

Impacto del H-564C, híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México

SIERRA-MACÍAS, Mauro, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio, PALAFOX-CABALLERO, Artemio, ANDRÉS-MEZA, Pablo, GÓMEZ-MONTIEL, Noel, ESPINOSA-CALDERÓN, Alejandro, TADEO-ROBLEDO, Margarita y BARRÓN-FREYRE, Sabel

M. Sierra´, F. Rodríguez´, A. Palafox´, P. Andrés´, N. Gómez´´, A. Espinoza´´´, M. Tadeo´´´´ y S. Barrón´´´´´

´ Investigador del programa de maíz Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP.

´´ Campo Experimental Iguala, INIFAP.

´´´ Campo Experimental Valle de México, INIFAP.

´´´´ Universidad Nacional Autónoma de México.

´´´´´ Campo Experimental Huimanguillo, INIFAP

sierra.mauro@inifap.gob.mx

E. Figueroa, L. Godínez, F. Pérez (eds.) Ciencias de la Biología y Agronomía. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2015.

Abstract

The general consumption of quality protein maize, could get better the nutritional level in México, specialty in children, nursing mothers and old aged people. Cotaxtla Experiment Station has generated maize hybrids and varieties for the humid tropic in México, the technology for grain a seed production; Besides, produces basic and registered seed for certificate seed producers and farmer organizations. In 2009, there was registered H-564C, high quality protein maize hybrid, in regard to the Inspection and certification National Service (SNICS), with number 2257-MAZ-1133-300609/C. In the last three years, there was promoted the seed production and distribution of H-564C. Thus, during 2010 to 2012, there were distributed 695 kg of the single cross LT158xLT159 (Female parent) and 265 kg of the inbred line LT160 (Male parent), of registered seed for planting 48 hectares of H-564C seed production and there was gotten 144 tons of certificated seed, which of them were utilized in 7,200 of commercial planting hectares of H-564C in the tropic of Mexico. In a sample of 14 farmers in 17.5 hectares of commercial sowing there was gotten 7.11 t ha⁻¹ in grain yield. It suggest that H-564C is an adapted hybrid to clime and soil conditions and crop management by farmers and can be used in commercial planting of tropical area in the southeast of México.

10 Introduccion

En México el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada valor de la producción y por ocupar el 20% de la población económicamente activa. El uso principal es como consumo directo en sus diferentes formas en la alimentación humana. El consumo *per cápita* aparente de 209.8 kg. (Morris y López, 2000). La superficie nacional en los últimos años es de alrededor de 8.2 millones de hectáreas, con una producción de 18 millones de toneladas de grano, de las cuales se utilizan para el consumo directo humano 12.3 millones de toneladas; de estas, el 36% es a través de la industria harinera y 64% a través de la industria de la masa y la tortilla en el proceso de nixtamalización; (SAGARPA, 2004). Del maíz se obtiene el 59% de la energía y el 39% de la proteína que ingiere el mexicano, a pesar de que el maíz normal contiene bajos niveles de proteína asimilable.

En la región tropical se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad (Sierra *et al.*, 2004), donde es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas (Gómez, 1986; Sierra *et al.*, 1992; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b; Sierra *et al.*, 2001; Sierra *et al.*, 2004; Sierra *et al.*, 2004a). El cultivo de maíz se ve afectado por diversos factores bióticos y abióticos; entre ellos, enfermedades foliares, pudriciones de mazorca y estrés hídrico. Estos factores, aunados al limitado uso de semillas mejoradas, se ven reflejados en bajos rendimientos, los cuales no superan las 2 t ha⁻¹ como promedio regional.

En México existen 31 millones de personas con desnutrición, de los cuales 18 millones padecen desnutrición severa (Espinosa *et al.*, 2006), se trata de diez millones de indígenas y el resto es población urbana de bajos ingresos. De estos, el 50% corresponden a niños menores de 5 años de las áreas rurales y el 30 % de los de las urbanas (Chávez y Chávez, 2004; Espinosa *et al.*, 2006). El consumo generalizado de los maíces de alta calidad de proteína puede mejorar el nivel nutricional en México, de manera especial en niños, mujeres lactantes y ancianos (Espinosa *et al.*, 2006).

El maíz con alta calidad de proteína se deriva del aprovechamiento del gene mutante *opaque2*, expresado en su versión homocigótica recesiva con mayor contenido de Lisina y Triptofano, aminoácidos esenciales en la alimentación (Mertz, 1994).

Por su parte, Vasal y Villegas (2001), mediante técnicas de mejoramiento tradicionales incorporaron genes especiales al maíz opaco o2o2 llamados genes modificadores de la textura del endospermo. Estos genes modificadores confieren al endospermo una textura de grano más dura que el maíz opaco, dando la apariencia del maíz normal (Vasal, 1994). Larkins *et al.*, (1994) indicaron que, los maíces con el gene o2o2 contienen de 40 a 50% más Lisina y de 35 a 40% más Triptofano.

Los híbridos trilineales permiten aprovechar las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz y aprovechar las ventajas en la producción de semilla, al usar como progenitor hembra una cruce simple de alto rendimiento (Espinosa *et al.*, 1998; Espinosa *et al.*, 2003; Sierra *et al.*, 2005). El híbrido trilineal de maíz H-564C, con alta calidad de proteína, se adapta a la región tropical en el sureste mexicano, con ventajas agronómicas y mejor rendimiento con respecto a los testigos, factores que representan una alternativa favorable para incrementar los rendimientos de maíz y mejorar la nutrición de los consumidores. (Sierra *et al.*, 2008). Para la selección de líneas progenitoras de híbridos, es necesario identificar aquellas sobresalientes con base en sus efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), comportamiento *per se*, adaptación y producción de semilla (Gonzalez *et al.*, 1990; Vasal *et al.*, 1994; Vasal y Córdova 1996; Espinosa *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 1998).

El objetivo del presente trabajo fue conocer el grado de adopción del híbrido de maíz con alta calidad de proteína H-564C por las empresas y grupos productores de semilla y por los agricultores.

10.1 Materiales y metodos

Localización

Las actividades de Investigación, producción de semilla de los progenitores del híbrido de maíz H-564C se llevaron a cabo en el Campo Experimental Cotaxtla, Mpio de Medellín de Bravo, en el estado de Veracruz. Por lo que hace a las actividades de validación, demostración y actividades de apoyo a la transferencia, se condujeron lotes demostrativos en el Campo Cotaxtla y en terrenos de productores en Ejido La Cuesta y en Los Bajos de Tlachiconal en el municipio de Cotaxtla, Ejido Oro Verde Mpio de Isla, Tlalixcoyan e Ignacio de la Llave, localidades comprendidas en el área tropical en el estado de Veracruz (García, 1981).

Proceso de obtención, validación, transferencia y adopción del híbrido de maíz H-564C

Entre 2004 y 2007 fueron evaluados híbridos trilineales de maíz con alta calidad de proteína (Reyes, 1990), de los que se definió como sobresaliente el híbrido H-564C, el cual fue propuesto para su liberación oficial por sus ventajas en rendimiento, características agronómicas favorables, tolerancia a la enfermedad del “achaparramiento” y calidad de proteína en virtud de que posee mayor contenido de Lisina y Triptofano que el maíz normal.

En los años 2007 y 2008, el híbrido H-564C y sus progenitores fueron caracterizados de acuerdo con la Guía Técnica para la Descripción Varietal de Maíz (*Zea mays* L), propuesta por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). En 2009, fue registrado por el INIFAP ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS), con el número de registro 2257-MAZ-1133-300609/C (SNICS, 2002).

Con relación a la calidad industrial y nutricional, durante 2007 fueron evaluados los híbridos de grano blanco: H-564C, HQ-1, HQ-3 y la variedad de grano amarillo V-556AC, genotipos de maíz con alta calidad de proteína, en los que se determinaron características físicas, químicas, del nixtamal, la masa y la tortilla, así como los aminoácidos lisina y triptofano en endospermo, grano entero y tortillas, siguiendo las metodologías de la American Association of Cereal Chemists AACC (1998), Association of Official Analytical Chemists AOAC (1984), las descritas en la Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-034(1) (2002) y las declaradas por Salinas y Vázquez (2006)

Durante 2010 a 2012, se llevó a cabo la producción de semilla registrada, actividades de apoyo a la transferencia de tecnología y la adopción del híbrido medida en función los registros de la venta de semilla de los progenitores en el Campo Experimental Cotaxtla y las cartas de adopción en una muestra de 14 productores que han sembrado este híbrido. La tabla 10 registra el proceso de obtención, producción de semilla básica y registrada y la adopción del híbrido de maíz H-564C

Tabla 10 Proceso de obtención, validación, transferencia y adopción del H-564C

Año	Descripción de la actividad
2001-2005	Derivación de líneas, formación y evaluación de híbridos trilineales
2005-2006	Producción de semilla de híbridos sobresalientes
2006-2007	Validación del híbrido en el estado de Veracruz y sureste de México
2007-2008	Caracterización y determinación de la calidad industrial y nutricional
2008	Difusión a través del día del productor maicero 2008
2009	Registro ante el SNICS y liberación oficial del H-564C
2010-2012	Producción y distribución de semilla certificada
2012	Adopción del H-564C por los productores de semilla y agricultores

10.2 Resultados y discusión

Adaptación y rendimiento. H-564C, se adapta a la región tropical del sureste de México en altitudes de 0 a 1200 msnm en climas cálido húmedo y subhúmedo (García, 1981). Durante 2005 bajo presión natural de la enfermedad “Achaparramiento” en las localidades de Cotaxtla, Tlalixcoyan e Ignacio de la Llave, Ver., Tabla 10.1, el H-564C rindió en promedio 5.91 t ha⁻¹ a través de tres ambientes, significativamente mayor en 15 % al 0.05 de probabilidad, en relación con el testigo H-520 (Reyes, 1990). Las ventajas de rendimiento y características agronómicas de este híbrido representa una alternativa en la producción de maíz por los agricultores maiceros del estado de Veracruz, con la ventaja adicional de un mayor contenido de Lisina y Triptofano en relación con el maíz normal como lo mencionan Mertz (1994) y Vasal *et al.*, (1994), lo que ayudaría a mejorar la nutrición de los consumidores (Chavez y Chavez, 2004; Espinosa *et al.*, 2006).

Tabla 10.1 Rendimiento experimental del híbrido H-564C. INIFAP Veracruz. Primavera – Verano 2005

Híbrido	Cotaxtla	Rendimiento grano t ha ⁻¹			% Relativo
		Talixcoyan	IG LLAVE	Promedio	
H-564C	7.49	5.11	5.13	5.91*	115
HQ3	7.18	4.71	5.74	5.88*	115

H-520	7.00	4.67	3.71	5.13	100
H-519C	5.66	2.98	2.13	3.59	70
Promedio	6.69	4.52	4.26	5.15	
DMS0.05	1.26	0.81	1.11	0.6	
CV (%)	11.42	10.84	13.71	12.58	
CME	0.58	0.24	0.45	0.42	

* Significancia estadística al 0.05 de probabilidad; DMS= Diferencia Mínima Significativa, CV= Coeficiente de variación, CME= Cuadrado Medio del Error; IG LLAVE= Ignacio de la Llave

Por lo que hace a la validación, a través de seis parcelas conducidas 2006 en Veracruz (Tabla 10.2), el H-564C registró rendimientos medios de 5.42 t ha⁻¹, estadísticamente similar al H-520 (5.38 t ha⁻¹), híbrido de maíz normal de más reciente liberación y 24 % más que la variedad sintética VS-536 (4.37 t ha⁻¹), de mayor uso comercial en el sureste mexicano. Estos resultados sugieren la ventaja agronómica de usar comercialmente el híbrido H-564C (Sierra *et al.*, 2001; Sierra *et al.*, 2004; Sierra *et al.*, 2008).

Tabla 10.2 Rendimiento de grano t ha⁻¹ del híbrido de maíz H-564C en parcelas de validación en el estado de Veracruz. Primavera-verano 2006

Genotipo	IG		COT	Mata	MTZ	ROD		% REL
	LLAVE	TLALIX		Agua	TORRE	CLARA	PROM	
H-564C	6.65	5.18	7.74	5.82	4.98	2.15	5.42*	124
H-520	5.49	4.5	7.33	7.52	4.15	3.3	5.38*	123
HQ3	5.8	5.2	7.78	5.71	4.02	2.26	5.13*	117
HQ1	5.73	4.98	7.31	5.2	3.82	3.3	5.06*	116
VS-536	5.06	3.64	6.58	4.58	4.15	2.23	4.37	100
Promedio	5.21	4.23	7.02	5.15	3.91	2.74	4.73	
DMS 0.05	1.68	1.57	1.36	1.62	1.01	0.93	0.49	
CME	0.52	0.48	0.36	0.50	0.18	0.17	0.36	

* = Significancia de los tratamientos al 0.05 de probabilidad; DMS= Diferencia Mínima Significativa; CME= Cuadrado medio del error; IG LLAVE= Ignacio de la Llave; TLALIX= Tlalixcoyan; COT= Cotaxtla; MTZ TORRE= Martínez de la Torre; ROD CLARA= Rodríguez Clara; PROM= Promedio; % REL= % Relativo

Calidad nutricional

El híbrido H-564C tiene mayor contenido de Lisina y Triptófano en el endospermo, grano entero y tortillas, que el maíz normal (AACC, 1998; AOAC, 1984; Salinas y Vásquez, 2006; NMX-034(1) (2002). Particularmente, este híbrido registró 72% más Lisina y 56% más Triptofano en el grano entero que el maíz normal (Larkins *et al.*, 1994; Mertz, 1994; Vasal, 1994; Vasal y Villegas, 2001; Espinosa *et al.* 2006;).

Tabla 10.3 Contenido de aceite, Lisina y Triptofano en genotipos de maíz con alta calidad de proteína. Cotaxtla, Ver. 2007

Genotipo	% Aceite	Lisina (%)		Triptofano (%)		Tortillas
		Endospermo	Grano entero	Endospermo	Grano entero	
H-564C	4.23	0.233	0.352*	0.066	0.086	0.058
HQ-1	4.41*	0.230	0.310	0.071*	0.075	0.068
HQ-3	4.28	0.262*	0.294	0.076*	0.104*	0.076
DMS0.05	0.12	0.006	0.008	0.0057	0.0126	0.0059
Maíz calidad de proteína		0.289	0.414	0.072	0.0989	0.903
Maíz normal		0.210	0.252	0.045	0.055	0.05

*=Significancia de los tratamientos al 0.05 de probabilidad; DMS= Diferencia Mínima Significativa

Difusión del H-564C

El 7 de junio del 2008 se llevó a cabo el “Día del Productor Maicero 2008” en el Campo Experimental Cotaxtla, del INIFAP. En dicho evento se hizo la presentación del híbrido H-564C. Se contó con la participación de 648 asistentes registrados, de los cuales 483 fueron productores de maíz, 113 técnicos y 52 estudiantes. Asistieron y participaron en el evento, empresas y grupos de productores de semilla que multiplican híbridos y variedades del INIFAP, entre ellos, SENOVE, Impulsora Agropecuaria, PROASE, TERRA SEMILLAS, Semillas la Ejidal, Productores del Sotavento y Consorcio Agropecuario Velásquez.

Figura 10 Se mostró a los agricultores las características agronómicas del híbrido de maíz H-564C y de sus progenitores



Producción de semilla

En relación con los progenitores, bajo condiciones de riego en el Campo Cotaxtla, Ver, las líneas LT158, LT159 y LT160 registran buen rendimiento *per se*, lo que facilita el incremento de su semilla en categorías básica y registrada (Gonzalez *et al.*, 1990; Vasal *et al.*, 1994; Vasal y Córdova, 1996; Espinosa *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 1998). Sin embargo, la ventaja mayor la ofrece la cruce simple LT158xLT159 usada como progenitor hembra, con un rendimiento de 5.59 t ha⁻¹ (Gómez, 1986; Sierra *et al.*, 1992; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b; Sierra *et al.*, 2001; Sierra *et al.*, 2004; Sierra *et al.*, 2004a). Lo anterior representa ventajas económicas en la producción comercial de semilla certificada, para las empresas que incrementen y distribuyan este híbrido (Espinosa *et al.*, 1998; Espinosa *et al.*, 2003; Sierra *et al.*, 2005;).

Tabla 10.4 Rendimiento promedio t ha⁻¹ de progenitores del H-564C bajo condiciones de riego y temporal Cotaxtla 2006A 2006B y 2009^a

Genealogía	Rend ^{1/} 2006A	Rend ^{2/} 2006B	Rend ^{3/} 2009A
LT158 x LT159	5.36	7.41	5.59
LT158	---	1.10	2.16
LT159	---	2.10	2.07
LT160	2.32	2.30	1.26

1/ Rendimiento de semilla en lote de producción de H-564C, Cotaxtla 2006A; 2/ Rendimiento experimental de semilla del híbrido H-564C Cotaxtla 2006B; 3/Rendimiento Experimental de semilla del híbrido H-564C Cotaxtla 2009A; A= Ciclo otoño invierno, B= Ciclo primavera verano

Adopción del híbrido H-564C por empresas y 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 en categoría certificada por las empresas semilleras y organizaciones de productores. En los últimos tres años, se ha promovido la producción y distribución del híbrido de maíz H-564C (Sierra *et al.*, 2008); Así, durante 2010 a 2012 con 695 kg de la cruza LT158xLT159 (Progenitor hembra) y 265 kg de la línea LT160 (Progenitor macho) de semilla registrada distribuída, se lograron establecer 48 has de producción del híbrido H-564C y se obtuvo una producción de 144 toneladas de semilla certificada, con las cuales se logró la siembra comercial de 7200 has en el trópico mexicano. Las empresas semilleras que participan en la producción y comercialización del híbrido de maíz H-564C son: PROASE (Chiapas), Agrícola El Caudillo, Semillas La Ejidal (Medellín de Bravo, Ver.), Terra Semillas (Veracruz) y CRUS UACH en Oaxaca.

Tabla 10.5 Producción de semilla certificada del híbrido de maíz H-564C. Cotaxtla, Ver. 2010 a 2012

Productor	Requisición	Progenitores	SEM REG (kg)	SEM CERT (has)	PROD TON	SUP COM (has)
Terra Semillas	Agosto 2010	LT158xLT159	360	26	78	2700
PROASE	Agosto 2011	LT158xLT159	150	10	30	1500
Agrícola Caudillo	Octubre 2011	LT158xLT159	85	6.0	18.0	900
CRUS UACH	OI 2009/10	LT158xLT159	40	3.0	9.0	450
Semillas La Ejidal	Julio	LT158xLT159	40	3.0	9.0	450
	Diciembre 2010	LT160	20			
Total		LT158xLT159	695	48.0	144	7,200
		LT160	265			

SEM REG= Semilla registrada; SEM CERT= Semilla certificada; PROD TON= Producción en toneladas; SUP COM= Superficie comercial

Uso del híbrido de maíz H-564C por los agricultores.

De una muestra de 14 productores de maíz que sembraron el híbrido H-564C en el ciclo de P-V de 2010, utilizando semilla certificada de los grupos “Semillas Terra” y “Semillas La Ejidal”, en los municipios de Cotaxtla, en una superficie de 17.5 has, se obtuvo un rendimiento medio de 7.11 t ha⁻¹.

Tabla 10.6 Rendimiento en siembras comerciales de maíz H-564C en el estado de Veracruz 2009 a 2012

Nombre productor	Localidad	Ciclo agrícola	Sup Has	Ren t ha ⁻¹
Victor Parada Blanco	El Remolino, Tlaxicoyan, Ver.	PV 2011	1.5	7.0
Tito Cruz Cruz	El Remolino, Tlaxicoyan, Ver.	PV 2011	1.5	7.0
Mario Zamora Soto	La Torrecilla, Tlaxicoyan, Ver.	PV 2011	1.5	6.7
Ciro Valerio Cruz	La Torrecilla, Tlaxicoyan, Ver.	OI 2010/11	1.5	6.8
Sergio Valerio Cruz	La Torrecilla, Tlaxicoyan, Ver.	PV 2011	1.0	6.8
Juan Lagunes Crisanto	Los Bajos de Tlachiconal, Cotaxtla, Ver	PV 2010	2.0	7.6
Samuel Velásquez Parra	La Cuesta, Cotaxtla, Ver.	PV 2009	1.0	7.2
Bernardino Aguilar Rodríguez	Colonia Ejidal, Cotaxtla, Ver.	OI 2011/12	1.0	7.0

Juan Manuel Apolinar	El Sáuce, Tlalixcoyan, Ver.	PV 2011	1.0	5.5
Andrés Sánchez Apolinar	El Sáuce, Tlalixcoyan, Ver.	PV 2011	1.5	6.0
Alberto Ruiz Román	Hueyapan de Ocampo, Ver.	OI 2011/12	1.0	6.6
Rufino Ruiz Román	Hueyapan de Ocampo, Ver.	OI 2011/12	1.0	6.8
Rogaciano Miravete	Arenal Oro Verde, Isla, Ver	OI 2011/12	1.0	10.3
Antonio Ramírez Cobos	Poposca, Isla, Ver	OI 2011/12	1.0	8.2
Promedio	A través de localidades	PV y OI	17.5	7.11

Sup has= Superficie en hectáreas; Rend t ha⁻¹ = Rendimiento de grano en toneladas por hectárea; PV= primavera verano; OI= Otoño invierno

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-564C, se consideró un rendimiento de semilla de 3.0 t ha⁻¹, y el precio de venta que se tomó como base para el cálculo fue de \$800.00 por bulto de semilla de 20 kg.

El valor de la producción es de \$120,000.00 por hectárea y un costo estimado de producción y beneficio de la semilla de \$48,662.00 por hectárea, un beneficio neto de \$71338.00 y un costo por tonelada de \$16,000.00. La relación beneficio: costo B/C fue de 1:1.47, lo que significa, que por cada peso invertido, se recupera el peso y 1.47 pesos adicionales; Es decir, la producción de semilla certificada del H-564C es económicamente rentable y representa una importante oportunidad de negocio (Espinosa *et al.*, 1998; Espinosa *et al.*, 2003; Sierra *et al.*, 2005; Sierra *et al.*, 2008;); 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 y ocupación atractiva para las nuevas generaciones de agrónomos.

En el análisis de rentabilidad en la producción de grano del híbrido de maíz H-564C, De una muestra de 14 productores de maíz que sembraron el híbrido H-564C en 2010 a 2012, en los municipios de Cotaxtla, Tlalixcoyan y Hueyapan de Ocampo e Isla, Ver., en una superficie de 17.5 has, se obtuvo un rendimiento medio de 7.11 t ha⁻¹. El costo estimado de producción fue de \$12,730.00 por hectárea y el precio de venta durante el ciclo agrícola que se reporta, fue de \$4000.00 por tonelada. Se deriva de esta información que el valor de la producción es de \$28,440.00 por hectárea, un beneficio neto estimado de \$15,710.00 y un costo por tonelada de \$1790.00. Con estas bases se obtuvo una relación beneficio: costo B/C de 1: 1.23, lo que significa, que por cada peso invertido, se recupera el peso y 1.23 pesos adicionales. Es decir, el híbrido H-564C es una alternativa viable que puede incentivar la producción comercial de maíz en el trópico mexicano (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa *et al.*, 1998; Sierra *et al.*, 2004).

Impacto

Considerando las 7200 has sembradas al momento de la presente evaluación con el híbrido H-564C, con un incremento en el rendimiento de 1.05 t ha⁻¹, en relación con la variedad VS-536, de mayor uso en el trópico mexicano, se produce un volumen adicional de 7,560.80 ton de grano por concepto del uso de este híbrido, a un precio por ton de \$3000.00 representan un beneficio económico de 22.68 millones de pesos. Esta actividad genera ocupación y mano de obra familiar y local en las comunidades donde se siembra este híbrido. Particularmente, se ocupan 30 jornales por hectárea, lo que representa la ocupación de 216,000 jornales en las 7,200 has sembradas con el híbrido H-564C (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa *et al.*, 1998; Sierra *et al.*, 2004).

Para la industria semillera, considerando un beneficio neto de \$71,338.00 ha⁻¹, en las 48 has de producción de semilla certificada, se tiene un beneficio económico total de 3.42 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-564C lo que representa el 52 % del costo de producción, y significa 7,968 jornales generados para las 48 has (Vasal *et al.*, 1994; Espinosa *et al.*, 1998; Sierra *et al.*, 2004).

El impacto de la siembra comercial del H-564C 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, 1986; Vasal *et al.*, 1992a, 1992b).

10.3 Conclusiones

1. El híbrido H-564C registró rendimiento competitivo, buena cobertura de mazorca, buen aspecto y sanidad de planta y mazorca y tolerancia a la enfermedad del “Achaparramiento”, elementos que permiten recomendarlo para su siembra comercial.
2. El Híbrido H-564C presenta características idóneas para satisfacer la demanda de la industria de la masa y la tortilla, ya que cumplen con las especificaciones de la Norma Mexicana para maíces destinados al proceso de Nixtamalización.
3. H-564C es un híbrido adaptado a las condiciones de clima, suelo y manejo por parte de los agricultores y presenta potencial para su uso comercial en el área tropical en el sureste de México.
4. El nuevo híbrido de maíz de alta calidad proteínica es una alternativa viable para incrementar los rendimientos, mejorar la nutrición y elaborar tortillas con buena calidad comercial.
5. El híbrido H-564C fue adoptado por la industria semillera y los productores de maíz en el sureste mexicano

10.4 Referencias

- American Association of Cereal Chemists (AACC) 1998. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. The Association: St. Paul, MN. USA. 1200p.
- Association of Official Analytical Chemists. 1984. Official Methods of Analysis the Association of Official Analytical Chemists. 13th ed. p: 132-133.
- Chávez A, M de Chávez. 2004. La tortilla de Alto Valor Nutritivo. Mc Graw Hill. México, D.F. 110 p.
- Espinosa C., A.; Ortiz C., J.; Ramírez F., A.; Gómez M., N.; Martínez G., A. 1998. Estabilidad y comportamiento de líneas *per se* y cruza de maíz en la producción de semilla. Agric. Téc. Méx. (México) 24 (1): 27-36.
- Espinosa C., A., M. A. López Pereira, N. Gómez M., E. Betanzos M., M. Sierra M., B. Coutiño E., R. Aveldaño S., E. Preciado O., A. D. Terrón. 2003. Indicadores Económicos para la producción y uso de semilla mejorada de Maíz de Calidad Proteínica (QPM) en México. Agronomía Mesoamericana. 14 (1): 105-106.

Espinosa C., A.; N. Gomez M.; M. Sierra M.; E. Betanzos M.; F. Caballero H. 2006. Variedades e híbridos de maíz de Calidad Proteínica en México. Ciencia, Vol. 57 (3): 28-34.

García, E. 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 M., N. 1986 Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. Rev. Fitotecnia Mexicana 8 (1): 3-19.

González G., C.; Molina G., J. D. y Martínez G., A. 1990. Implicaciones del rendimiento *per se* y de la ACG de líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays* L.) en la predicción de cruza simples de alto rendimiento. Agrociencia serie Fitotecnia (México) 1 (2): 29-42.

Larkins, B., A.; Dannehoff, D.,F.; Bostwick, E.,O.; Moro G.,A.; and M.A. Lopez. 1994. Opaque 2 modifiers, what they are and how they work, In: Quality protein maize. 1964-1994. Proc. of the international symposium on quality protein maize. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas MG Brasil. December 1-3 1994, p. 133-148.

Mertz, E., T. 1994. Thirty years of opaque 2 maize. In: Quality Protein Maize. 1964-1994. Proc. of Symp. of Quality Protein Maize. EMBRAPA/CNPMS, Sete Lagoas M. G. Brasil. p 1-10.

Morris M.L. y M.A., López P. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT 45 p.

Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF-034-2002-SCFI-PARTE 1 (2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Agricultura, ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Dirección General de Normas. México D.F. 18 p.

Ramírez D., J. L.; Ron P., J.; Sánchez G., J.; García, A. y Maya J., B. 1998. Aptitud combinatoria general y correlaciones fenotípicas entre líneas y mestizos de maíz. Agronomía Mesoamericana (Costa Rica) 9 (2): 69-76.

Reyes C., P. 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas 3ª Ed. 348p.

Salinas M Y y M G Vázquez C. 2006. Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz. Folleto técnico No. 22. INIFAP. Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Edo. De México. México. 80p.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Subsistema de Información Agrícola. México, D.F. (Versión en CD).

Sierra, M., M.; F.A., Rodríguez M.; R.A., Castillo G.; F., Márquez S. 1992. La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz de la región sur de México. In: Memorias del Symposium de interacción genotipo ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal. P 239-260

Sierra, M. M., A., Palafox, C.; O., Cano, R.; F.A., Rodríguez, M.; A., Espinosa, C.; A., Turrent, F.,A.; Gómez M., N.; Córdova O.,H.; Vergara A., N.; Aveldaño S.,R.; Sandoval R., J.A.; Barrón F., S.; Romero M., J.; Caballero H., F.; Gonzalez C., M.; Betanzos M., E. 2001. Descripción varietal de H-519C, H-553C y V-537C, Maíces con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México.

Folleto Técnico Núm.30. SAGARPA. INIFAP CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Veracruz, Veracruz, México. 21 p.

Sierra M., M.; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdoba O., H.; Lezama G., R. y Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.), Agric. Téc. Méx. México Vol 30 (2): 169-181.

Sierra, M., M.; A., Palafox, C.; F. A., Rodríguez M.; A., Espinosa C.; N., Gómez, M.; F., Caballero, H.; s., Barrón F.; y A., Zambada M. 2004a. H-518 y H-520, híbridos trilineales de maíz para el trópico húmedo de México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm. 38. Veracruz, México. 17 p.

Sierra M., M.; Palafox C., A.; Espinosa C., A.; Caballero H., F.; Rodríguez M., F.; Barrón F., S.; y Valdivia B., R. 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del sureste de México. Agronomía mesoamericana (Costa Rica) 16 (1): 13-18.

Sierra M., M.; A., Palafox, C.; F. A., Rodríguez M.; A., Espinosa C.; Vásquez C., G.; Zambada M., A.; Rodríguez R., R.; y Barrón F., S. 2008. H-564C, Híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. Desplegable técnica Núm. 6. Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2002). Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L). Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México D.F. 20 p.

Vasal S., K.; Srinivasan G.; Crossa, J.; y Beck D., L. 1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. Crop Sci. 32(4): 884-890.

Vasal S., K.; Srinivasan G.; Han C.; González C., F. 1992b Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. Maydica 37: 319-327.

Vasal, S., K. 1994. High quality protein corn. In: Specialty corn. A.R., Hallauer Ed. CRC press. Boca Ratón Fl. P 75

Vasal, S., K; Vergara A., N.; y Mc Lean S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. Agronomía Mesoamericana 5 (2): 184-189.

Vasal, S., K.; y Córdoba O., H. 1996. Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. In: Memorias del Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura sustentable. Buenavista Saltillo, Coah., México. p. 32-54.

Vasal S., K. and Villegas E. 2001. The quality protein maize revolution. Improved nutrition and livelihoods for the poor. CIMMYT, El Batán Texcoco, Mex. 7p.