
Durango	DGMZT05	Producción de temporal, mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de maíz para forraje	
	DGMZR05	Producción de riego, mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de maíz para forraje	
Sinaloa	SNMZR20	Producción de riego, mecanizado, uso de semilla híbrida y producción de maíz para grano destinado a mercado local	
Soya	Campeche	CMSYCV30	Producción de temporal, mecanizado y uso de semilla convencional
		CMSYGM30	Producción de temporal, mecanizado y uso de semilla genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato
		CMSYCV100	Producción de temporal, maquinaria propia y uso de semilla convencional
		CMSYGM100	Producción de temporal, maquinaria propia y uso de semilla genéticamente modificada tolerante al herbicida glifosato

<sup>§</sup> el primer par de letras significan el estado donde se realizó el panel, el segundo al tipo de cultivo; en el caso de soya el tercer a la característica distintiva asociada a la semilla; y en el cultivo de maíz a la disponibilidad de uso de agua y el número a la escala de producción analizada. Dónde: CM= Campeche, DG= Durango, CH= Chiapas, SN= Sinaloa, SY= soya, MZ= maíz, CV= convencional, GM= genéticamente modificada, T= temporal y R= riego. Fuente: elaboración con información de campo 2013, 2014 y 2015.

Los resultados obtenidos en cada panel en sus diferentes URP fueron analizados en una estructura de costos de producción; comparando, en el caso de la soya convencional y genéticamente modificada las posibles ventajas agronómicas y económicas asociadas al uso de la semilla genéticamente modificada. De la misma forma, en las URP de maíz fueron analizadas la estructura de los costos de las principales prácticas agronómicas realizadas durante la producción. A partir de ello y considerando que las semillas de maíz genéticamente modificado liberadas recientemente en México presentan principalmente características de resistencia a insectos (coléopteros y lepidópteros) y tolerancia al herbicida glifosato o una combinación de ambas (Commission, 2012); dichas características fueron asociadas a posibles ventajas agronómicas y económicas que resultarían por la adopción de semillas de maíz genéticamente modificadas en las URP analizadas.

Para valorar las posibles ventajas agronómicas y su repercusión económica en la producción de maíz fueron analizadas en cada URP: i) nivel mecanización; ii) proporción de inversión en el control de plagas y enfermedades; iii) proporción de inversión en el control de malezas; iv) potencial de reducción de mano de obra en el control de plagas y enfermedades; v) potencial de reducción de mano de obra en el control de malezas; vi) potencial de reducción de labores agrícolas en el control de plagas y enfermedades; y vii) potencial de reducción de labores agrícolas en el control de malezas, que pudieran representar el uso de semillas transgénicas a partir de este análisis.

## Resultados y discusión

El análisis de los resultados obtenidos en esta investigación será presentado en apartados diferentes para los cultivos de soya y maíz. En el primero de los casos se hace un análisis referencial, de ninguna manera comparativo entre estas especies y el propósito fundamental de éste es identificar, si existen, aquellos factores agronómicos y económicos que han repercutido en la adopción de semillas de soya genéticamente modificada y que a partir de éstos, valorar si dichos factores pueden ser en algún nivel favorables agronómica y económicamente para la adopción de maíz genéticamente modificado, tomando en cuenta las características y condiciones tecnológicas de los diferentes sistemas de producción.

with potential agronomic and economic advantages that would result from the adoption of genetically modified corn seeds in the URP analyzed.

To assess the possible agronomic benefits and economic impact on corn production were analyzed in each URP: i) mechanization level; ii) proportion of investment in the control of pests and diseases; iii) proportion of investment in weed control; iv) potential for reducing labor in controlling pests and diseases; v) reduction potential labor weed control; vi) potential for reducing agricultural work in controlling pests and diseases; and vii) reduction potential of farming in weed control, that could represent the use of transgenic seeds from this analysis.

## Results and discussion

The analysis of the results obtained in this research will be presented in different sections for crops of soybeans and corn. In the first case a referential analysis of any comparative way between these species and the fundamental purpose of this is to identify, if there is, those agronomic and economic factors that have affected the adoption of seeds of genetically modified soybeans and from these, to assess whether these factors may be at some agronomically and economically favorable level for the adoption of genetically modified maize, taking into account the characteristics and technological conditions of different production systems.

### URP genetically modified soy

The analysis resulting from the structure of production costs obtained panels producers in the URP of genetically modified soybean and its conventional counterpart in both production scales (30 to 100 hectares), show that when genetically engineered seed is used modified in the production process total production costs associated with agricultural management on both scales are lower than those invested in conventional soybeans (Table 2). That is, the use of genetically modified seed decreases production costs particularly in practicing weed control, representing 36.2% decreased and 23.8%, respectively compared to the conventional counterpart in production systems analyzed.

These differences in production costs found in weed control that represent an economic advantage and that are directly associated with the characteristics of tolerance to the

## URP de soya genéticamente modificada

Los análisis resultantes de la estructura de costos de producción obtenidas en los paneles de productores en las URP de soya genéticamente modificada y su contraparte convencional en las dos escalas de producción (30 y 100 hectáreas), muestran que cuando se emplea semilla genéticamente modificada en el proceso productivo los costos de producción totales asociados al manejo agronómico, en ambas escalas, son inferiores a los invertidos en la soya convencional (Cuadro 2). Esto es, el uso de semilla genéticamente modificada disminuye los costos de producción particularmente en la práctica de control de malezas, que representan una disminución de 36.2% y 23.8%, respectivamente en comparación de su contraparte convencional en los sistemas de producción analizados.

herbicide glyphosate conferred on the seeds of genetically modified soy is the success that favors the adoption of genetically technology modified in the URP, and lies directly on the value it generates in terms of reducing production costs (Cotec, 2007).

These data reaffirm reported by some publications (Nelson and Bullock, 2003; Commission, 2012). However, as this paper will focus the analysis on the URP corn and commercial adoption of genetically modified seeds not a fact in Mexico, it is necessary to identify those reasons associated with the agronomic and economic success of the adoption of soy genetically modified. Thus, the first reason that favors the adoption genetically modified soy in the URP, is the importance of the problem in economic terms represents weed control in conventional production

**Cuadro 2. Costos de producción en URP de soya convencional y genéticamente modificada en México.**

**Table 2. Production costs in URP conventional and genetically modified soy in Mexico.**

Prácticas agronómicas	Costos de producción (\$)							
	(1)	(2)	Diferencia (\$) <sup>¶</sup>	Diferencia (%) <sup>§</sup>	(3)	(4)	Diferencia (\$)	Diferencia (%)
Preparación del terreno	1 200.00	1 200.00	-	-	1 050.00	1 050.00	-	-
Siembra	1 205.00	1 420.00	215.00	2.9	1 230.00	1 200.00	30.00	0.4
Control de plagas y enfermedades	1 176.00	1 176.00	-	-	1 821.70	1 821.70	-	-
Control de malezas	3 476.00	820.00	2 656.00	36.2	2 461.00	670.00	1 791.00	23.8
Fertilización	1 272.00	1 272.00	-	-	1 442.00	1 442.00	-	-
Cosecha	750.00	750.00	-	-	800.00	800.00	-	-
Seguro agrícola	692.00	692.00	-	-	530.00	530.00	-	-
Costo total ha <sup>-1</sup>	9 771.00	7 330.00	-	-	9 334.70	7 513.70	-	-

<sup>¶</sup>= calculado entre la URP de soya convencional y genéticamente modificada en la misma escala de producción; <sup>§</sup>= calculado con respecto al costo total de producción de la URP de soya genéticamente modificada; (1)= CMSYCV30; (2)= CMSYGM30; (3)= CMSYCV100; y (4)= CMSYGM100. Fuente: elaboración con información de campo, 2013.

Estas diferencias en los costos de producción encontradas en el control de malezas que representan una ventaja económica y que se asocian directamente a las características de tolerancia al herbicida glifosato conferidas a las semillas de soya genéticamente modificadas constituye el éxito que favorece la adopción de la tecnología genéticamente modificada en las URP, y radica directamente en el valor que genera en términos de reducción de costos de producción (Cotec, 2007).

Estos datos reafirman lo reportado por algunas publicaciones (Nelson y Bullock, 2003; Commission, 2012). Sin embargo, dado que en este trabajo centraremos el análisis en las

system (Table 2). Second, the direct relationship between agronomic traits conferred on genetically modified seeds and the problem that seeks to meet with technology and; third, the agronomic benefits resulting from the adoption of technology impacts on favorable economic terms for the production system.

These three factors are observable in soybean production systems in Mexico; therefore, the success of the adoption of genetically modified soybean explains both economically and agronomical (Table 2). On the one hand, the costs of higher production obtained in conventional soybeans are

URP de maíz y que la adopción comercial de semillas genéticamente modificada no un hecho en México, es necesario identificar aquellas razones que se asocien con el éxito agronómico y económico de la adopción de soya genéticamente modificada. De esta manera, la primera razón que favorece la adopción de soya genéticamente modificada en las URP, es la importancia de la problemática que en términos económicos representa el control de malezas en el sistema de producción convencional (Cuadro 2). Segundo, la relación directa que existe entre los rasgos agronómicos conferidos a las semillas genéticamente modificadas y el problema que se busca atender con la tecnología y; tercero, las ventajas agronómicas resultantes de la adopción de la tecnología repercute, en términos económicos favorables para el sistema de producción.

Estos tres factores, son observables en los sistemas de producción de soya en México; por lo tanto, el éxito de la adopción de la soya genéticamente modificada se explica tanto en términos económicos como agronómicos (Cuadro 2). Por un lado, los costos de producción más altos obtenidos en la soya convencional se deben a que los herbicidas selectivos empleados en el control de malezas son más costosos, en comparación al glifosato que se emplea en la soya genéticamente modificada. Este mayor costo, también se suma a la aplicación de un número mayor de actividades agronómicas de cultivo para el control de malezas, pues resulta ser más dificultosas en el sistema convencional, a diferencia de la genéticamente modificada que además de reducir los costos de producción, representan menor inversión de mano de obra y labores de cultivo en las URP de este tipo.

## **URP de maíz**

### **Importancia económica del control de plagas, enfermedades y malezas en las URP de maíz**

La estructura de los costos de producción en las URP de maíz en México está definida por el sistema de producción, que implícitamente representa una condición tecnológica. Por esta razón, la estructura de los costos de producción son altamente variables para cada URP analizada. Sin embargo, puede observarse ciertas tendencias concretas en el manejo de los recursos para algunos sistemas de producción (Montañez y Warman, 1985). En este sentido, si se analiza el primer factor relacionado con la asignación de recursos económicos destinados a la realización de prácticas agronómicas como el control de plagas y malezas, asociadas

due to selective herbicides used in weed control are more expensive compared to glyphosate that is used in genetically modified soybeans. This higher cost, also adds to the application of a greater number of agricultural activities crop for weed control, it turns out to be more difficult in the conventional system, unlike genetically modified addition to reducing production costs, they represent less investment of labor and cultivation work in the URP of this type.

## **Corn of URP**

### **Economic importance of controlling pests, diseases and weeds in corn URP**

The structure of production costs in the URP corn in Mexico is defined by the production system, which implicitly represents a technological condition. For this reason, the structure of production costs are highly variable for each URP analyzed. However, certain specific trends can be seen in the resource management for some systems (Montañez and Warman, 1985). In this regard, if the first factor related to the allocation of financial resources for the realization of agronomic practices to control pests and weeds, associated with the seeds of genetically modified maize is analyzed, it is observed that only two of thirteen URP corn (CHMZT02 and DGMZT05), production costs in weed control are those that represent a greater investment in the overall cost structure with 35.5 and 23%, respectively (Table 3 and 5).

The level of economic investment in controlling pests and weeds is also variable in irrigated production systems and temporary. The proportion of investment in weed control in URP produced under rainfed conditions is higher than in irrigation, while the control of pests and diseases is more important in the latter URP. This shows that unlike conventional soybeans in the URP corn investments economic intended to control pests, diseases and weeds are not more important than other agronomic practices such as the fertilization and harvest, which in some cases they can reach up to 39.4 and 35.5%, respectively (Table 3, 4 and 5).

### **Relationship between agronomic traits conferred on genetically modified seeds and the problem that seeks to meet with technology**

The seeds of genetically modified corn have recently been released in Mexico are aimed at controlling pests and weeds, mainly. However, as discussed in the previous section,

a las semillas de maíz genéticamente modificado, se observa que únicamente en dos de trece URP de maíz (CHMZT02 y DGMZT05), los costos de producción en el control de malezas son los que representan una mayor inversión en la estructura total de costos con 35.5 y 23%, respectivamente (Cuadro 3 y 5).

El nivel de inversión económica en el control de plagas y malezas también es variable en sistemas de producción de riego y temporal. La proporción de la inversión en el control de malezas en URP producidas bajo condiciones de temporal es más elevada que en riego, mientras que el control de plagas y enfermedades es más importante en éste último URP. Lo anterior, muestra que a diferencia de la soya convencional en las URP de maíz las inversiones de económicas destinadas al control de plagas, enfermedades y malezas no son más importantes que otras prácticas agronómicas como lo es la fertilización y la cosecha, que en algunos casos pueden alcanzar hasta un 39.4 y 35.5%, respectivamente (Cuadro 3, 4 y 5).

none of these factors is most economically important than other agronomic practices. On the one hand, the different URP studied in Chiapas and Oaxaca is not necessarily purely economic interests (Schejtman, 1980), since the rural economy practiced in these production systems unlike business has distinctive features extensive self-employment, control of one's means of production, consumption and occupational diversity (Shanin, 1979) and secondly, the presence of technical problems, technology, financing, technical assistance, among others in the URP of this type do not necessarily indicate used specifically aimed at improving pest and weed control technologies.

### Agronomic benefits of technology with economic impact on production systems

In the case of genetically modified soybean, agronomic advantage conferred cultivation through tolerance to the herbicide glyphosate, resulted in the decrease in

**Cuadro 3. Estructura de costos de producción en unidades representativas de producción de maíz en en los estados de Chiapas y proporción porcentual de la inversión en prácticas agronómicas.**

**Table 3. Structure of production costs in representative production units' corn in the state of Chiapas and percentage share of investment in agronomic practices.**

Prácticas agronómicas	Costos de producción (\$)									
	CHM ZR04	Proporción (%)	CHMZ R03	Proporción (%)	CHM ZT05	Proporción (%)§	CHM ZT03	Proporción (%)	CHM ZT02	Proporción (%)
Preparación del terreno	2 100.00	11.8	2 240.00	15.2	652.5	5	1 770.00	10.4	950.00	9
Semilla	2 250.00	12.6	1 900.00	12.9	2 000.00	15.3	1 800.00	10.6	170.00	1.6
Siembra	800.00	4.4	750.00	5.1	1 000.00	7.6	840.00	4.9	600.00	5.7
Control de plagas y enfermedades	1 894.90	10.6	1 865.00	12.7	320.00	2.4	940.00	5.5	0	0
Control de malezas	770.00	4.3	1 480.00	10.1	1 060.00	8.1	2 950.00	17.4	3 732.50	35.5
Fertilización	4 560.00	25.6	4 570.00	31.1	5 160.00	39.4	3 770.00	22.2	1 640.00	15.6
Cosecha	2 000.00	11.2	0	0	2 900.00	22.2	3 600.00	21.2	1 920.00	18.3
Riego	1 862.50	10.4	1 900.00	12.9	0	0	0	0	0	0
Traslado de insumos y productos	900.00	5	0	0	0	0	1 249.98	7.4	1 400.00	13.3
Seguro agrícola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros	660.65	3.7	0	0	0	0	50.00	0.3	100	1
Costo total ha <sup>-1</sup>	17 798.14	100	14 705.00	100	13 092.50	100	16 969.98	100	10 512.50	100

§= calculada con respecto al costo total de cada URP de maíz. Fuente: elaboración con información de campo, 2014.

**Cuadro 4. Estructura de costos de producción en unidades representativas de producción de maíz en el estado de Oaxaca y proporción porcentual de la inversión en prácticas agronómicas.****Table 4. Structure of production costs in representative production units' corn in the state of Oaxaca and percentage share of investment in agronomic practices.**

Prácticas agronómicas	Costos de producción (\$)					
	OAMZT03	Proporción (%)§	OAMZT02	Proporción (%)	OAMZT01	Proporción (%)
Preparación del terreno	1 800.00	17.9	2 440.00	16	450.00	8.3
Semilla	160.00	1.6	100.00	0.7	100.00	1.9
Siembra	200.00	2	900.00	5.9	240.00	4.4
Control de plagas y enfermedades	0	0	0	0	815.00	15.1
Control de malezas	1 800.00	17.9	3 120.00	20.5	475.00	8.8
Fertilización	1 040.00	10.3	0	0	1 640.00	30.4
Cosecha	4 200.00	41.7	5 400.00	35.5	1 230.00	22.8
Riego	0	0	0	0	0	0
Traslado de insumos y productos	800.00	7.9	3 150.00	20.7	300.00	5.6
Seguro agrícola	0	0	0	0	0	0
Otros	66.67	0.7	100.00	0.7	150.00	2.8
Costo total ha <sup>-1</sup>	10 066.67	100	15 210.00	100	5 400.00	100

**Cuadro 5. Estructura de costos de producción en unidades representativas de producción de maíz en en los estados de Sinaloa, Campeche y Durango y proporción porcentual de la inversión en prácticas agronómicas.****Table 5. Structure of production costs in representative production units' corn in the states of Sinaloa, Durango and Campeche and percentage share of investment in agronomic practices**

Prácticas agronómicas	Costos de producción (\$)									
	SNM ZR20	Proporción (%)	CMM ZR20	Proporción (%)	DGM ZR05	Proporción (%)	CMM ZT10	Proporción (%)§	DGM ZT05	Proporción (%)
Preparación del terreno	3 200.00	13.1	1 400.00	11.2	6 720.00	42.5	1 000.00	8.4	2 850.00	46.7
Semillas	5 550.00	22.7	1 800.00	14.4	2 700.00	17.1	1 800.00	15.1	1 200.00	19.7
Siembra	500.00	2	472.50	3.8	500.00	3.2	520.00	4.4	650.00	10.7
Control de plagas y enfermedades	1 090.00	4.5	1 707.00	13.7	760.00	4.8	1 120.00	9.4	0	0
Control de malezas	420.00	1.7	659.25	5.3	500.00	3.2	1 650.00	13.8	1 400.00	23
Fertilización	6 700.00	27.4	2 012.5	16.1	3 420.00	21.6	2 120.00	17.8	0	0
Cosecha	2 200.00	9	800.00	6.4	0	0	820.00	6.9	0	0
Traslado de insumos	0	0	600.00	4.8	0	0	700.00	5.9	0	0
Manejo poscosecha (secado grano)	0	0	1 200.00	9.6	0	0	0	0	0	0
Riego	2 300.00	9.4	800.00	6.4	1 230.00	7.8	0	0	0	0
Crédito de avío	0	0	0	0	0	0	434.2	3.6	0	0
Seguro agrícola	2 490.00	10.2	800.00	6.4	0	0	1 500.00	12.6	0	0
Otros	0	0	244.26	2	0	0	259.26	2.2	0	0
Costo total ha <sup>-1</sup>	24 450.00	100	12 495.51	100	15 830.00	100	11 923.46	100	6 100.00	100

### **Relación existente entre los rasgos agronómicos conferidos a las semillas genéticamente modificadas y el problema que se busca atender con la tecnología**

Las semillas de maíz genéticamente modificadas que han sido liberadas recientemente en México están orientadas al control de plagas y malezas, principalmente. Sin embargo, como se analizó en el apartado anterior, ninguno de estos factores es en su mayoría económicamente más importantes que otras prácticas agronómicas. Por un lado, las diferentes URP estudiadas en Chiapas y Oaxaca no necesariamente tiene intereses puramente económicos (Schejtman, 1980), puesto que la economía campesina que se practica en estos sistemas de producción a diferencia de la empresarial tiene como rasgos distintivos el autoempleo extensivo, el control de los propios medios de producción, el autoconsumo y la diversidad ocupacional (Shanin, 1979) y por otro, la presencia de problemas técnico, tecnológicos, de financiamiento, asesoría técnica, entre otros en las URP de este tipo, no necesariamente señalan específicamente emplear tecnologías orientadas a mejorar el control de plagas y malezas.

### **Ventajas agronómicas de la tecnología con repercusiones económicas en los sistemas de producción**

En el caso particular de la soya genéticamente modificada, la ventaja agronómica conferida al cultivo mediante la tolerancia al herbicida glifosato, resultó en la disminución de una labor agrícola en el control de malezas (Cuadro 2), además de que ésta misma característica permitió en el control de malezas de la soya genéticamente modificada, un herbicida más barato que los que se usan en sistemas de producción con soya convencional; resultando finalmente una disminución en los costos de producción.

Puesto que en el caso del maíz no es posible realizar este análisis de la misma forma, debido que en México no está permitida su liberación en etapa comercial. Tomando en cuenta los rasgos conferidos a los maíces genéticamente modificados con resistencias a insectos y tolerancia a herbicidas, se analizó el posible potencial en la disminución de prácticas agronómicas en el control de plagas y malezas en cada URP analizada, considerando la mano de obra invertida (jornales) en cada actividad, además de contrastar las posibles ventajas agronómicas que resulten en una ventaja económica observada en la estructura de los costos de producción de dichas prácticas.

agricultural work in weed control (Table 2), in addition to this same feature allowed the weed control genetically modified soybeans, herbicide cheaper than those used in conventional production systems soybean; finally resulting in a decrease in production costs.

Since in the case of maize is not possible to perform this analysis in the same way, because in Mexico is not allowed to release commercial stage. Taking into account the traits conferred on genetically modified maize with resistance to insect and herbicide tolerance, the potential will be analyzed in decreasing agronomic practices to control pests and weeds in each URP analyzed, considering the labor invested (wages) in each activity, in addition to contrast the potential agronomic benefits that result in an economic advantage observed in the structure of production costs of such practices.

The results show that in agronomic practice relating to the control of pests and diseases using labor (number outside the parentheses) used is low in all production systems compared to other activities, especially in larger systems level of mechanization (SNMZR20, CMMZR20, DGMZR05 and CMMZT10); in traditional systems or where this practice is often not conducted (CHMZT02, OAMZT03, OAMZT02 and DGMZT05); It is resulting in a low potential in reducing agronomic practices (number in parentheses) with the use of corn whose characteristic is insect resistance (Table 3, 4 and 5).

## **Conclusions**

Adoption potential seeds of genetically modified maize in Mexico, under current technological conditions agronomic practices in different production systems of corn analyzed, do not represent favorable economic and agronomic benefits for URP by adopting develop transgenic seeds.

A higher level of technology and equipment in production systems does not guarantee greater economic and agronomic benefits that may be associated with the adoption of genetically modified seeds. In fact, they prove to be more suitable in production systems with an advanced technological level, where more labor and reducing agricultural labor is employed may be favored by the traits conferred on genetically modified seeds in the control of pests, diseases and weeds.

Los resultados muestran que en la práctica agronómica referida al control de plagas y enfermedades el uso de mano de obra (número fuera del paréntesis) que se emplea es bajo en todos los sistemas de producción en comparación de otras actividades, especialmente en los sistemas de mayor nivel de mecanización (SNMZR20, CMMZR20, DGMZR05 y CMMZT10); en los sistemas tradicionales o en donde esta práctica no se realiza frecuentemente (CHMZT02, OAMZT03, OAMZT02 y DGMZT05); lo que se traduce en un bajo potencial en la disminución de las prácticas agronómicas (número dentro del paréntesis) con el uso de maíces cuya característica sea la resistencia a insectos (Cuadro 3, 4 y 5).

## Conclusiones

El potencial de adopción de semillas de maíz genéticamente modificado en México, bajo las actuales condiciones tecnológicas en que se desarrollan las prácticas agronómicas en los diferentes sistemas de producción de maíz analizados, no representan ventajas económicas y agronómicas favorables para las URP por la adopción de semillas transgénicas.

Un mayor nivel tecnológico y de equipamiento en los sistemas de producción no garantiza mayores ventajas económicas y agronómicas que puedan asociarse a la adopción de semillas genéticamente modificadas. De hecho, resultan ser más adecuadas en sistemas de producción con un nivel tecnológico intermedio, en donde se emplea mayor mano de obra y la reducción de labores agrícolas pueden verse favorecidas por los rasgos conferidos a las semillas genéticamente modificadas en el control de plagas, enfermedades y malezas.

Las características conferidas a las semillas genéticamente modificadas pueden contribuir a resolver económica y agronómicamente los problemas de producción, siempre y cuando éstas se asocien y representen una proporción económica importante de la inversión en la producción y estén acorde a las necesidades del sistema de producción y deriven de ella ventajas agronómicas que reduzcan los costos de producción como en el caso de la soya genéticamente modificada.

The characteristics conferred on genetically modified seeds can contribute to economic solve and agronomically production problems, as long as they are associated and represent an important economic share of investment in production and are tailored to the needs of the production system and derive it agronomic advantages that reduce production costs as in the case of genetically modified soybean.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Bank, W.; Working, S. and No, P. 1981. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey (444).
- Commission, E. 2012. Jrc scientific and policy reports. *In*: E. Commission (Ed.). International workshop on socio-economic impacts of genetically modified crops co-organised by JRC-IPTS and FAO (p. 129). Spain. doi:10.2791/77797.
- Cotec. 2007. La persona protagonista. (Fundación COTEC para la innovación tecnológica. Gijón, España. Retrieved from <http://www.oei.es/salactsi/personas.pdf>.
- DOF. 2005. Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. 1-44 pp.
- James, C. 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM crops: 2010 (4<sup>th</sup> ed.).
- Massieu, Y. 2005. México y su necesaria ley de bioseguridad : intereses económico- políticos y movimiento social.
- Mercer, K. and Waingwright, J. 2008. Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico: an analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 123(1-3):109-115. doi:10.1016/j.agee.2007.05.007.
- Mercer, K. L.; Perales, H. R. and Wainwright, J. D. 2012. Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environmental Change*. 22(2): 495-504. doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.01.003.
- Montañez, C. y Warman, A. 1985. Los productores de maíz en México: restricciones y alternativas. Centro de Ecodesarrollo (CECODES). 226 p.
- Nelson, G. C. and Bullock, D. S. 2003. Simulating a relative environmental effect of glyphosate-resistant soybeans. *Ecological Economics*. 45(2): 189-202. doi:10.1016/S0921-8009(03)00011-9.
- Schejtman, A. 1980. Economía campesina: lógica interna, articulación y persistencia. *Revista de la CEPAL*. 11: 121-140 pp.
- Shanin, T. 1979. Campesinos y sociedades campesinas. Edición Fondo Económico de Cultura, México. 12 p.