

Estudio de caso 2: Maíz tolerante a sequía (TS)

PARTE I: LA PLANTA NO TRANSGÉNICA

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA.

Revisar las citas OECD (2003) y OGTR (2008) como referencias de la biología de *Zea mays* L. ssp. *mays*. Información adicional relevante a lo descrito en las referencias anteriores: entre todos los factores de estrés que afectan el desarrollo y rendimiento del maíz, la disponibilidad del agua es por mucho, el más importante. Tan sólo en la región norteamericana, se estima que el 40% de las pérdidas anuales del cultivo se deben a una disponibilidad sub-óptima de este recurso. (Boyer, 1982). Como una planta tipo C4, el maíz es intrínsecamente más eficiente en el uso hídrico, y transpira sólo la mitad que las del tipo C3 (Taiz, 1991), como arroz, soya y algodón.

A pesar de esta ventaja clave, la limitación hídrica sin embargo, afecta adversamente el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento del maíz durante las etapas reproductivas. En general, la limitación de agua provoca en las plantas una caída en la presión de turgencia y el cierre estomatal para reducir la pérdida de agua en el tejido. Un decremento en el potencial hídrico interno, produce hojas enrolladas, lo que reduce la superficie expuesta, disminuyendo la fotosíntesis y finalmente el crecimiento. Visualmente, la limitación hídrica se manifiesta como una reducción en la altura y rendimiento en biomasa. En las etapas reproductivas subsiguientes, una limitación en la disponibilidad de agua resulta en la ‘quemadura’ y arrugamiento de las hojas (Hsiao, 1973; Westgate et al., 2004).

Las etapas de desarrollo a floración (VT-R1, ver Fig. 1), son períodos particularmente vulnerables para el crecimiento y el rendimiento final de la planta de maíz. Con cuatro días de marchitez visible en las etapas previas a VT (antes de la antesis), el rendimiento puede reducirse hasta en un 25%, mientras que la marchitez durante cuatro días entre las etapas finales V y R2, puede producir hasta un 50% de baja en rendimiento (McWilliams, 2002). Un mecanismo importante por el que la sequía —agobio o estrés hídrico a nivel de la planta— reduce el rendimiento, es porque impide la floración sincrónica. Los rendimientos óptimos dependen de que la maduración de estigmas femeninos (*silking*, R1), ocurra a unos días de la emergencia de la espiga masculina (antes de la antesis); la sincronía se considera como una medida del intervalo entre ambos tipos de floración (ASI, por *anthesis-silking interval*).

Si el ASI se incrementa, los estigmas emergen muy tarde para capturar el polen liberado, y los rendimientos caen dramáticamente. Ya que estos estigmas —“pelos de elote”, largos, húmedos y pegajosos—, dependen de un suministro suficiente de agua para brotar en el momento correcto, la limitación de agua es una causa de valores más altos de ASI (Westgate et al., 2004). Los estigmas son más sensibles a los potenciales hídricos bajos que las hojas o las raíces, ya que valores pequeños de este parámetro (abreviado ψ_w), se asocian con una baja retención de solutos y la

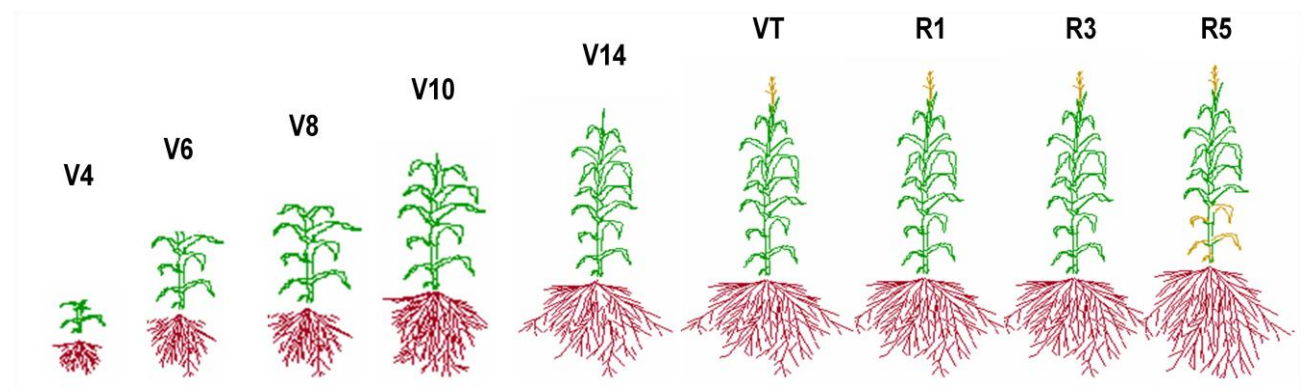
incapacidad de mantener la turgencia (Maiti and Wesche-Ebeling, 1998). No obstante, la dificultad para captar polen no es la única causa de un número pobre de granos; bajo condiciones de limitación de agua, la aborción de granos ya fertilizados puede ser un factor significativo de la pérdida en rendimiento (Westgate et al., 2004).

El estrés hídrico durante etapas vegetativas y la floración, reducen el número de granos e incrementan la cantidad de plantas sin mazorcas ('plantas jorras'). Durante el llenado del grano en la mazorca, esta condición genera granos chicos (Campos et al., 2006); si la humedad de éstos cae por debajo del 30%, entonces no acumulan materia seca.

Los fitomejoradores han buscado mejoras y, a lo largo de décadas, han logrado diversos avances en pos de la tolerancia a la sequía en maíz. Los programas de cruzamiento y selección bajo condiciones de limitación hídrica, han generado germoplasma mejorado que es capaz de producir buenos rendimientos, comparados con híbridos convencionales susceptibles. La estrategia principal para este tipo de fitomejoramiento ha sido la selección hacia floración sincrónica. Los investigadores promueven este proceso por medio de la autopolinización de plantas bajo sequía; aquellas plantas que maduren sus estigmas al tiempo de la liberación del polen, pueden cruzarse consigo mismas, lo que permite la selección de plantas que son capaces de mantener esta función — la sincronía en floración— bajo condiciones de estrés hídrico.

En un estudio retrospectivo sobre los avances respecto de la tolerancia a sequía en los últimos 50 años, se encontró que las mayores ganancias en rendimiento de grano obtenidas bajo estrés hídrico en floración fueron apenas superiores a 0.1 Ton_m/Ha/año; los rendimientos bajo condiciones óptimas también mejoraron, aunque se incrementó la susceptibilidad a estrés durante etapas intermedias o finales del llenado de grano (Campos et al., 2006). Notoriamente, y en relación a la evaluación de riesgo ambiental, las mejoras resultantes en el desarrollo de híbridos de maíz con mayor tolerancia a sequía, no alteraron la invasividad ni la toxicidad basal de maíz. Por tanto, el fitomejoramiento hacia tolerancia a sequía como tal, utilizando técnicas tradicionales, no ha resultado en efectos adversos al medio ambiente.

Fig. 1 - Etapas de desarrollo de la planta de maíz



BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA ESPECIE.

Ver OECD (2003) y OGTR (2008)

CENTROS DE ORIGEN Y CENTROS DE DIVERSIDAD GENÉTICA.

Ver OECD (2003)

MEDIOS DE DISPERSIÓN Y ESTABLECIMIENTO (e.g., polen, dispersión de semilla, propagación vegetativa, etc.)

Ver OECD (2003) y OGTR (2008)

HIBRIDACIÓN (CRUZAMIENTOS) INTRAESPECÍFICA E INTERESPECÍFICA O INTERGENÉRICA:

Ver OECD (2003) y OGTR (2008)

REFERENCIAS

OECD. ENV/JM/MONO(2003)11. 2003. "Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. *Mays* (maize)".

OGTR. 2008. The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn). Australian Government Office of the Gene Technology Regulator. Version 1: September 2008

Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science*. **218**:443-448.

Campos, H., M. Cooper, G.O. Edmeades, C. Loffler, J.R. Schussler, and M. Ibanez. 2006. Changes in drought tolerance in maize associated with fifty years of breeding for yield in the U.S. Corn Belt. *Maydica*. **51**:369-381.

Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*. **24**:519-570.

Maiti, R.K. and P. Wesche-Ebeling. 1998. *Maize Science*. Pages 132-133. Science Publishers, Inc. Enfield, New Hampshire.

McWilliams, D. 2002. Drought Strategies for Corn and Grain Sorghum. New Mexico State University <http://www.cahe.nmsu.edu>.

Taiz, L. 1991. Water balance of the plant. Pages 97 - 98. in *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood City, California.

Westgate, M.E., M.E. Otegui, and F.H. Andrade. 2004. *Physiology of the corn plant in Corn: Origin, History, Technology, and Production*, C.W. Smith, J. Betran and E.C.A. Runge, (eds.) John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

PARTE II: EL AMBIENTE RECEPTOR

CULTIVO DE LA ESPECIE DE ESTUDIO EN MÉXICO

El maíz presenta un amplio rango de distribución en nuestro país, pudiéndose identificar materiales adaptados a las diferentes regiones agroecológicas. Los híbridos modernos de maíz han sido desarrollados para expresar un potencial de rendimiento superior en sistemas de producción agrícola que incluyen la utilización de irrigación, fertilización y protección frente al ataque de plagas y enfermedades. La caracterización del maíz MON 12345, respecto de su equivalente convencional, indica que el transgén conferido no ocasiona modificación de sus características (es agrónomicamente equivalente) ni ha recibido nuevas características que puedan convertirlo en plaga (maleza). Por lo anterior no se espera que presente características para su dispersión al ambiente fuera de la zona de cultivo e independiente de la ayuda del ser humano.

Considerando que con este evento se aborda fundamentalmente los aspectos del ciclo agrícola relacionados con la disponibilidad de agua, se hacen estas puntualizaciones: El agua requerida por el maíz durante su ciclo vital se denomina demanda estacional, y varía de acuerdo al clima de la región donde es cultivado. La necesidad de irrigación disminuye si los cultivos de maíz se establecen en regiones más húmedas (por latitud o altitud), donde la precipitación pluvial durante el año es suficiente para al menos un ciclo de cultivo. Existe un período en el ciclo del maíz durante el cual el agua es esencial diariamente: en floración y llenado del grano. Además del efecto mismo de la disponibilidad de agua para las plantas, otros factores que contribuyen a que la irrigación estimule el incremento en rendimiento, es el uso eficiente del fertilizante, el uso de densidades de siembra más altas y la utilización de híbridos que respondan mejor a la irrigación.

PRESENCIA DE CUALQUIER PARIENTE SEXUALMENTE COMPATIBLE EN EL AMBIENTE RECEPTOR.

Las localidades propuestas para la liberación experimental no tienen presencia de parientes silvestres; las condiciones para ubicar los predios experimentales que se tomaron en cuenta fueron las siguientes:

- ✓ Que el predio tenga aptitud para la siembra de maíz pero el agricultor propietario siembre otro cultivo.
- ✓ Dentro de la distancia de aislamiento.
- ✓ En la zona no se cultiven razas o materiales criollos.
- ✓ Que alrededor del predio no se siembre maíz.
- ✓ Que la práctica agrícola regional se base en la utilización de materiales de maíz híbridos.

INTERACCIONES ECOLÓGICAS EN EL AMBIENTE RECEPTOR (e.g. identificación de los principales complejos de plagas)

Parientes del Maíz

Teocintles

Los parientes silvestres más cercanos del maíz son los teocintles (también referidos como *teocintes* o *teosinte* en México y otros países) y pertenecen al género *Zea*. Los teocintles son nativos de México y América Central y presentan distribución muy limitada (Mangelsdorf et al. 1981). Las especies de teocintles muestran muy poca tendencia a extenderse más allá de su distribución natural

y se restringen a México y Centroamérica. No se ha reportado su presencia en el Sureste asiático (Watson & Dallwitz 1992).

- *Zea diploperennis*
- *Zea perennis*
- *Zea mays mexicana*
- *Zea mays parviglumis*

Tripsacum

Los parientes silvestres más cercanos al maíz fuera del género *Zea* son los integrantes del género *Tripsacum*. El género *Tripsacum* se constituye por 12 especies, principalmente nativas de México y Guatemala pero ampliamente distribuidas en las regiones cálidas de los Estados Unidos y América del Sur, con algunas especies presentes en Asia y el sureste asiático (Watson & Dallwitz 1992). Todas las especies son perennes y pastos de estación cálida.

Teocintles

Zea diploperennis

- Descripción original de la especie *Zea diploperennis*: *Science* **203**: []; Molina (1985). Cytogenetic study of a tetraploid hybrid *Zea diploperennis* x *Zea perennis*. *Cytologia* **50**:

Zea perennis

- Descripción original de la especie *Zea perennis*. *American Journal of Botany*, **29** (10): []; Molina & García (1999). Influence of ploidy levels on phenotypic and cytogenetic traits in maize and *Zea perennis* hybrids. *Cytologia* **64**:. ; Molina (1986). Estudio citogenético de *Zea perennis*. *Genética Ibérica* **38**:. Molina (1985). Cytogenetic study of a tetraploid hybrid *Zea diploperennis* x *Zea perennis*. *Cytologia* **50**:. ; Kato (1984). Mecanismos de diploidización en *Zea perennis* (Hitchcock) Reeves and Mangelsdorf. *Agro-Ciencia* **58**.

Zea mays mexicana

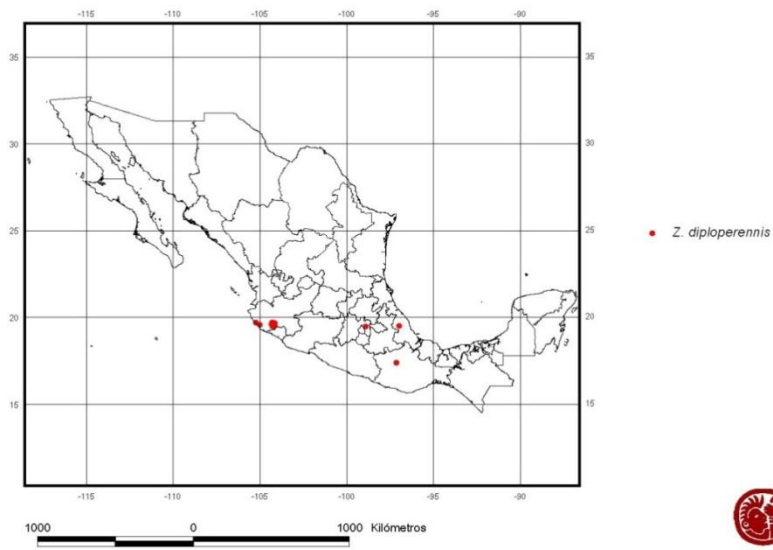
- Descripción original de la subespecie *Zea mays* subsp. *mexicana*. *Phytologia* **23** (2):

Zea mays parviglumis

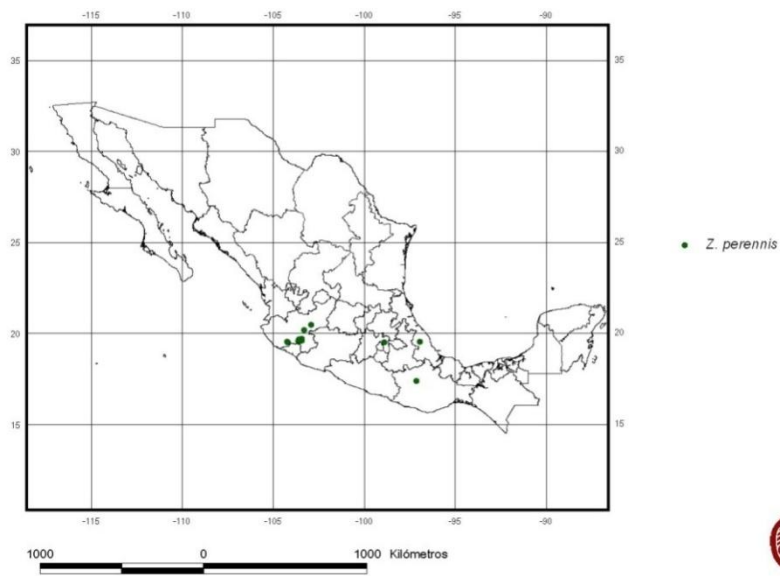
- (1980). Descripción original de la subespecie *Zea mays* subsp. *parviglumis*. *American Journal of Botany*, **67**: (1980).

Distribución de parientes silvestres

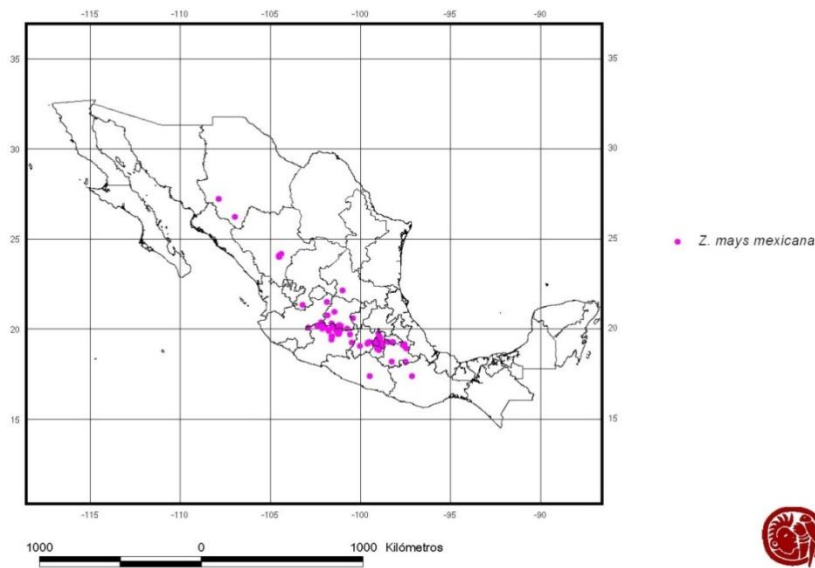
Distribución puntual de *Zea diploperennis* H.H. Iltis, Doebley & R. Guzmán en México



Distribución puntual de *Zea perennis* (Hitchc.) Reeves & Mangelsd. en México



Distribución puntual de *Zea mays* subsp. *mexicana* (Schrad.) H.H. Iltis en México



Distribución puntual de *Zea mays* subsp. *parviglumis* H.H. Iltis & Doebley en México

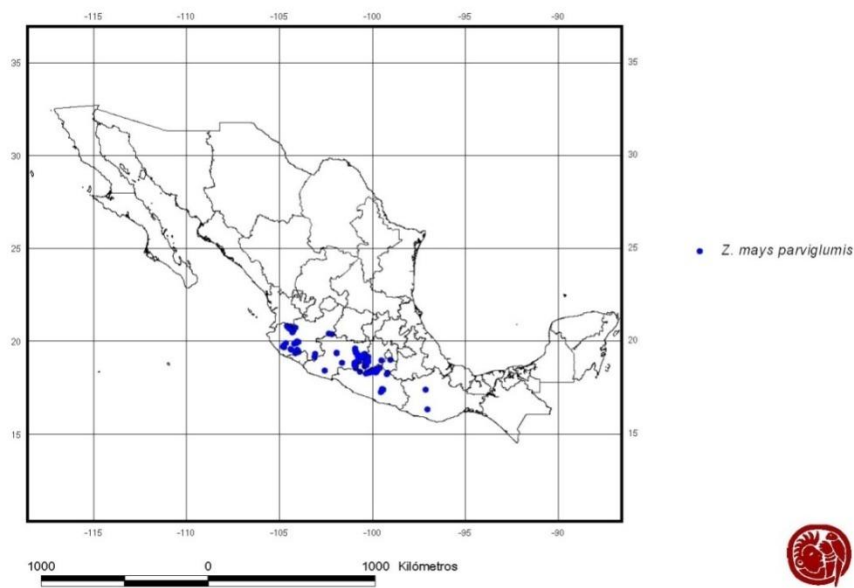


Figura 2. Mapas de distribución Puntual: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. Maíz *Zea* sp.

Búsqueda de especies del género Zea en el Sistema de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB)¹

Para verificar la distribución de las especies relacionadas de maíz en México, se realizó una búsqueda sobre la presencia de especies del género *Zea* en el Estado de **Sinaloa** en el sistema de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) De esta búsqueda no se encontraron reportes.

Tabla 1. Resultados de los reportes obtenidos del sistema de la Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB).

Búsqueda 29/abril/2010	POACEAE <i>Zea mays</i>	MEXICO, Sinaloa
No se encontraron reportes		

Bases de datos consultadas:

- Herbario XAL del Instituto de Ecología, A.C., México (IE-XAL)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/ie-xal.html>
- Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México (ENCB, IPN)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/encb-ipn.html>
- Banco Nacional de Germoplasma Vegetal, México (BANGEV, UACH)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/bangev-uach.html>
- Herbario de la Universidad de Texas - Austin, EUA (LL, TEX)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/ll-tex.html>
- Herbario IEB del Instituto de Ecología, A.C., México (IE-BAJÍO)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/ie-bajio.html>
- Colección de Monocotiledóneas Mexicanas (UAM-I)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/uam-i.html>
- Herbario del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica (INBIO)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/inbio.html>
- Árboles y Arbustos Nativos para la Restauración Ecológica y Reforestación de México (IE-DF, UNAM)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/ie-df-unam.html>
- Herbario Sessé y Mociño: Plantas de la Real Expedición Botánica a Nueva España (1787 - 1803) (MA)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/sesse.html>
- w3TROPICOS, Jardín Botánico de Missouri (MO)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/missouri.html>
- Herbario del CIBNOR
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/herbario_cibnor.html
- Herbario Weberbauer de la Universidad Nacional Agraria La Molina (MOL)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/lamolina.html>
- Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México (FES-I, UNAM)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/flora_valle_tehuacan_cuicatlan.html
- Herbario de la Universidad de Arizona, EUA (ARIZ)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/herbario_universidad_arizona.html
- Herbario del Centro de Investigación Científica de Yucatán, México (CICY)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/cicy_yucatan.html
- Agentes Bioactivos de Plantas Desérticas de Latinoamérica (ICBG)

¹ La Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) es un sistema computarizado de información biológica (incluye bases de datos de tipo curatorial, taxonómico, ecológico, cartográfico, bibliográfico, etnobiológico, de uso y catálogos sobre recursos naturales y otros temas), basado en una organización académica interinstitucional descentralizada e internacional formada por centros de investigación y de enseñanza superior, públicos y privados, que posean tanto colecciones biológicas científicas como bancos de información. La REMIB, es una red interinstitucional que comparte información biológica. Está constituida por nodos, formados por los centros de investigación que albergan las colecciones científicas.

- http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/ibunam_ibcg.html
- Herbario Kew del Real Jardín Botánico (RBGKEW)
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/kew.html>
- Ejemplares tipo de plantas vasculares del Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México (ENCB, IPN)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/ejemplares_tipo_plantas_vasculares.html
- Estudio Florístico de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México (ENCB, IPN)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/estudio_floristico_ipn.html
- Estudio monográfico del género *Echinopepon* Naud. (Cucurbitaceae) en México (ENCB, IPN)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/estudio_monografico_ipn.html
- La flora útil de dos comunidades indígenas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: Coxcatlán y Zapotitlán de Las Salinas, Puebla, México (FES-I, UNAM)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/flora_utildos_comunidades.html
- Herbario de Geo. B. Hinton, México
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/hinton.html>
- Colección de ejemplares tipo del Herbario de la Universidad de Texas – Austin, EUA (LL, TEX)
http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/coleccion_ejemplares_herbario%20tx.html
- Programa de repatriación de datos de ejemplares mexicanos
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/jbny.html>
- Colecciones de George Boole Hinton depositadas en el herbario de Kew: Familia Leguminosae
<http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/rbgk.html>

Plagas del cultivo de maíz en México

Los problemas fitosanitarios de maíz en México entre los que destacan las plagas, enfermedades y maleza ocupan un lugar importante entre los factores que limitan la productividad del cultivo, ya que cada uno de estos tres problemas señalados puede por sí solo ser la causa de pérdidas en rendimiento parciales o totales. Dicha situación desalienta a los productores que no ven compensados sus esfuerzos con rendimientos satisfactorios que paguen su trabajo y su inversión.

Tabla 2. Plagas de insectos del cultivo de maíz en México

	ORDEN	GÉNERO ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE DAÑO
***	Coleóptera	<i>Phyllophaga spp.</i>	Gallina ciega	Larvas rizófagas
	Coleóptera	<i>Macrodactylus spp.</i>	Mayates de junio (Adultos)	Los adultos destruyen los tallos, hojas y flores.
	Coleóptera	<i>Cyclocephala sp.</i> <i>Anomala sp.</i> <i>Eutheola sp.</i>	Frailecillos	Los adultos destruyen los tallos, hojas y flores.
**	Coleóptera	<i>Diabrotica spp.</i>	Doradilla, loritos, diabrotica (Adultos)	Larvas rizófagas, los adultos se alimentan de hojas, flores y frutos.
**	Coleóptera	<i>Diabrotica spp.</i>	Gusano Blanco del Maíz (Larvas)	Larvas rizófagas, los adultos se alimentan de hojas, flores y frutos.
**	Coleóptera	<i>Agriotes sp.</i>	Gusano de alambre	Las larvas destruyen semillas y raíces.
*	Coleóptera	<i>Gereus senilis</i>	Picudo barrenador	Las larvas barrenan el tallo, el adulto daña las hojas.
*	Coleóptera	<i>Nicentrites testaceipes</i>	Picudo del maíz	Las larvas barrenan el tallo. El adulto daña las hojas.
**	Lepidóptera	<i>Zeadiatraea lineolata</i>	Barrenador neotropical	Las larvas barrenan el tallo.
*	Lepidóptera	<i>Zeadiatraea magnifactella</i>	Barrenador Mexicano de la caña de azúcar	Las larvas barrenan el tallo.
**	Lepidóptera	<i>Zeadiatraea grandiosella</i>	Barrenador sud-occidental	Las larvas barrenan el tallo.
*	Lepidóptera	<i>Zeadiatraea considerata</i>	Barrenador occidental	Las larvas barrenan el tallo.
*	Lepidóptera	<i>Zeadiatraea sacharalis</i>	Barrenador de la caña de azúcar	Las larvas barrenan el tallo.
*	Lepidóptera	<i>Chilo sp.</i>	Barrenador chico del tallo	Las larvas barrenan el tallo.
***	Lepidóptera	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Gusano cogollero	Las larvas se alimentan del cogollo y

				troza las plantas pequeñas.
*	Lepidóptera	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Gusano saltarín	Las larvas barrenan tallos cerca de la superficie del suelo.
**	Lepidóptera	<i>Agrotis spp</i> <i>Euxoa spp.</i> <i>Prodenia spp.</i> <i>Peridroma spp.</i>	Gusanos trozadores	Las larvas trozan plántulas y hojas.
**	Lepidóptera	<i>Pseudaletia unipuncta</i> <i>Spodoptera exigua</i>	Gusanos soldado	Las larvas trozan plántulas y hojas.
**	Lepidóptera	<i>Moscislalipes</i>	Falso gusano medidor	Las larvas cortan las hojas.
**	Lepidóptera	<i>Heliothis zea</i>	Gusano elotero	Las larvas barrenan el elote
*	Lepidóptera	<i>Estigmene acrea</i>	Gusano peludo	Las larvas se alimentan de las hojas.
*	Lepidóptera	<i>Sathrobrotia rileyi</i> (<i>pyroderces</i>)	Gusano basurero	Las larvas destruyen las lígulas de las hojas.
***	Homóptera	<i>Dalbulus maidis</i>	Chicharritas	Son vectores de patógenos.
	Homóptera	<i>Dalbulus elimatus</i>	Chicharritas	Son vectores de patógenos.
*	Hemíptera	<i>Leptodictya tabida</i>	Chinche de encaje	Succionan la savia de las hojas.
*	Hemíptera	<i>Blissus leucopturus</i>	Chinche de los cereales	Succionan savia de las hojas
*	Hemíptera	<i>Nezara viridula</i>	Chinche verde	Succionan jugo de los elotes
*	Hemíptera	<i>Lygus lineolaris</i>	Chinche ligus	Succionan savia de las hojas
**	Homóptera	<i>Rhopalosiphum maidisa</i>	Pulgón del cogollo	Las ninfas y sultos succionan jugo de las hojas y de las espigas.
*	Homóptera	<i>Schizaphis graminum</i>	Pulgón del follaje	Las ninfas y los adultos succionan jugos del tallo de las hojas.
**	Thysanoptera	<i>Frankliniella williamsi</i> <i>Frankliniella occidentalis</i>	Trips del cogollo	Raspan y chupan jugo de las hojas.
	-----	<i>Caliothrips</i> = (<i>Hercythrips</i>) <i>phaseoli</i>	Trips negro	Raspan y chupan jugo de las hojas.
**	Orthoptera	- <i>Sphenarium mexicanum</i> - <i>Taeniapoda eques</i> - <i>Brachystola magna</i> - <i>Melanoplus differentialis</i>	Chapulines	Se alimentan del follaje.
**	Diptera	<i>Euxesta sp</i>	Mosca del cogollo	La larva barrena el cogollo.
*	Hymenóptera	<i>Atta mexicana</i>	Hormiga arriera	Defoliar plantas

Tabla 3. Plagas de clase Arachnida del cultivo de maíz en México

	ORDEN	GÉNERO ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE DAÑO
**	Acarina	<i>Oligonychus sp.</i>	Arañuela del maíz	Succionan jugo de las hojas y las secan.
	Acarina	<i>Tetranychus sp.</i>	Araña roja	Succionan jugo de las hojas y las secan.

Tabla 4. Plagas de vertebrados del cultivo de maíz en México.

	ORDEN	GÉNERO ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE DAÑO
**	Aves	<i>Euphagus spp.</i>	Zanates	Extraen semillas plantadas, destrozan pequeñas plántulas y picotean los elotes y mazorcas, las exponen a futuras infecciones e infestaciones
	Aves	<i>Passerculus spp.</i>	Gorriones	
	Aves	<i>Corvus corax</i>	Cuervos	
	Aves	<i>Corvus corax</i>	Cotorras	
*	Roedores	- <i>Sigmodon hispiduslas</i> - <i>Rattus norvegicus</i> - <i>Rattus rattus</i>	Ratas	Roen mazorcas, destruyen, roen tallos y quiebran plantas.

Malezas del maíz

Se designa con el nombre de maleza o malas hierbas a todas aquellas plantas que crecen en un terreno y son diferentes de la planta que es objeto de cultivo. La maleza causa daños importantes en los cultivos agrícolas los cuales pueden ser directos o indirectos. Los primeros se refieren a la competencia entre la maleza y el cultivo es cuestión por recursos como son, el agua, la luz, los nutrientes, el espacio, el dióxido de carbono, etc. Además, algunas malezas producen sustancias que resultan ser tóxicas para las plantas cultivadas. Entre los daños indirectos se pueden mencionar son las enfermedades, plagas de insectos, roedores que utilizan a la maleza como reservorio u hospedera. De la misma manera ciertas malezas dificultan la cosecha. En ambos casos las repercusiones son; reducción del rendimiento y calidad del producto así como la elevación de los costos de cultivo. En México se informa que hay unas 390 especies de maleza agrupadas en 52 familias botánicas que infestan al maíz. En la Tabla 5, se describen las más importantes. Entre las prácticas culturales se recomienda dar dos pasos de cultivadora a los 10 y 20 días después de la emergencia del maíz, en ocasiones se recomienda un tercero a los 30 días. Estos deben complementarse con deshierbes manuales para eliminar las malas hierbas entre las plantas de maíz y sobre los surcos. Cuando se opta por usar el método de control químico ya sea por su costo o por su eficacia para obtener los mejores resultados deben seguirse estrictamente las recomendaciones en cuanto a productos, dosis y época de aplicación.

Los productos que controlan la maleza en maíz están dirigidos a controlar gramíneas o hierbas de hoja angosta, así como malezas de hoja ancha:

Tabla 5. Principales malezas en el cultivo de maíz en México

	FAMILIA	GÉNERO ESPECIE	NOMBRE COMÚN	TIPO DE DAÑO
*	Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Coquillo	Competencia
**	Gramineae	<i>Cyperus esculentus</i>	Zacate pinto	Competencia
**		<i>Echinochloa colonum</i>	Zacate pitillo	Dificulta la cosecha
*		<i>Ixophorus unisetus</i>	Zacate Johnson	Competencia
**		<i>Sorghum biclor</i>	Cañita	Competencia
*		<i>Cynodon dactylon</i>	Pelo de conejo o zacate borrego	Competencia
**	Amaranthaceae	<i>Amaranthus spp.</i>	Quelite	Competencia
**	Compositae	<i>Bidens pilosa</i>	Rosilla grande acahual blanco	Competencia
**		<i>Simsia amplexacaulis</i>	Acahualillo	Competencia
*		<i>Zexmenia hispida</i>	Acahual	Competencia
**		<i>Melempodium divaricatum</i>	Acahual flor amarilla	Dificulta la cosecha
**		<i>Blatimora recta</i>	Acahual	Competencia
**	Cucurbitaceae	<i>Sycios deppei</i>	Chayotillo	Competencia. Dificulta la cosecha
**	Convolvulaceae	<i>Ipomoea spp. (9 especies)</i>	Correhuela, Bejuco.	Dificulta la cosecha

Para tener un conocimiento más exacto de los plaguicidas, dosis, intervalos, límites de residuos, etc., se recomienda consultar el Catálogo Oficial de Plaguicidas y en Manual de Plaguicidas Autorizados. Estos documentos son publicados por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICLOPLAFEST) y la SAGARPA.

PARTEIII: LA PLANTA TRANSGÉNICA (MON 12345)

EL PROPÓSITO DE LA TRANSFORMACIÓN (e.g., Resistencia a insectos, tolerancia a sequía, fenotipo desplegado, etc.)

El maíz tolerante a sequía descrito aquí (“MON 12345”), brinda una ventaja en rendimiento comparado con los híbridos de maíz convencionales cuando el agua del riego es limitante y el estrés resultante merma los rendimientos. Adicionalmente, no hay impacto negativo en el rendimiento de MON12345 cuando hay disponibilidad óptima del líquido. Los agricultores tendrían una ventaja económica con variedades que tienen una pérdida menor en el rendimiento bajo condiciones de sequía y sin afectar adversamente al ambiente. La eficacia biológica del evento MON12345 resulta de la expresión de la proteína de choque de frío B (*cold shock protein B* o CSPB) de *Bacillus subtilis*, la cual funciona como una ‘chaperona’ de polinucleótidos (auxiliar en el doblamiento/enrollamiento o empaquetado del ac. nucléicos monocatenarios)

REGIÓN DE CULTIVO PREVISTA (COMO CULTIVO PARA AUTOCONSUMO, DE ESPECIALIDAD O A NIVEL INDUSTRIAL)

El evento MON 12345 puede ser cultivado en germoplasma adaptado para diversas regiones de cultivo en régimen de temporal, donde normalmente la lluvia estacional disponible es limitante, lo cual reduce consistentemente el potencial de rendimiento a través de los años.

UN RESUMEN DE LOS ELEMENTOS GENÉTICOS INTRODUCIDOS Y SU ORIGEN (TIPO DE SECUENCIA, ORGANISMO DONADOR)

Tabla 6. Resumen de elementos genéticos en el evento MON 12345

Elemento genético	Función
P-Ract1	Promotor y secuencia líder del gene de actina <i>act-1</i> , de arroz <i>Oryza sativa</i>
I-Ract1	Intrón del gen de actina, <i>act-1</i> , de arroz <i>Oryza sativa</i>
CS-cspB	Secuencia codificante del gen <i>cspB</i> de <i>Bacillus subtilis</i> , que codifica para el producto CSPB (<i>cold shock protein-B</i>), optimizada para codones [vegetales]
T-tr7 3'	Secuencia no-traducida del gen del <i>transcrito 7</i> de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> que dirige la poliadenilación del ARN mensajero
loxP	Secuencia específica del sitio de recombinación en el bacteriofago <i>P1</i> reconocido por la recombinasa Cre
P-35	Promotor del ARN 35S del virus del mosaico de la coliflor (CaMV)
CS-nptII	Secuencia codificante del elemento transponible <i>Tn5</i> de <i>E. coli</i> , que confiere resistencia a los antibióticos neomicina y kanamicina
T-nos	Secuencia no-traducida 3' del gen de la nopalina sintasa (NOS) de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> que sirve como sitio de terminación de la transcripción, y dirige la poli-adenilación del mensajero
loxP	Secuencia específica del sitio de recombinación en el bacteriofago <i>P1</i> reconocido por la recombinasa Cre
B7-Left Border	ADN de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> que contiene la secuencia del borde izquierdo usado para la movilización del T-DNA

P – Promotor; I – Intrón; CS – *Coding Sequence* (secuencia codificante); T – secuencias 3' no traducida con señales para terminación de transcripción y poliadenilación ; B – (Secuencia de) borde.

HERENCIA Y ESTABILIDAD DE CADA ATRIBUTO INTRODUCIDO (e.g. análisis de segregación, integridad del inserto, etc.)

Tabla 7. Patrones de segregación de *cspB* entre generaciones de MON 12345

Generación	No. de Plantas	Positivos observados	Negativos observados	Positivos esperados	Negativos esperados	Chi-cuadrada (χ^2)*	Probabilidad ($\alpha = 0.05$)
R1	36	26	10	27	9	0.1481	NS
R2	89	89	0	89	0	Fija	—
BC3F1	178	84	94	89	89	0.562	NS
BC3F2	154	124	30	115.5	38.5	2.502	NS
BC3F3	474	474	0	474	0	Fija	—

* El valor crítico de Chi-cuadrada con $\alpha = 0.05$ y un grado de libertad es 3.841.

cspB – Gen que codifica la proteína de choque de calor B (*cold shock protein B*) de *B. subtilis*.

NS – no significativo.

Estos resultados son consistentes con los datos de caracterización molecular que indicaban un sitio único de inserción y confirman que el segmento *cspB/nptII* dentro de MON 12345 se comporta bajo el patrón mendeliano de segregación esperado.

DIFERENCIAS EN VARIABILIDAD GENÉTICA Y FENOTÍPICA CON EL CULTIVO NO TRANSGÉNICO.

Se estableció una prueba de campo en 2006/2007 en Chile con tratamientos de riego óptimo y limitante. Chile fue seleccionado para este ensayo ya que los tratamientos de riego pueden ser controlados en esta localidad, debido a una predecible ausencia de lluvia. Los tratamientos de riego óptimo en esta prueba, requerían que la humedad del suelo se mantuviera por encima del 50% de la capacidad de campo a lo largo del ensayo, para evitar condiciones de estrés hídrico y resultara en un buen rendimiento de grano. El tratamiento de riego limitante se manejó de forma similar al tratamiento óptimo, excepto que la humedad del suelo se mantuvo por debajo del 50% de la capacidad de campo. Estas condiciones impusieron un estrés hídrico moderado desde la etapa de desarrollo vegetativo tardío, hasta la de llenado de grano (~V10 – R3: Fig.1), cuando el potencial de rendimiento del maíz es más sensible al estrés. Se realizó una evaluación comparativa de las características fenotípicas y agronómicas entre MON 12345 y un control de maíz convencional. Adicionalmente, se incluyeron 12 híbridos comerciales como referencia. A partir del análisis combinado de sitios de ensayo bajo riego óptimo en Chile, no se detectaron diferencias entre MON 12345 y el control convencional para ninguna de las 14 características fenotípicas y agronómicas evaluadas, las cuales fueron escogidas, las cuales son familiares a los fitomejoradores de maíz. Dentro del análisis combinado de sitios de ensayo bajo riego limitante en Chile, se detectó una sola diferencia significativa de las 14 evaluadas entre MON 12345 y el control. Tal como se esperaba, MON 12345 mostró un mayor rendimiento (o una menor reducción del rendimiento bajo estrés; con $p \leq 0.05$), que el control convencional (114.5 vs. 86.7 bushels/ acre, [7.2 vs. 5.4 Ton/ Ha]², respectivamente) en condiciones de riego limitante. La reducción en la pérdida del rendimiento (bajo estrés hídrico), es un atributo agronómico deseable y *per se*, no se considera que esté asociado

² N.T - Nota del Traductor

con un incremento en la invasividad del maíz o una alteración de la toxicidad del cultivo hacia otros organismos.

Los resultados de este ensayo confirman la predicción de equivalencia agronómica basados en la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre MON 12345 y el control, bajo condiciones de riego óptimo; y de una efectividad biológica vista como una ventaja en rendimiento de MON 12345 sobre el control, bajo condiciones de riego limitante. Como hipótesis, la ausencia de diferencias fenotípicas entre ambos materiales, se probó bajo dos condiciones de riego, limitado y óptimo. Dado que se detectó una diferencia en rendimiento bajo riego limitante, se formuló y probó una hipótesis más específica; es decir, se examinó si el carácter asociado a sequía, le confería o no un potencial mayor para formar una población persistente y/o autosuficiente en zonas fuera de los terrenos agrícolas. Para ello, se realizó un ensayo clásico de ‘capacidad de reemplazo’ en 4 localidades de los EEUU. Los valores de P fueron $<< 1$ ($P > \text{ó} = 1$ indica una población ecológicamente viable). Como resultado, este experimento mostró que las poblaciones de MON 12345 desarrolladas fuera del contexto agrícola, se extinguen rápidamente (datos más abajo; Tabla 10).

(*cf.* **Tablas 8, 9 y 10**)

DIFERENCIAS EN LAS MANERAS Y/O TASAS DE REPRODUCCIÓN COMPARADAS CON EL CULTIVO NO TRANSGÉNICO (e.g., datos disponibles sobre entrecruzamiento)

No se observaron diferencias ni en el modo ni en las tasas de reproducción. Tampoco en los días transcurridos para llegar al 50% de plantas emitiendo polen o con estigmas maduros (*cf.* Tablas III y IV). Las observaciones sobre crecimiento y morfología (fenología) mostraron que el modo de reproducción de MON 12345 no se alteró. Asimismo, todas las mediciones de morfología y viabilidad del polen estuvieron dentro de los intervalos reportados para maíz, demostrando que no existen diferencias con el maíz convencional (datos no mostrados).

Tabla 8. Ensayo Chile 2006-07: Comparación fenotípica y agronómica del evento MON 12345 vs. control, bajo condiciones de riego óptimo, resultante del análisis combinado de localidades en los ensayos de campo 2006-07 en Chile, bajo condiciones de riego óptimo y limitante.

TRATAMIENTO CON RIEGO ÓPTIMO

Característica fenotípica	Unidad	Promedio \pm EE		Rango de referencia ¹	
		MON 12345	Control	Mín.	Máx.
Vigor de plántulas	Escala 0-9 ²	4.9 \pm 0.20	4.7 \pm 0.17	4.3	6.0
Emergencia	No./ parcela	76.1 \pm 1.48	73.0 \pm 2.53	71.0	80.0
<i>t</i> al 50% de emisión de polen	Días	66.8 \pm 1.35	66.7 \pm 1.17	65.0	74.3
<i>t</i> al 50% de aparición de estigmas (<i>silking</i>)	Días	65.2 \pm 1.04	65.3 \pm 0.91	62.7	71.0
Prevalencia fotosintética (<i>Stay green</i>)	Escala 0-9 ³	2.4 \pm 0.50	2.9 \pm 0.65	1.0	6.7
Altura de mazorca	Pulg.	55.9 \pm 2.81	52.8 \pm 2.03	46.1	69.1
Altura de planta	Pulg.	101.1 \pm 3.18	99.0 \pm 2.13	94.4	116.4
Mazorcas caídas	No./ parcela	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0	0.0
Acame de tallo	No./ parcela	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0	0.0
Acame de raíz ⁴	No./ parcela	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0	0.0
Conteo final de plantas	No./ parcela	75.2 \pm 1.40	74.0 \pm 1.95	71.3	79.3
Humedad del grano	%	14.8 \pm 1.00	15.2 \pm 1.27	10.1	20.2
Peso específico de grano	lbs/ bu ⁵	56.4 \pm 0.64	55.8 \pm 0.84	54.0	61.2
Rendimiento calculado	bu/ ac ⁶	220.7 \pm 7.87	220.0 \pm 10.19	166.7	248.4

EE= Error Estándar

Nota: Sin diferencias estadísticas significativas entre MON 12345 y el control ($\alpha=0.05$).

¹ El rango de referencia se calculó a partir de los 3 sitios que exhibieron un efecto del tratamiento de riego entre los 12 híbridos de maíz de referencia.

² Escala de valoración de vigor de plántulas: 0 = muerta y 9 = mayor al vigor promedio.

³ Escala de valoración de Prevalencia fotosintética (*Stay green*): 0 = planta completamente seca y 9 = planta completamente verde.

⁴ No se hicieron comparaciones estadísticas debido a la invariabilidad de los datos. La prueba se consideró efectivamente indistinta respecto del control ya que los valores promedio del experimento y el testigo fueron idénticos.

⁵ 1 bushel (maíz/ EU) = 72,800 granos; 1 Kg equivale a 2.2046226 lb

⁶ Equivalencias: 1 Ton de maíz equivale a 39.3679 bushels; 1 Ha. equivale a 2.471054 acres (220 bu/ac ~ 14 Ton/ Ha)

Tabla 9. Ensayo Chile 2006-07: Comparación fenotípica y agronómica del evento MON 12345 contra control bajo condiciones de riego limitante, resultante del análisis combinado de localidades en los ensayos de campo 2006-07 en Chile, bajo condiciones de riego óptimo y limitante.

TRATAMIENTO CON RIEGO LIMITANTE (ESTRÉS HÍDRICO)

Característica fenotípica	Unidad	Promedio \pm EE		Rango de referencia ¹	
		MON 12345	Control	Mín.	Máx.
Vigor de plántulas	Escala 0-9 ²	5.0 \pm 0.29	4.8 \pm 0.22	4.0	6.0
Emergencia	No./ parcela	76.8 \pm 0.81	75.7 \pm 1.35	67.3	80.7
<i>t</i> al 50% de emisión de polen	Días	67.4 \pm 1.30	68.1 \pm 1.47	65.7	75.0
<i>t</i> al 50% de aparición de estigmas (<i>silking</i>)	Días	67.3 \pm 1.70	66.8 \pm 1.75	63.3	74.3
Prevalencia fotosintética (<i>Stay green</i>)	Escala 0-9 ³	4.3 \pm 0.78	4.7 \pm 0.80	1.0	7.0
Altura de mazorca	Pulg.	48.0 \pm 4.86	45.1 \pm 3.86	40.0	60.5
Altura de planta	Pulg.	83.9 \pm 5.94	78.1 \pm 5.44	64.9	96.8
Mazorcas caídas	No./ parcela	0.0 \pm 0.00	0.0 \pm 0.00	0.0	0.0
Acame de tallo	No./ parcela	0.0 \pm 0.00	0.0 \pm 0.00	0.0	0.0
Acame de raíz ⁴	No./ parcela	0.0 \pm 0.00	0.0 \pm 0.00	0.0	0.0
Conteo final de plantas	No./ parcela	76.7 \pm 0.91	75.1 \pm 1.23	71.3	80.7
Humedad del grano	%	19.5 \pm 2.53	21.3 \pm 3.29	9.6	25.5
Peso específico de grano	lbs/ bu ⁵	56.7 \pm 1.20	56.0 \pm 1.33	51.3	62.2
Rendimiento calculado	bu/ ac ⁶	114.5* \pm 16.04	86.7 \pm 14.17	56.4	167.6

EE= Error Estándar

* Indica una diferencia estadística entre las pruebas y el control a $p \leq 0.05$.

¹El rango de referencia se calculó a partir de los 3 sitios que exhibieron un efecto del tratamiento de riego entre los 12 híbridos de maíz de referencia.

²Escala de valoración de vigor de plántulas: 0 = muerta y 9 = mayor al vigor promedio.

³Escala de valoración de prevalencia fotosintética (*Stay green*): 0 = planta completamente seca y 9 = planta completamente verde.

⁴No se hicieron comparaciones estadísticas debido a la invariabilidad de los datos. La prueba se consideró efectivamente indistinta respecto del control ya que los valores promedio del experimento y el testigo fueron idénticos.

⁵1 bushel (maíz/ EU) = 72,800 granos; 1 Kg equivale a 2.2046226 lb

⁶Equivalencias: 1 Ton de maíz equivale a 39.3679 bushels; 1 Ha. equivale a 2.471054 acres (rendimiento MON12345: 7.2 y Control: 5.4 Ton/ Ha, respectivamente)

Tabla 10. Resultados del experimento de capacidad de reemplazo.

En 3 de 4 sitios no se produjeron plantas o semillas. En un sitio sí se generaron granos (basado en aprox. 100 semillas sembradas)

Sitio (EU)	Valor de R		Intervalo de Referencia	
	Prueba	Control	Mín.	Máx.
Illinois (IL)	0.0	0.0	0.0	0.0
Nebraska (NE)	0.0	0.0	0.0	0.0
Texas (TX)	0.0	0.0	0.0	0.0
Missouri (MO)	0.077	0.013	0.023	0.283

EXPRESIÓN DE NUEVAS PROTEÍNAS EN DIFERENTES TEJIDOS A LO LARGO DEL DESARROLLO.

Tabla 11. Niveles de expresión de la proteína CSPB en tejidos colectados de MON 12345 cultivado en Chile durante 2006/2007 bajo condiciones de riego óptimo y limitante

Tejido ¹	Riego ÓPTIMO		Riego LIMITANTE		LOQ / LOD ⁶ (µg/g pFt)
	Promedio (DE) ²	Promedio (DE)	Promedio (DE)	Promedio (DE)	
	Intervalo ³ (µg/g pFt) ⁴	Intervalo (µg/g pSt) ⁵	Intervalo (µg/g pFt)	Intervalo (µg/g pSt)	
OSL-1	0.50 (0.19) 0.28 - 0.80	2.8 (1.0) 1.7 - 4.5	0.50 (0.20) 0.26 - 0.80	2.8 (0.95) 1.7 - 4.2	0.015/ 0.0069
OSL-2	0.48 (0.18) 0.21 - 0.69	2.6 (1.2) 0.96 - 3.8	0.47 (0.15) 0.23 - 0.62	2.6 (1.0) 1.1 - 3.6	0.015/ 0.0069
OSL-3	0.13 (0.10) 0.023 - 0.33	0.56 (0.48) 0.10 - 1.5	0.11 (0.073) 0.023 - 0.25	0.45 (0.32) 0.086 - 1.1	0.015/ 0.0069
OSL-4	0.10 (0.041) 0.040 - 0.14	0.39 (0.13) 0.18 - 0.58	0.11 (0.054) 0.050 - 0.20	0.44 (0.17) 0.22 - 0.69	0.015/ 0.0069
OSR-1	0.13 (0.029) 0.079 - 0.18	1.3 (0.29) 0.79 - 1.8	0.14 (0.034) 0.10 - 0.20	1.5 (0.43) 0.95 - 2.2	0.0020/ 0.0018
OSR-2	0.086 (0.025) 0.070 - 0.13	0.86 (0.25) 0.70 - 1.4	0.10 (0.015) 0.082 - 0.12	0.82 (0.092) 0.74 - 0.95	0.0020/ 0.0018
OSR-3	0.061 (0.012) 0.035 - 0.075	0.49 (0.12) 0.27 - 0.62	0.054 (0.012) 0.036 - 0.076	0.41 (0.13) 0.24 - 0.63	0.0020/ 0.0018
OSR-4	0.045 (0.012) 0.032 - 0.067	0.31 (0.076) 0.22 - 0.45	0.058 (0.016) 0.036 - 0.084	0.40 (0.087) 0.28 - 0.52	0.0020/ 0.0018
OSWP-1	0.32 (0.11) 0.18 - 0.52	3.2 (0.98) 1.8 - 4.8	0.30 (0.092) 0.20 - 0.42	2.9 (0.84) 1.8 - 3.8	0.0045/ 0.0043
OSWP-2	0.19 (0.036) 0.12 - 0.24	2.3 (0.54) 1.4 - 3.0	0.18 (0.046) 0.12 - 0.25	2.2 (0.61) 1.4 - 3.1	0.0045/ 0.0043
OSWP-3	0.10 (0.042) 0.065 - 0.17	0.89 (0.34) 0.59 - 1.4	0.091 (0.032) 0.067 - 0.15	0.71 (0.25) 0.44 - 1.1	0.0045/ 0.0043
OSWP-4	0.11 (0.026) 0.076 - 0.17	0.67 (0.16) 0.48 - 0.98	0.13 (0.037) 0.10 - 0.20	0.70 (0.16) 0.55 - 1.0	0.0045/ 0.0043
Forraje	0.026 (0.0041) 0.018 - 0.034	0.11 (0.018) 0.077 - 0.14	0.035 (0.0078) 0.022 - 0.047	0.15 (0.040) 0.087 - 0.22	0.0045/ 0.0043
Estigmas F	0.073 (0.019) 0.050 - 0.12	0.82 (0.28) 0.50 - 1.5	0.13 (0.048) 0.054 - 0.22	1.1 (0.38) 0.49 - 1.8	0.0075/ 0.0047
Polen M	18 (5.6) 7.0 - 24	25 (7.4) 8.9 - 33	18 (6.5) 12 - 31	27 (10) 18 - 48	0.050/ 0.045
Grano	0.041 (0.012) 0.028 - 0.065	0.048 (0.014) 0.033 - 0.075	0.033 (0.0067) 0.021 - 0.045	0.038 (0.0079) 0.024 - 0.053	0.0038/ 0.0017

Notas - Tabla 11.

¹Se colectaron muestras a lo largo del desarrollo del cultivo de tejido foliar (OSL), de raíz (OSR) y de plantas completas (OSWP), en cuatro ocasiones (1-4), correspondientes a las etapas de desarrollo vegetativo V2-V4, V6-V8, V10-V12, y pre-VT (previo a floración masculina), respectivamente.

²La media aritmética y la desviación estándar (DE), se calcularon para cada tipo de tejido considerando todos los sitios (n=9 para riego óptimo y n=9 para riego limitante, excepto OSR-2, donde n=6 para ambas condiciones de riego y para raíz senescente donde n=6 para riego óptimo).

³Los valores mínimos y máximos para cada tipo de tejido se determinaron considerando todos los sitios.

⁴Los niveles de proteína se expresan como microgramos (µg) de proteína por gramo (g) de tejido en base a peso fresco (pFt).

⁵Los niveles de proteína se expresan como "µg/g" de tejido en base a peso seco (pSt). Los valores de peso seco se calcularon a partir del peso fresco, ajustado con factores de conversión obtenidos del análisis de los datos de % de humedad.

⁶ LOQ: *Limit of Quantification* (límite de cuantificación); LOD: *Limit of Detection* (límite de detección).

Tabla 12. Niveles de expresión de la proteína NPTII en tejidos colectados de MON 12345 cultivados en Chile durante 2006/2007 bajo condiciones de riego óptimo y limitante

Tejido ¹	RIEGO ÓPTIMO		RIEGO LIMITANTE		LOQ / LOD (µg/g pFt)
	Promedio(DE) ² Intervalo ³ (µg/g pFt) ⁴	Promedio (DE) Intervalo (µg/g pSt) ⁵	Promedio (DE) Intervalo (µg/g pFt)	Promedio (DE) Intervalo (µg/g pSt)	
	OSL-1	0.42 (0.23) 0.15 - 0.85	2.4 (1.3) 0.84 - 5.0	0.46 (0.18) 0.16 - 0.68	
OSR-1	0.051 (0.0083) 0.041 - 0.064	0.51 (0.083) 0.41 - 0.64	0.046 (0.0075) 0.035 - 0.057	0.48 (0.097) 0.39 - 0.64	0.0075/ 0.0043
Forraje	0.037 (0.0041) 0.031 - 0.044	0.16 (0.020) 0.13 - 0.19	0.039 (0.0048) 0.034 - 0.048	0.17 (0.028) 0.14 - 0.22	0.0056/ 0.0024
Grano	<LOQ(N/A) ⁶ <LOD-0.0057	N/A (N/A)	<LOQ (N/A) <LOD-0.0051	N/A (N/A) N/A	0.0047/ 0.0024

¹Se colectaron muestras de tejido foliar (OSL-1) y de raíz (OSR-1), en la etapa de desarrollo V2-V4.

²La media aritmética y la desviación estándar (DE), se calcularon para los tipos de tejido indicados, considerando todos los sitios (n=9 bajo riego óptimo y n=9 para riego limitante, excepto OSL-1, donde n=8 para riego limitado).

³Los valores mínimos y máximos para cada tipo de tejido se determinaron considerando todos los sitios.

⁴Los niveles de proteína se expresan como microgramos (µg) de proteína por gramo (g) de tejido en base a peso fresco (pFt).

⁵ Los niveles de proteína se expresan como “µg/g” de tejido en base a peso seco (pSt). Los valores de peso seco se calcularon a partir del peso fresco, ajustado con factores de conversión obtenidos del análisis de los datos de % de humedad.

⁶ N/A: No aplicable; no se calcularon valores de peso seco si los correspondientes al peso fresco fueron menores a los de LOQ: *Limit of Quantification* (límite de cuantificación) o del LOD: *Limit of Detection* (límite de detección)

DIFERENCIAS EN CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS COMPARADAS AL CULTIVO NO TRANSGÉNICO.

Revise la información a este respecto, presentada en el inciso correspondiente a las Tablas III y IV: No se observaron diferencias en características agronómicas bajo condiciones de riego óptimo ó limitante.

DIFERENCIAS EN SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES O PLAGAS COMPARADAS AL CULTIVO NO TRANSGÉNICO.

El estudio de interacciones ecológicas, incluyendo las evaluaciones de susceptibilidad a plagas y enfermedades, se llevaron a cabo como parte de la caracterización de MON 12345. Estos datos se utilizaron para corroborar la hipótesis de la ‘equivalencia’ y para evaluar los posibles de cambios no intencionales que pudieran generar un potencial en MON 12345 como causante de daños, en comparación con el testigo de maíz convencional. De manera estratégica, se incluyeron en este análisis otros materiales como referencia, es decir, varios híbridos de maíz convencional que permitieron establecer el rango de variación natural para cada característica. La evaluación de interacciones ecológicas, incluyó datos recabados de los estudios fenotípicos (interacciones planta-insecto, planta-patógeno y planta-ambiente), y otros estudios sobre la tolerancia a estrés abiótico, potencial del cultivo para generar plantas voluntarias, y supervivencia fuera de cultivo. Varias características fenotípicas y agronómicas de MON 12345 fueron evaluadas en otros ensayos bianuales; observaciones sobre la presencia y la respuesta diferencial a factores de estrés biótico (insectos, enfermedades) y abióticos (e.g., sequía, viento, deficiencias nutricionales), también

fueron recopiladas para examinar las interacciones ecológicas de MON 12345 comparadas con aquéllas de el control de maíz convencional. Los factores de estrés ocurrieron naturalmente (i.e., no se utilizaron infestaciones o interferencias artificiales). Por tanto, la ocurrencia de tales factores no fue necesariamente idéntica en cada localidad. Las interacciones ecológicas en estos ensayos fueron evaluadas de manera cualitativa en todos los sitios y, para el caso de interacciones con insectos, de manera cuantitativa en sitios seleccionados. Se recabaron datos de observaciones de las interacciones entre plantas e insectos-plaga (I-P), enfermedades (E-P), así como de respuestas a factores abióticos estresantes (Faβ-P), en todos los sitios de ensayo en 2006 y 2007. El propósito de tales mediciones, fue evaluar la respuesta de MON 12345 comparado con el control. Los valores reportados de tales interacciones (I-P, E-P y Faβ-P), representan el intervalo de calificaciones obtenidas a través de 3-4 repeticiones en cada sitio. Se consideraba que MON 12345 y el control de maíz convencional serían diferentes cualitativamente, si sus respectivas calificaciones a la respuesta ante factores estresantes, no se traslapaban en el conjunto de las mediciones de todos los sitios para un factor particular (e.g., calificación ‘ninguno’ vs. calificación ‘ligeramente moderado’). Las calificaciones observadas en los híbridos de maíz comerciales, brindan un intervalo de datos cualitativos (de referencia), que es común al cultivo, ante algún factor estresante dado.

La evaluación de los resultados de las interacciones ecológicas muestra que el atributo de ‘tolerancia a sequía’ no altera de forma inesperada a MON 12345 comparado con el maíz convencional. La ausencia de diferencias en las respuestas de las plantas al estrés abiótico (excluyendo el estrés hídrico), daños por enfermedades, daños por artrópodos, y abundancia de insectos benéficos y plagas, indican además que la introducción del atributo ‘tolerancia a sequía’, se halla lejos de ser biológicamente significativo, en el sentido de un incremento en el potencial de convertirse una plaga agrícola. Finalmente, la abundancia de insectos (plagas o benéficos), indica que no hay un impacto en organismos no-blanco.

IMPACTO POTENCIAL EN ORGANISMO NO-BLANCO EN EL AMBIENTE RECEPTOR:

Las proteínas CSPB y NPTII están bien caracterizadas como productos no-tóxicos que se encuentran ubicuas en microorganismos del suelo. Adicionalmente, se utilizaron datos fenotípicos y de composición de acuerdo al *Codex* para demostrar la ausencia de cambios no intencionados que fueran relevantes a la evaluación de inocuidad. La ausencia de detección de efectos no intencionales corrobora la hipótesis de que MON 12345 no es tóxico para animales y microorganismos expuestos a los niveles encontrados en campo.

DISPONIBILIDAD GENÉRICA DE DATOS SOBRE EXPOSICIÓN (e.g., flujo de polen, difusión de proteínas, etc.).

Comparado con el maíz convencional, MON 12345 no muestra ninguna alteración en la morfología del polen, su viabilidad, movimiento o difusión, o de otros factores que afectan su exposición ambiental comparado con el maíz convencional.

REFERENCIAS SOBRE OTRAS EVALUACIONES DE RIESGO LLEVADAS A CABO EN OTROS PAÍSES.

El producto está actualmente bajo revisión en diversos países, incluyendo México, Canadá, Japón, Corea y Australia; en los Estados Unidos fue aprobado por FDA en diciembre de 2010.