

PRODUCTIVIDAD DE SEMILLA Y ADOPCIÓN DEL HÍBRIDO DE MAÍZ H-520, EN EL TRÓPICO DE MÉXICO

SEED PRODUCTIVITY AND ADOPTION OF THE H-520 MAIZE HYBRID IN MÉXICO'S TROPICS

Mauro Sierra-Macías^{*1}, Flavio A. Rodríguez-Montalvo¹, Artemio Palafox-Caballero¹, Alejandro Espinosa-Calderón², Pablo Andrés-Meza³, Noel O. Gómez-Montiel⁴, Roberto Valdivia-Bernal⁵

Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. 92277. Medellín de Bravo, Estado de Veracruz, México. (sierra.mauro@inifap.gob.mx) (mauro_s55@hotmail.com). ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. 56230. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. (espinosa.alejandro@inifap.gob.mx) (espinoale@yahoo.com.mx). ³Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillos, Texcoco, Estado de México. (andres.pablo@colpos.mx). ⁴Campo Experimental Iguala-INIFAP. 40000. Iguala, Estado de Guerrero. (gomez.noel@inifap.gob.mx). ⁵Universidad Autónoma de Nayarit (beto49_2000@yahoo.com.mx)

RESUMEN

La semilla es el principal insumo en la producción de maíz (*Zea mays* L.), pues de ella dependen el potencial de rendimiento y la calidad del producto. En los últimos seis años, se ha promovido la producción y distribución del híbrido de maíz H-520, con alto potencial de rendimiento y adaptabilidad en el trópico de México. Así, de 2008 a 2013, el Campo Cotaxtla del INIFAP distribuyó 8736 kg de semilla registrada, con las que empresas semilleras produjeron 1630 toneladas de semilla certificada, para una siembra comercial de 84 940 ha del H-520. En cuanto a la rentabilidad, en la producción de semilla certificada se obtuvo una relación Beneficio/Costo (B/C), de 1:1.52; en la producción de grano, la relación B/C fue 1: 1.09. La producción de semilla y de grano del H-520 es rentable. El impacto de las 84 940 hectáreas sembradas con el H-520, representan un beneficio adicional de \$476.51 millones y se generan 2 548 200 jornales. En las 485.20 hectáreas de producción de semilla se logra un beneficio de \$35.83 millones y se generan 80 543 jornales.

Palabras clave: adopción, beneficio costo, híbrido, impacto, producción de semilla.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las estadísticas de producción, en México se sembraron 7.3 millones de hectáreas de maíz (*Zea mays* L.) grano en

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: marzo, 2014. Aprobado: diciembre, 2015.

Publicado como ARTÍCULO en ASyD 13: 19-32. 2016.

ABSTRACT

Seed is the main input for maize production (*Zea mays* L.), since yield potential and product quality depend on it. In the last six years, the production and distribution of the H-520 maize hybrid has been promoted, a hybrid that has high yield potential and adaptability in Mexico's Tropics. Thus, from 2008 to 2013, INIFAP's Campo Cotaxtla distributed 8736 kg of certified seed, with which seed companies produced 1630 tons of certified seed, for a commercial sowing of 84 940 ha of the H-520 hybrid. In terms of profitability, there was a Benefit/Cost (B/C) relation of 1:1.52 in the production of certified seed; in grain production, the B/C relation was 1:1.09. The H-520 seed and grain production is profitable. The impact of the 84 940 hectares sown with H-520 represent an additional profit of \$476.51 million and 2 548 200 workdays are generated. In the 485.20 hectares of seed production, a profit of \$35.83 million is achieved, and 80 543 workdays are generated.

Key words: adoption, benefit cost, hybrid, impact, seed production.

INTRODUCTION

According to statistics for production, 7.3 million hectares of maize grain (*Zea mays* L.) were sown in Mexico in 2012, with an average yield of 3.2 t ha⁻¹. Of these, 80 % correspond to rainfed white maize and 20 % to irrigation white maize. In Mexico's southeast region, the state of Veracruz is the third producer and contributes with

2012 con un rendimiento medio de 3.2 t ha⁻¹. De éstas, 80 % corresponden a maíz blanco de temporal y 20 % a maíz blanco de riego. En el sureste de México, el estado de Veracruz es el tercer productor y contribuye con 5.8 % de la producción nacional. En esta entidad, en el año 2012 se produjeron 1.3 millones de toneladas de grano, en una superficie de 553 276 ha, con un rendimiento promedio de 2.3 t ha⁻¹, lo que generó un valor de producción de \$5224 millones de pesos (SAGARPA-SIAP, 2012).

El cultivo de maíz es importante en el área tropical húmeda de México, donde se siembran anualmente 2.5 millones de hectáreas; de éstas, un millón están localizadas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 mil hectáreas se siembran bajo condiciones de riego (Sierra Macías *et al.*, 2004). En esta superficie se recomienda la siembra de híbridos, ya que allí éstos expresan al máximo su potencial genético (Gómez Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992).

Los híbridos trilineales, conformados por la combinación de una cruz simple que se cruza con una tercera línea, que funciona como macho, permiten aprovechar las ventajas de la heterosis en la producción de maíz y constituyen una alternativa de fácil manejo en la producción de semilla, ya que generalmente se utiliza como progenitor hembra esa cruz simple de alto rendimiento (Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008; Espinosa Calderón *et al.*, 1998).

En la selección de líneas progenitoras de híbridos comerciales, es necesario identificar aquellas sobresalientes con base en sus efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), su comportamiento *per se*, su adaptación, su capacidad para producir buena cantidad y calidad de semilla y su tolerancia a las principales enfermedades de planta y mazorca en el trópico (Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Vasal *et al.*, 1994; Sierra Macías *et al.*, 2004).

Después de dedicar más de 12 años para definir los mejores híbridos, es necesario generar información sobre producción y tecnología de semillas. Adicionalmente, se requiere dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y productores de semilla, las bondades del material genético, así como el comportamiento y las ventajas que ofrecen los progenitores en cuanto a la producción comercial de semilla (Espinosa Calderón *et al.*, 2003a; Espinosa Calderón *et al.*, 2003b).

De 1994 a 2004, el híbrido de maíz H-520 se registró ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) con el número:

5.8 % of the national production. In this entity, 1.3 million tons of grain were produced in 2012, on a surface of 553 276 ha, with an average yield of 2.3 t ha⁻¹, generating a production value of \$5224 million pesos (SAGARPA-SIAP, 2012).

Maize cultivation is important in the humid tropical area of México, where 2.5 million hectares are sown annually; of these, one million are located in agronomic provinces of good and very good productivity, and 100 thousand hectares are sown under conditions of irrigation (Sierra Macías *et al.*, 2004). On this surface, it is recommended to sow hybrids, since these express their maximum genetic potential in these areas (Gómez Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992).

Trilinear hybrids, made up of a combination of a simple cross that is bred with a third line, which functions as a male, allow taking advantage of the heterosis in maize production and constitute an alternative for easy management of seed production, since that simple high-yield cross is usually used as female parent (Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008; Espinosa Calderón *et al.*, 1998).

In the selection of parent lines of commercial hybrids, it is necessary to identify the outstanding ones, based on their effects of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA), in their behavior *per se*, their adaptation, their capacity to produce a good amount and quality of seed, and their tolerance to the main plant and corn cob diseases in the Tropics (Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Vasal *et al.*, 1994; Sierra Macías *et al.*, 2004).

After devoting more than 12 years to determine the best hybrids, it is necessary to generate information about seed production and technology. In addition, it is necessary to divulge the qualities of the genetic material to the farmers, agents of change, and seed producers, as well as the behavior and advantages that the parents offer in terms of the commercial production of the seed (Espinosa Calderón *et al.*, 2003a; Espinosa Calderón *et al.*, 2003b).

From 1994 to 2004, the H-520 maize hybrid was registered at the National Seed Inspection and Certification (*Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas*, SNICS) with the number: 1648-MAZ 807-140404/C. This hybrid presents high yield and adaptability potential in México's tropical region; however, one of this hybrid's most

1648-MAZ 807-140404/C. Este híbrido presenta alto potencial de rendimiento y adaptabilidad en la región tropical de México; sin embargo, uno de los atributos más importantes de este híbrido es que sus progenitores tienen buen rendimiento, facilidad y rentabilidad en la producción comercial de semilla, en virtud de que es un híbrido trilineal que usa como progenitor hembra a una cruz simple de alto rendimiento (Sierra Macías *et al.*, 2008).

Los Objetivos de esta investigación fueron:

- a) Conocer el rendimiento y las características agronómicas del híbrido de maíz H-520 y de sus progenitores desde el punto de vista de la producción comercial de semilla.
- b) Dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y productores de semilla las ventajas del híbrido y de sus progenitores.
- c) Estimar el grado de adopción y el impacto que se tiene con él en el sureste mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el área tropical húmeda y subhúmeda de México que engloba, de acuerdo con García (1981) al grupo climático A, que corresponde a los climas cálidos (Aw0, Aw1, Aw2, Am y Af), y cubre principalmente la región costera del Golfo de México y del Océano Pacífico. Esta región corresponde al área de influencia en la que el híbrido de maíz H-520 se generó, evaluó, se promovió, se produce la semilla básica y registrada y donde se encuentran localizadas las empresas o grupos semilleros que actualmente producen y distribuyen la semilla certificada del H-520.

En cuanto a los recursos genéticos que han servido de base para la formación del híbrido, estos provienen de la raza Tuxpeño, con mayor distribución en el sureste mexicano. Así, entre 1998 y 2005 se evaluó y resultó sobresaliente el híbrido H-520, con ventajas en rendimiento y características agronómicas, el cual fue propuesto para su liberación oficial. Este híbrido está formado por las líneas LT154, LT155 y LT156; por sus características agronómicas, sanidad, alto rendimiento y estabilidad se empleó en el Trópico Húmedo de México como híbrido comercial con la denominación de H-513 (Sierra Macías *et al.*, 1994).

La línea macho LT156 cuenta con seis autofecundaciones, fue identificada por buen rendimiento

important attributes is that its parents have a good yield, ability and profitability in the commercial production of seed, by virtue of it being a trilinear hybrid that uses a simple high-yielding cross as female parent (Sierra Macías *et al.*, 2008).

The objectives of this study were:

- a) Understanding the yield and agronomic characteristics of the H-520 maize hybrid and its parents, from the viewpoint of commercial seed production.
- b) Divulging the advantages of the hybrid and its parents to farmers, agents of change, and seed producers.
- c) Estimating the degree of adoption and the impact that it has in México's southeastern region.

MATERIALS AND METHODS

This study was developed in the humid and subhumid tropical area of México, which includes climate group A, based on García (1981), which corresponds to warm climates (Aw0, Aw1, Aw2, Am and Af), and covers mainly the coastal region of the Gulf of México and the Pacific Ocean. This region corresponds to the area of influence where the H-520 maize hybrid was generated, evaluated, promoted, where the basic and certified seed is produced, and where the companies or seed groups that currently produce and distribute the H-520 certified seed are located.

In terms of the genetic resources that have served as the base for the formation of the hybrid, these come from the Tuxpeño cultivar, with highest distribution in the southeast of México. Thus, between 1998 and 2005, the H-520 hybrid was evaluated and turned out to be outstanding, with advantages in yield and agronomic characteristics, which was proposed for its official liberation. This hybrid is formed by the LT154, LT155 and LT156 lines; because of its agronomic characteristics, safety, high yield and stability, it was used in México's Humid Tropics as a commercial hybrid with the denomination of H-513 (Sierra Macías *et al.*, 1994).

The male line LT156 has six self-fertilizations, was identified from its *per se* good yield, and its good GCA because it combines well with the lines LT154 and LT155. This line was derived from a compound of broad genetic base (*compuesto de amplia base genética*, CABG) of intermediate cycle,

per se y su buena ACG en virtud de que combinó bien con las líneas LT154 y LT155. Dicha línea fue derivada de un compuesto de amplia base genética (CABG) de ciclo intermedio, formado en el Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La línea LT154, posee cuatro ciclos de autofecundación y la LT155, presenta similar nivel de endogamia. Estos progenitores ofrecen ventajas para su mantenimiento y para la producción comercial de semilla por parte de las empresas, lo que permite la factibilidad real de uso por los productores (Sierra Macías *et al.*, 2008).

En 2003 y 2004 el híbrido de maíz H-520 y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la guía técnica para la descripción varietal de maíz, propuesta por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Este híbrido fue registrado e inscrito por el INIFAP en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC) y ahora Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) ante el SNICS, con el número de registro 1648 MAZ 807-140404/C (SAGARPA-SNICS, 2004). Este registro significa que puede incorporarse a programas de producción de semilla básica, registrada y certificada.

De 2006 a 2013 se han llevado a cabo actividades de difusión y transferencia de tecnología; como eventos demostrativos en lotes de validación, eventos masivos como el Día del Productor Maicero en el Campo Experimental Cotaxtla y recorridos técnicos con empresas o grupos productores de semilla en los que se dieron a conocer las ventajas agronómicas y de rendimiento del híbrido de maíz H-520 y de sus progenitores. Así también, la producción de semilla de alto registro de los progenitores de este híbrido, que son la fuente de semilla para avanzar hacia la semilla certificada por parte de las empresas y grupos productores de semilla y difundirla con los productores. En el Campo Cotaxtla, se encuentran registros de las ventas de semilla básica y registrada distribuida a empresas y grupos productores de semilla de este híbrido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y características agronómicas

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento y las características agronómicas en experimentos de 1998 a 2012 en el trópico húmedo de México. El híbrido

formed in the Experimental Field in Cotaxtla, Veracruz, which depends on the National Institute of Forest, Agricultural and Livestock Research (*Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, INIFAP). Line LT154 has four cycles of self-fertilization and LT155 presents a similar level of endogamy. These parents offer advantages for their maintenance and for the commercial production of seed by the companies, which allows the real feasibility of use by producers (Sierra Macías *et al.*, 2008).

In 2003 and 2004 the H-520 maize hybrid and its parents were characterized based on the technical guide for the varietal description of maize proposed by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). This hybrid was registered and inscribed by the INIFAP into the Catalogue of Varieties with Possible Certification (*Catálogo de Variedades Factibles de Certificación*, CVC) and now the National Catalogue of Plant Varieties (*Catálogo Nacional de Variedades Vegetales*, CNVV) before the SNICS, with the registry number of 1648 MAZ 807-140404/C (SAGARPA-SNICS, 2004). This registry means that it can be incorporated into programs of production of basic, registered and certified seed.

From 2006 to 2013, activities of dissemination and transference of technology have been carried out, such as demonstrative events on validation plots, massive events such as the Maize Producer Day in the Cotaxtla Experimental Field, and technical visits with companies or seed producer groups where the

Cuadro 1. Rendimiento del híbrido H-520 de 1998 a 2012 en localidades del Trópico Húmedo de México, INIFAP.

Table 1. Yield of the H-520 hybrid from 1998 to 2012 in localities of the Humid Tropics in México, INIFAP.

Genealogía	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹) [†]	% Relativo
H-520	7.30*	109
H-513	6.72	100
VS-536	6.29	94

($p \leq 0.05$); [†] promedio de 27 experimentos en las localidades de Cotaxtla, Isla, Papantla, y San Andrés Tuxtla, Veracruz; Huimanguillo, Tabasco y Apatzingán, Michoacán. ♦($p \leq 0.05$); [†] average from 27 experiments in the localities of Cotaxtla, Isla, Papantla, and San Andrés Tuxtla, Veracruz; Huimanguillo, Tabasco and Apatzingán, Michoacán.

trilineal H-520 rindió en promedio 7.30 t ha⁻¹, en 27 ambientes, significativamente mayor en 9 %, en relación con el híbrido de cruza simple H-513 (Testigo) y 15 % con respecto a la variedad sintética VS-536, de mayor uso en el sureste mexicano (Sierra Macías *et al.*, 2008).

Una vez definido el híbrido de maíz H-520 como sobresaliente, durante los años de 1999 a 2010 se establecieron parcelas de validación en 14 ambientes en Veracruz y Tabasco, para conocer su comportamiento a nivel comercial o semicomercial, bajo el manejo tradicional de los productores. En esta fase de validación, el H-520 tuvo un rendimiento de grano promedio de 7.07 t ha⁻¹, 8 % más en comparación con el H-513, el híbrido más rendidor en esos años y 36 % más que la variedad sintética VS-536, la de mayor uso comercial en el sureste mexicano (Cuadro 2).

El híbrido de maíz H-520 presenta buena adaptación en el trópico mexicano pues su rendimiento tanto en su fase experimental como en parcelas de validación, superó en 9 y 8 % al H-513 (Testigo), no obstante este último es un híbrido de cruza simple. Lo anterior es debido principalmente a que la línea LT156, progenitor macho en la formación del H-520, es una línea con buen comportamiento *per se* y con buena aptitud combinatoria general con las líneas que forman la cruza simple LT154xLT155. Sin embargo, la principal ventaja del H-520 es con relación al rendimiento y rentabilidad en la producción de semilla certificada, lo que le permite tener mayor volumen de semilla y mejor acceso a los agricultores (Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Calderón *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008).

En cuanto a sus características agronómicas, durante el ciclo primavera-verano, bajo condiciones de

agronomic and yield advantages of the H-520 maize hybrid and its parents were exposed. Likewise, the production of high registry seed from the parents of this hybrid, which are the source of seed to advance towards certified seed by seed companies and producer groups and divulging it among producers. Records of sales of basic and certified seed distributed to companies and producer groups of seeds of this hybrid are found in the Cotaxtla Field.

RESULTS AND DISCUSSION

Yield and agronomic characteristics

Table 1 shows the yield and agronomic characteristics in experiments from 1998 to 2012 in México's Humid Tropics. The trilinear H-520 hybrid yielded 7.30 t ha⁻¹ in average, in 27 environments, significantly higher in 9 % with regard to the simple cross hybrid H-513 (Control) and 15 % compared to the synthetic cultivar VS-536, of higher use in the southeast of México (Sierra Macías *et al.*, 2008).

Once the H-520 maize hybrid was defined as outstanding, validation plots were established in 14 environments in Veracruz and Tabasco during the years 1999 to 2010, in order to understand their behavior at the commercial or semi-commercial level, under the traditional knowledge of producers. In this phase of validation, the H-520 had an average grain yield of 7.07 t ha⁻¹, 8 % higher in comparison to the H-513, the hybrid with highest yields in those years and 36 % more than the synthetic variety VS-536, of greatest commercial use in the southeast of México (Table 2).

Cuadro 2. Rendimiento y características agronómicas del H-520 en parcelas de validación. Primavera-verano 1999-2010. Veracruz y Tabasco. INIFAP.

Table 2. Yield and agronomic characteristics of the H-520 in validation plots. Spring-Summer 1999-2010. Veracruz and Tabasco. INIFAP.

Genotipo	RG [†]	%	FM [‡]	AP (cm) [§]	PPA [€]	Sev ^b	PMD [°]	%	%	%
	(t ha ⁻¹)	Rel						Aca ^{††}	Cob ^{**}	Pod ^{§§}
H-520	7.07	108	54	228	14.57*	2.50*	16.18*	1.46*	1.64*	5.89*
H-513	6.60	100	53	212	16.91*	2.83*	17.99*	3.64*	3.54*	7.60*
VS-536	5.20	79	55	233	35.53	5.33	30.33	3.81*	1.67*	11.89

[†]Rendimiento de grano promedio de 14 ambientes en Veracruz y Tabasco; [‡]días a floración masculina; [§]altura de planta; [€]porcentaje de plantas con achaparramiento; ^bseveridad del daño por la enfermedad "achaparramiento" en planta; [°]porcentaje de mazorcas con daño por la enfermedad "achaparramiento"; ^{††}porcentaje de plantas acamadas; ^{**}porcentaje de mazorcas con mala cobertura; ^{§§}porcentaje de mazorcas podridas. ♦ [†]Average grain yield in 14 environments in Veracruz and Tabasco; [‡]days until male flowering; [§]plant height; [€]percentage of plants with "dwarfing"; ^bseverity of damage from "dwarfing" in plant; [°]percentage of corncobs with damage from "dwarf" disease; ^{††}percentage of lodged plants; ^{**}percentage of cobs with bad coverage; ^{§§}percentage of rotten cobs.

temporal, el híbrido H-520 registró altura de planta y mazorca intermedia con 228 y 139 cm para cada variable. Esta característica permite al H-520 mayor tolerancia al acame provocado por los vientos, que en la región costera del Golfo de México son muy frecuentes. Durante el ciclo de temporal en primavera-verano, registró 53 días a la floración masculina y 54 a la floración femenina; alcanza su madurez fisiológica entre 90 y 100 días y la cosecha puede efectuarse a los 110 a 120 días. Presenta buen aspecto y sanidad de planta y mazorca y excelente cobertura de mazorca, lo cual evita el daño de pájaros y la entrada de la humedad, reduciendo considerablemente los daños por pudrición de mazorca; presenta 14 hileras y es de grano blanco semidentado. Así también, es tolerante al “achaparramiento”, enfermedad que ha cobrado importancia en áreas maiceras de las zonas centro y sur del estado de Veracruz, lo que le confiere una mayor adaptación a las condiciones que prevalecen en el trópico mexicano (Sierra Macías *et al.*, 2004; Sierra Macías *et al.*, 2008; Sierra Macías *et al.*, 2010) (Figuras 1 y 2).

Producción de semilla certificada

Para que los productores de maíz adopten un nuevo híbrido es necesario que conozcan sus ventajas, pero, además, que la semilla esté disponible y sea accesible a sus condiciones económicas. En este sentido, juegan un papel importante las empresas semilleras y las organizaciones de productores que participan en la multiplicación y abasto local o regional de este importante insumo. Las características de los progenitores del híbrido H-520 facilitan el proceso

The H-520 maize hybrid presents a good adaptation to the Mexican Tropics because its yield both in its experimental phase and in the validation plots outperformed in 9 and 8 % the H-513 (Control), although the latter is a simple cross hybrid. This is due primarily to the fact that the LT156 line, male parent in the formation of H-520, is a line with good behavior *per se* and with good general combining ability with the lines that formed the simple cross LT154xLT155. However, the main advantage of the H-520 is with regard to the yield and profitability in the production of certified seed, which allows it to have a higher volume of seed and better access to farmers (Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Calderón *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008).

Regarding its agronomic characteristics, during the Spring-Summer cycle, under rainfed conditions, the H-520 hybrid showed an intermediate height of plant and cob of 228 and 139 cm for each variable. This characteristic allows the H-520 a higher tolerance to lodging caused by winds, which in the coastal region of the Gulf of México are quite frequent. During the rain cycle in Spring-Summer, male flowering was reached after 53 days and female flowering in 54 days; it reaches its physiological maturity at between 90 and 100 days, and the harvest can be performed at 110 to 120 days. It presents a good aspect and health of the plant and cob, and excellent cob coverage, which prevents damage from birds and the entry of moisture, reducing considerably the damage from cob rotting; it presents 14 rows and has semi-serrated white grain. Also, it is tolerant to “dwarfing”,



Figuras 1 y 2. El híbrido de maíz H-520, presenta buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca.
Figures 1 y 2. The H-520 maize hybrid presents a good aspect and plant and corncob health.

de su multiplicación (Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004). Sin embargo, la ventaja mayor la ofrece la cruza LT154xLT155 usada como progenitor hembra, la cual reporta un rendimiento experimental promedio de 7.16 t ha⁻¹. Así, bajo condiciones de riego rindió 8.69 t ha⁻¹, y bajo condiciones de temporal 5.64 t ha⁻¹, lo que representa ventajas económicas en la producción comercial de semilla certificada para las empresas que incrementan y distribuyen este híbrido (Gómez Montiel, 1986; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008).

El progenitor macho, la línea LT156, con rendimiento medio de grano de 2.87 t ha⁻¹, produce polen suficiente para la formación del híbrido (Cuadro 3) (Gómez Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992; Vasal *et al.*, 1994; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004; Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008). La siembra de los progenitores para obtener semilla certificada del híbrido H-520 en el ciclo primavera-verano debe hacerse sembrando primero el progenitor macho y tres días después el progenitor hembra, mientras que en el ciclo de otoño-invierno, la diferencia deberá de ser de cinco días de la hembra con respecto al macho, en una relación hembra: macho de 6:2, o bien, 3:1, para lograr una buena sincronía en la polinización (Sierra Macías *et al.*, 2004).

Eventos de difusión para productores, agentes de cambio y empresas semilleras

Con el objetivo de dar a conocer a los agricultores, agentes de cambio y productores de semilla, las ventajas en rendimiento y características agronómicas del H-520 y las ventajas agronómicas y rentabi-

condition that has taken on importance in maize areas of the center and south zones of the state of Veracruz, which confers a higher adaptation to the conditions that prevail in the Mexican Tropics (Sierra Macías *et al.*, 2004; Sierra Macías *et al.*, 2008; Sierra Macías *et al.*, 2010) (Figures 1 and 2).

Certified seed production

For maize producers to adopt a new hybrid it is necessary for them to understand its advantages, but, in addition, for the seed to be available and accessible to their economic conditions. In this sense, the seed companies and producers' organizations that participate in the multiplication and local or regional supply of this important input play an important role. The characteristics of the H-520 hybrid parents facilitate its multiplication process (Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004). However, the greatest advantage is offered by the cross LT154xLT155 used as female parent, which shows an average experimental yield of 7.16 t ha⁻¹. Thus, under conditions of irrigation it yielded 8.69 t ha⁻¹, and under rainfed conditions 5.64 t ha⁻¹, representing economic advantages in the commercial production of certified seed for the companies that reproduce and distribute this hybrid (Gómez Montiel, 1986; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008).

The male parent, line LT156, with mean grain yield of 2.87 t ha⁻¹, produces enough pollen for the hybrid formation (Table 3) (Gómez Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992; Vasal *et al.*, 1994; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004; Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008).

Cuadro 3. Rendimiento de cruza simple y líneas progenitoras del H-520 bajo condiciones de riego y temporal. Campo Experimental Cotaxtla.

Table 3. Yield of simple cross and H-520 parent lines under irrigation and rainfed conditions. Cotaxtla Experimental Field.

Genealogía	Participación en híbrido	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)			Porcentaje Relativo
		OI [†]	PV [‡]	Promedio	
LT154xLT155 (Hembra)	Cruza simple	8.69	5.64	7.16	195.09
LT154	Línea	3.31	2.47	2.89	78.75
LT155	Línea	3.58	3.75	3.67	100.00
LT156 (Macho)	Línea	3.51	2.23	2.87	78.20

[†]rendimiento promedio de los años 1997 y 1998 durante el ciclo otoño invierno y bajo condiciones de riego; [‡]rendimiento promedio de los años 2007 y 2008 durante el ciclo primavera verano bajo condiciones de temporal. ♦ [†]Average yield in the years 1997 and 1998 during the Fall-Winter cycle and under irrigation conditions; [‡]average yield in the years 2007 and 2008 during the Spring-Summer cycle under rainfed conditions.

lidad de los progenitores en la producción comercial de semilla, se llevaron a cabo eventos de capacitación y actividades de apoyo a la transferencia de tecnología: entre ellos siete demostraciones con productores agrícolas de cinco municipios del estado de Veracruz, con una asistencia de 410 productores. En el Campo Cotaxtla se llevó a cabo un evento masivo denominado Día del Productor Maicero 2007. Al que asistieron 483 productores, 113 técnicos y 52 estudiantes. Entre los asistentes al evento estuvieron representados 45 municipios y 10 estados de la república en el trópico mexicano: Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Yucatán, Campeche, Tamaulipas, Hidalgo, México, Morelos y Chiapas. Asistieron y participaron en el evento técnicos de siete empresas y grupos de productores de semilla que multiplican híbridos y variedades del INIFAP. En estos eventos se mostró a los asistentes las ventajas del híbrido H-520 y la tecnología de producción para granos y semillas. Como resultado de estas actividades, grupos de productores y empresas mostraron interés y participación en la producción de semilla certificada de H-520. La adopción por parte de los agricultores ha sido satisfactoria, en virtud de que la demanda de los progenitores por parte de las empresas ha sido creciente y a que la semilla producida ha sido distribuida y sembrada (Espinosa *et al.*, 2003a; Espinosa *et al.*, 2003b) (Figura 3).

Adopción del híbrido H-520 por empresas y grupos productores de semilla

El Campo Experimental Cotaxtla ha generado tecnología para la producción de granos y semillas en maíz y produce semilla en las categorías básica y registrada para su multiplicación por las empresas semilleras y organizaciones de productores. En los últimos seis años se ha promovido la producción y distribución del híbrido de maíz H-520; así, de 2008 a 2013, y considerando los registros de venta de semilla registrada de los progenitores del híbrido, con 6106 kg de la cruza LT154xLT155 (Progenitor hembra) y 2630 kg de la línea LT156 (Progenitor macho) de semilla registrada distribuida, se lograron establecer 485.2 hectáreas de producción del híbrido H-520, y se obtuvo una producción de 1630 toneladas de semilla certificada, con las cuales se logró la siembra comercial de 84 940 hectáreas en el trópico mexicano (Cuadro 4).

Se observa que en los ciclos otoño-invierno 2007/08, 2008/09 y 2009/10 la demanda de semilla

Sowing the parents to obtain certified seed from the H-520 hybrid in the Spring-Summer cycle must be done by sowing first the male parent and three days later the female parent, while in the Fall-Winter cycle, the difference should be of five days between the female and the male, in a female:male rate of 6:2, or else 3:1, to obtain a good synchrony in the pollination (Sierra Macías *et al.*, 2004).

Dissemination events for producers, agents of change, and seed companies

With the objective of divulging the advantages in yield and agronomic characteristics of the H-520, and the agronomic advantages and profitability of the parents in commercial seed production, to the farmers, agents of change and seed producers, training events and support activities for technology transfer were organized; among them, seven demonstrations with agricultural producers from five municipalities in the state of Veracruz, with an attendance of 410 producers. In the Cotaxtla Field, a massive event called Maize Producer Day 2007 took place, to which 483 producers, 113 technicians and 52 students attended. Among the attendees to the event, 45 municipalities and 10 states in the Mexican Tropic were represented: Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Yucatán, Campeche, Tamaulipas, Hidalgo, México, Morelos and Chiapas. Technicians from seven seed companies and producer groups that multiply hybrids and cultivars from INIFAP attended and participated in the event. In these events the attendees were shown the advantages of the H-520 hybrid and the technology for grain and seed production. As a result of these activities, producer groups and companies showed interest and participation in the production of certified H-520 seed. The adoption by farmers has been satisfactory, by virtue of the fact that the demand for parents from the companies has been growing and the seed produced has been distributed and sown (Espinosa *et al.*, 2003a; Espinosa *et al.*, 2003b) (Figure 3).

Adoption of the H-520 hybrid by seed companies and producer groups

The Cotaxtla Experimental Field has generated technology for the production of maize grains and seeds, and produces seed in the basic and certified categories for their multiplication by seed companies



Figura 3. Demostración del híbrido de maíz H-520 a productores en el Día del Productor Maicero. Primavera-verano 2007.

Figure 3. Demonstration of the H-520 maize hybrid to producers during the Maize Producer Day. Spring-Summer 2007.

registrada por parte de las empresas fue mayor que en los ciclos de primavera-verano. Lo anterior indica que la mayor superficie impactada con semilla certificada fue en los ciclos primavera verano. Sin embargo, en el ciclo primavera-verano 2010/10 se observa un incremento importante en la demanda de semilla, lo que sugiere una tendencia a incrementar su uso en siembras de otoño-invierno bajo condiciones de humedad residual y bajo riego, sobre todo en áreas compactas en el sur de Veracruz y el trópico mexicano.

Las empresas o grupos organizados que producen la semilla certificada, son un eslabón importante en la adopción y uso comercial de genotipos mejorados; particularmente, el INIFAP produce semilla de alto registro en sus categorías básica y registrada de los progenitores, la que a su vez utilizan las empresas para la producción de semilla certificada, misma que puede ser sembrada por los agricultores de maíz en el trópico mexicano. El rendimiento y la rentabilidad en la producción permite que la semilla de este híbrido sea producida en pequeña o gran escala; por empresas grandes o pequeñas, por productores o grupos de productores organizados, y que en la medida en que exista mayor disponibilidad, se puede lograr una mejor adopción por los agricultores

Las empresas semilleras o grupos de productores que participan en la producción y comercialización del híbrido de maíz H-520 son: TERRA SEMILLAS,

and producers' organizations. In the last six years the production and distribution of the H-520 maize hybrid has been promoted; therefore, from 2008 to 2013, and taking into consideration the sales records for certified seed of the hybrid's parents, with 6106 kg of the LT154xLT155 cross (Female parent) and 2630 kg of the line LT156 (Male parent) of certified seed, 485.2 hectares of production of the H-520 hybrid were established, and a production of 1630 tons of certified seed were obtained, with which the commercial sowing of 84 940 hectares in the Mexican Tropics was achieved (Table 4).

It is observed that in the Fall-Winter 2007/08, 2008/09 and 2009/10 cycles, the demand for certified seed from companies was higher than in the Spring-Summer cycles. This indicates that the greatest surface impacted with certified seed was in the Spring-Summer cycles. However, during the Spring-Summer cycle 2010/10, an important increase in the demand for seed is observed, suggesting a tendency to increase its use in the Fall-Winter sowing, under conditions of residual moisture and low risk, particularly in compacted areas in the south of Veracruz and the Mexican Tropics.

The companies or organized groups that produce certified seed are an important link in the adoption and commercial use of improved genotypes; particularly, INIFAP produces seed with high records in its basic and certified categories from parents, which in turn is used by companies for the production of certified seed, which can be sown by maize producers in the Mexican Tropics. The yield and profitability in production allows the seed from this hybrid to be produced in small or large scale, by large or small companies, by producers or organized producers' groups; a better adoption from farmers can be achieved to the extent that there is greater availability.

The seed companies or producers' groups that participate in the production and commercialization of the H-520 maize hybrid are: TERRA SEMILLAS, Productores y Semillas Mejoradas SC de RL (Piedras Negras, Ver.), Consejo Veracruzano de Productores de Maíz (Isla, Ver.), Imperio del Campo (Veracruz), PROASE (Chiapas), AGRO Las Lolos (Sur de Tamaulipas), Reproducción Genética Avanzada (Estado de México), Ejido Blanca Flor (Campeche), Universidad Autónoma Chapingo-Centro Regional Universitario Sur (UACH CRUS) (Oaxaca, Oax),

Cuadro 4. Registro de ventas de semilla registrada, producción y distribución de semilla certificada del híbrido de maíz H-520. Cotaxtla, Ver. 2008 a 2013.

Table 4. Sales record of certified seed, production and distribution of certified seed of the H-520 maize hybrid. Cotaxtla, Ver. 2008 to 2013.

Ciclo de producción	Progenitores	SR ^b (kg)	SSC ^o (ha)	PSC ^{††} (ton)	SC ^{**} (ha)
OI [†] 2007/08	LT154xLT155 [§]	630	52.0	182	9100
	LT156 [¶]	300			
PV [‡] 2008	LT154xLT155	295	22.0	78	3900
	LT156	105			
OI 2008/09	LT154xLT155	1030	80.0	280	14 000
	LT156	410			
PV 2009	LT154xLT155	46	4.2	15	740
	LT156	30			
OI 2009/10	LT154xLT155	520	41.0	144	7200
	LT156	220			
PV 2010	LT154xLT155	845	65.0	228	11 400
	LT156	320			
OI+PV 2011	LT154xLT155	770	64.0	224	11 200
	LT156	380			
OI+PV 2012	LT154xLT155	1210	95.0	334	16 700
	LT156	505			
OI+PV 2013	LT154xLT155	760	62.0	214	10 700
	LT156	360			
Total	LT154xLT155	6106	485.0	1630	84 940
	LT156	2630			

[†]Otoño-invierno; [‡]primavera-verano; [§]progenitor hembra; [¶]progenitor macho; ^bsemilla registrada; ^osuperficie de semilla certificada; ^{††}producción de semilla certificada; ^{**}superficie comercial. ♦ [†]Fall-Winter; [‡]Spring-Summer; [§]female parent; [¶]male parent; ^bcertified seed; ^osurface of certified seed; ^{††}production of certified seed; ^{**}commercial surface.

Productores y Semillas Mejoradas SC de RL (Piedras Negras Ver.), Consejo Veracruzano de Productores de Maíz (Isla, Ver.), Imperio del Campo (Veracruz), PROASE (Chiapas), AGRO Las Lolas (Sur de Tamaulipas), Reproducción Genética Avanzada (Estado de México), Ejido Blanca Flor (Campeche), Universidad Autónoma Chapingo-Centro Regional Universitario Sur (UACH CRUS) (Oaxaca, Oax), Fundación Produce Oaxaca (Oaxaca, Oax.), PROSESO (Colima), La Maicena SPR de RL (Colima), ACROCARPUS del Caribe SA de CV (Yucatán), Agrícola El Caudillo (Morelos), Semillas La Ejidal (Medellín de Bravo, Ver.), Agricultores de la Planicie Agrícola El Laurel (San Andrés Tuxtla, Ver.), Productores de Insumos Agropecuarios SA de CV (Cotaxtla, Ver.), Consorcio Agropecuario Velásquez SC de RS (Cotaxtla, Ver.), Productores de Grano del Sotavento SC de RL (Ignacio de la Llave, Ver.), Productores Asociados de Semillas SC de RL de CV, Organización Regional de los Tuxtlas, (San Andrés Tuxtla, Ver.), Agroproductores y Comercializadores El Sáuce SC de RL (Tlaxicoyan, Ver.), C. Oscar Hernández (Úrsulo Galván, Ver.), C. José Ramón Álvarez López (Omealca, Ver.), and C. Eddy Pulido Santos (Medellín de Bravo, Ver.) (Figure 4).

Fundación Produce Oaxaca (Oaxaca, Oax.), PROSESO (Colima), La Maicena SPR de RL (Colima), ACROCARPUS del Caribe SA de CV (Yucatán), Agrícola El Caudillo (Morelos), Semillas La Ejidal (Medellín de Bravo, Ver.), Agricultores de la Planicie Agrícola El Laurel (San Andrés Tuxtla, Ver.), Productores de Insumos Agropecuarios SA de CV (Cotaxtla, Ver.), Consorcio Agropecuario Velásquez SC de RS (Cotaxtla, Ver.), Productores de Grano del Sotavento SC de RL (Ignacio de la Llave, Ver.), Productores Asociados de Semillas SC de RL de CV, Organización Regional de los Tuxtlas, (San Andrés Tuxtla, Ver.), Agroproductores y Comercializadores El Sáuce SC de RL (Tlaxicoyan, Ver.), C. Oscar Hernández (Úrsulo Galván, Ver.), C. José Ramón Álvarez López (Omealca, Ver.), and C. Eddy Pulido Santos (Medellín de Bravo, Ver.) (Figure 4).

Use of the H-520 maize hybrid by farmers

From a sample of 10 producers and 12 maize plots that sowed the H-520 hybrid during the Spring-

(Úrsulo Galván, Ver.), C. José Ramón Álvarez López (Omealca, Ver.), y C. Eddy Pulido Santos (Medellín de Bravo, Ver.) (Figura 4).

Uso del híbrido de maíz H-520 por los agricultores

De una muestra de 10 productores y 12 parcelas de maíz que sembraron el híbrido H-520 en el ciclo primavera-verano de 2009, utilizando semilla certificada de los grupos “Productores de grano del Sotavento”, Consorcio Agropecuario Velásquez”, “Semillas Terra” y “Semillas La Ejidal”, en los municipios de Cotaxtla, Ignacio de la Llave y Omealca, Ver., en una superficie de 59.5 hectáreas, se encontró una densidad promedio de 46 533 plantas ha⁻¹, y un rendimiento medio de 6.71 t ha⁻¹, se registró un porcentaje promedio bajo de mazorcas podridas (0.71 %), y un buen aspecto y sanidad de mazorca. Los rendimientos obtenidos en siembras comerciales con semilla certificada producida localmente por grupos de productores, muestran el potencial real de rendimiento; así también, que el híbrido H-520 se adapta a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores en el trópico mexicano, pero sobre todo la factibilidad real de uso de semilla de buena calidad (Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008; Espinosa Calderón *et al.*, 1998) (Cuadro 5).

Análisis de rentabilidad

Con el fin de analizar la rentabilidad en la producción de semilla y de grano de maíz, se registraron los costos de producción para cada destino en los lotes de producción y la recuperación económica al momento de la venta del producto. Así, para la producción de semilla certificada del H-520, se consideró un rendimiento de semilla de 3.5 t ha⁻¹, y el precio de venta que se tomó como base para el cálculo fue de \$700.00 por bulto de semilla de 20 kg; El valor de la producción es de \$122 500.00 por hectárea y un costo estimado de producción y beneficio de la semilla de \$48 662.00 por hectárea, un beneficio neto de \$73 838.00 y un costo por tonelada de \$13 903.43. La relación beneficio/costo (B/C) fue de 1:2.52, lo que significa que por cada peso invertido se recupera el peso y 1.52 pesos adicionales. Es decir, la producción de semilla certificada del H-520 es económicamente rentable y representa una importante oportunidad de negocio. Así también, representa una



Figura 4. Estados donde se produce y distribuye semilla certificada del híbrido de maíz H-520.

Figure 4. States where the certified seed of the H-520 maize hybrid is produced and distributed.

Summer cycle of 2009, using certified seed from the groups, “Productores de grano del Sotavento”, Consorcio Agropecuario Velásquez”, “Semillas Terra” and “Semillas La Ejidal”, in the municipalities of Cotaxtla, Ignacio de la Llave and Omealca, Veracruz, on a surface of 59.5 hectares, an average density of 46 533 plants ha⁻¹, and a mean yield of 6.71 t ha⁻¹, was found, and a low average percentage of rotten cobs (0.71 %) was recorded, with good aspect and health of the cob. The yields obtained in commercial sowing with certified seed produced locally by producers’ groups, show the real yield potential; also, the H-520 hybrid adapts to the weather, soil and management conditions by farmers in the Mexican Tropics, but specifically the actual feasibility of the use of good quality seed (Sierra Macías *et al.*, 2005; Sierra Macías *et al.*, 2008; Espinosa Calderón *et al.*, 1998) (Table 5).

Profitability analysis

With the aim of analyzing the profitability of the maize seed and grain production, the production costs for each destination in the production lots and the economic recuperation at the moment of the product’s sale are recorded. Thus, for the production of the H-520 certified seed, a seed yield of 3.5 t ha⁻¹ was considered, and the sales price that was taken as a base for the calculation was \$700.00 per package of 20 kg of seed. The value of the production is \$122 500.00 per hectare and an estimated production cost and seed profit of \$48 662.00 per

Cuadro 5. Estimación de rendimiento en siembras comerciales de maíz H-520 en la Zona Centro del estado de Veracruz en el ciclo primavera verano 2008B.

Table 5. Estimation of yield in commercial sowing of H-520 maize in the Central Zone of the state of Veracruz in the Spring-Summer cycle 2008B.

Productor	Localidad/Municipio	Superficie (ha) [†]	DP [‡]	Mz /pl [§]	% mz pod [¶]	Asp mz ^b	San mz ^o	RG (t ha ⁻¹) ^{††}
Luis J. Ortíz	El Rodeo, Cotaxtla, Ver.	18.0	41 750	1.2	0.0	1.0	1.0	6.5
Pedro Velásquez	La Cuesta, Cotaxtla, Ver.	1.5	54 000	0.9	4.9	1.5	1.5	6.4
Cristino Velásquez	La Cuesta, Cotaxtla, Ver.	10.0	47 500	1.1	0.0	1.5	1.0	7.8
Máximo González	La Cueva Pintada, Cotaxtla, Ver.	6.0	43 750	1.3	4.3	1.5	1.5	6.8
Arturo Velásquez	La Cuesta, Cotaxtla, Ver.	10.0	49 860	1.0	2.2	1.5	1.5	6.1
Felipe Navarrete	El Maguey, Cotaxtla, Ver. ^{¶¶}	1.0	52 292	1.0	0.0	1.5	1.5	8.0
Felipe Navarrete	El Maguey, Cotaxtla, Ver. ^{§§}	1.0	48 000	1.0	0.0	1.5	1.5	8.3
Felipe Navarrete	El Maguey, Cotaxtla, Ver.	1.0	56 666	1.0	0.0	1.5	1.5	7.5
Octavio Cano	Núm. Uno, Ig. de la Llave, Ver.	4.0	50 833	1.1	2.3	1.5	1.5	6.8
Ismael Pérez	La campana, Ig. de la Llave, Ver.	3.0	37 500	1.4	0.8	1.5	1.5	5.6
Brígido Ramón	El Ojochal, Tlalixcoyan, Ver.	2.0	32 500	1.3	2.0	1.5	1.5	5.6
Alberto Naredo	Ojo de Agua, Omealca, Ver	3.0	43 750	1.0	3.0	1.5	1.8	5.1
Promedio	A través de localidades	59.5	46 533	1.1	0.7	1.4	1.5	6.7

[†]Superficie en hectáreas; [‡]densidad de población; [§]mazorcas por planta; [¶]porcentaje de mazorcas podridas; ^baspecto de mazorca (Escala de calificación de 1 a 5, donde 1 es lo mejor y 5 lo peor); ^osanidad de mazorca (Escala de calificación de 1 a 5, donde 1 es lo mejor y 5 lo peor); ^{††}rendimiento de grano t ha⁻¹; ^{¶¶}siembra realizada con zeolita; ^{§§}siembra realizada con labranza de conservación. ♦ [†]Surface in hectares; [‡]population density; [§]corncocks per plant; [¶]percentage of rotten cobs; ^baspect of the cob (grading scale from 1 to 5, where 1 is the best and 5 is the worst); ^ocorncob health (grading scale from 1 to 5, where 1 is the best and 5 is the worst); ^{††}grain yield t ha⁻¹; ^{¶¶}sowing performed with zeolita; ^{§§}sowing performed with conservation farming.

excelente oportunidad en la generación de empleos directos e indirectos en el proceso de producción, beneficio y comercialización de la semilla y ocupación para las nuevas generaciones de agrónomos.

En el análisis de rentabilidad en la producción de grano del híbrido de maíz H-520, se consideró el rendimiento de grano obtenido a través de 12 parcelas comerciales citadas anteriormente y con un promedio de 6.71 t ha⁻¹. El costo estimado de producción fue de \$9600.00 por hectárea y el precio de venta durante el ciclo agrícola que se reporta, fue de \$3000.00 por tonelada. Se deriva de esta información que el valor de la producción es de \$20 130.00 por hectárea, un beneficio neto estimado de \$10 530.00 y un costo por tonelada de \$1430.00. Con estas bases se obtuvo una relación B/C de 1:2.09, lo que significa que por cada peso invertido se recupera el peso y 1.09 pesos adicionales. Es decir, el híbrido H-520 es una alternativa viable que puede incentivar la producción comercial de maíz en el trópico mexicano.

Impacto

Considerando las 84 940 hectáreas sembradas al momento de la presente evaluación con el híbrido

hectare, a net profit of \$73 838.00 and a cost per ton of \$13 903.43. The benefit/cost (B/C) relationship was 1:2.52, which means that for each peso invested, the peso is recovered and 1.52 additional pesos. That is, the production of the H-520 certified seed is economically profitable and presents an important opportunity for business. Likewise, it represents an excellent opportunity in the generation of direct and indirect jobs in the process of seed production, processing and commercialization, and in occupation for new generations of agronomists.

In the profitability analysis of the H-520 maize hybrid grain production, the grain yield obtained through the 12 commercial plots previously mentioned was considered, and with an average of 6.71 t ha⁻¹. The estimated production cost was \$9600.00 per hectare and the sales price during the agricultural cycle reported was \$3000.00 per ton. From this information, it is derived that the production value is \$20 130.00 per hectare, a net estimated profit of \$10 530.00 and a cost per ton of \$1430.00. With these bases, a B/C relationship of 1:2.09 was obtained, which means that for each peso invested, the peso and 1.09 additional pesos are recovered. That is, the H-520 hybrid is a viable

H-520, con un incremento en el rendimiento de 1.87 t ha^{-1} , con relación a la variedad VS-536, de mayor uso en el trópico mexicano, se produce un volumen adicional de 158 837.80 toneladas de grano por concepto del uso de este híbrido, a un precio por ton de \$3000.00 representan un beneficio económico de \$476.51 millones de pesos. Esta actividad genera ocupación y mano de obra familiar en las comunidades donde se siembra este híbrido. Particularmente, se ocupan 30 jornales por hectárea, lo que representa la ocupación de 2 548 200 jornales en las 84 940 hectáreas sembradas con el híbrido H-520 (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004).

Para la industria semillera, considerando un beneficio neto de \$73 838 en las 485.2 hectáreas de producción de semilla certificada, se tiene un beneficio económico total de 35.83 millones de pesos. Así también, representa una excelente oportunidad en la generación de empleos directos e indirectos en el proceso de producción, beneficio y comercialización de la semilla. Particularmente, se emplean 166 jornales por hectárea en un lote de producción de semilla del H-520 lo que representa 51.1 % del costo de producción, y significa 80 543 jornales generados para las 485.20 has (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004).

El impacto de la siembra comercial del H-520 es generar un beneficio económico adicional importante para los agricultores; sin embargo es más importante el beneficio social, en virtud de que se genera un volumen adicional en la producción de maíz y es una fuente importante generadora de empleo y mano de obra familiar y local en las comunidades donde se siembra este híbrido (Gómez Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

La producción de semilla certificada con el híbrido H-520 por parte de la industria semillera, representa una actividad rentable en la obtención de ingresos económicos y una fuente importante generadora de empleo. El híbrido H-520 es una alternativa viable que puede incentivar la producción comercial de maíz en el trópico mexicano. La adopción del H-520 por las empresas semilleras y las organizaciones de productores que participan en la multiplicación y abasto de semilla de buena calidad es un eslabón importante en la transferencia y adopción por parte de

alternative that can stimulate the commercial production of maize in the Mexican tropic.

Impact

Considering the 84 940 hectares sown at the time of this assessment with the H-520 hybrid, with an increase in yield of 1.87 t ha^{-1} , compared to the cultivar VS-536, of greater use in the Mexican Tropics, an additional volume of 158 837.80 tons of grain is produced from using the hybrid, at a price per ton of \$3000.00 representing an economic benefit of \$476.51 million pesos. This activity generates occupation and family labor in the communities where this hybrid is sown. In particular, 30 workdays are used per hectares, which represents an occupation of 2 548 200 workdays in the 84 940 hectares sown with the H-520 hybrid (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004).

For the seed industry, considering a net profit of \$73 838 in the 485.2 hectares of certified seed production, there is a total economic benefit of 35.83 million pesos. Likewise, it represents an excellent opportunity in the generation of direct and indirect jobs in the process of production, processing and commercialization of the seed. In particular, 166 workdays per hectare are used in an H-520 seed production lot, representing 51.5 % of the production cost, and it means 80 543 workdays generated for the 485.20 hectares (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa Calderón *et al.*, 1998; Sierra Macías *et al.*, 2004).

The impact of sowing the H-520 commercial seed is generating an important additional economic benefit for the farmers; however, the social benefit is more important, by virtue of the fact that an additional volume is generated in the maize production and it is an important source which generates employment and family and local labor in the communities where this hybrid is sown (Gómez Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992).

CONCLUSIONS

The production of certified seed with the H-520 hybrid by the seed industry represents a profitable activity in the securing of economic income and an important source of jobs. The H-520 hybrid is a viable alternative that can stimulate the commercial

los agricultores. Las actividades de investigación, validación, producción de semilla y la transferencia de tecnología para los agricultores, agentes de cambio y los productores de semilla permitieron el conocimiento y la adopción del híbrido H-520.

LITERATURA CITADA

Espinosa Calderón, Alejandro, Joaquín Ortiz Cereceres, Alfonso Ramírez-Fonseca, Noel Gómez Montiel Noel, y Ángel Martínez Garza. 1998. Estabilidad y comportamiento de líneas *per se* y cruza de maíz en la producción de semilla. *Agric. Téc. Méx.* 24(1): 27-36.

Espinosa Calderón, Alejandro, Miguel Ángel López Pereira, Noel Gómez Montiel, Esteban Betanzos Mendoza, Mauro Sierra Macías, Bulmaro Coutiño Estrada, Rodrigo Avelaño Salazar, Ricardo Ernesto Preciado Ortiz, y Daniel Arturo Terrón Ibarra. 2003a. Indicadores económicos para la producción y uso de semilla mejorada de maíz de calidad proteínica (QPM o MCP) en México. *Agronomía Mesoamericana* 14(1): 105-106.

Espinosa Calderón, Alejandro, Mauro Sierra Macías, y Noel Gómez Montiel. 2003b. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía Mesoamericana* 14(1): 117-121.

García, Enriqueta. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México D.F., México. 252 p.

Gómez Montiel, Noel. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* 8(1): 3-19.

SAGARPA-SIAP (Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Sistema de Información Agropecuaria). 2012. Resumen nacional por estado. Fecha de consulta, 5 de enero de 2014.

SAGARPA-SNICS (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2004. Manual gráfico para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). México D.F. 116 p.

Sierra Macías, Mauro, Flavio Antonio Rodríguez Montalvo, Ramón Castillo González, Joaquín Ortiz Cereceres, Sabel Barrón Freyre, Oscar Hugo Tosquy Valle, José Romero Mora, Carlos Alberto Tinoco Alfaro, y Alfredo Sandoval Rincón. 1994. H-513 híbrido de maíz de cruza simple para el trópico mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales

production of maize in the Mexican Tropics. Adoption of the H-520 by seed companies and producers' organizations that participate in the multiplication and supply of good quality seed is an important link in the transference and adoption by farmers. The activities of research, validation, seed production and technology transfer for farmers, agents of change, and seed producers allowed the understanding and adoption of the H-520 hybrid.

- End of the English version -

y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental Cotaxtla., Folleto Técnico Núm. 9. Veracruz, Ver., México. 18 p.

Sierra Macías, Mauro, Fidel Márquez Sánchez, Roberto Valdivia Bernal, Hugo Córdoba Orellana, Roberto Lezama Gutiérrez, y Alfonso Pescador Rubio. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agric. Téc. Méx.* 30(2): 169-181.

Sierra Macías, Mauro, Artemio Palafox Caballero, Alejandro Espinosa Calderón, Filiberto Caballero Hernández, Flavio Rodríguez Montalvo, Sabel Barrón Freyre, y Roberto Valdivia Bernal. 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del sureste de México. *Agronomía mesoamericana* 16(1): 13-18.

Sierra Macías, Mauro, Artemio Palafox Caballero, Flavio Rodríguez Montalvo, Alejandro Espinosa Calderón, Noel Gómez Montiel, Filiberto Caballero Hernández, Sabel Barrón Freyre, Andrés Zambada Martínez, y Vásquez Carrillo Gricelda. 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México* 34(1): 119-122.

Sierra, Macías Mauro, Enrique Noé Becerra Leor, Artemio Palafox Caballero, Flavio Rodríguez Montalvo, Alejandro Espinosa Calderón, y Roberto Valdivia Bernal. 2010. Tropical corn (*Zea mays* L.) genotypes with high yield and tolerance to corn stunt disease in the Gulf of Mexico region. *Tropical and subtropical Agroecosystems* 12(3): 485-493.

Vasal, Surinder, Ganesan Srinivasan, José Crossa, y David Beck. 1992. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 32(4): 884-890.

Vasal, Surinder, Narciso Vergara y Scott Mc Lean. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5(2):184-189.