



PHI MÉXICO SA DE CV DOW AGROSCIENCES DE MEXICO SA DE CV

Reporte final de la Liberación Experimental al Ambiente de Maíz Genéticamente Modificado con el Evento

MON-00603-6

Permiso de liberación al ambiente

B00.04.03.02.01.1531

Solicitud 48_2010

Para las localidades de Rio Bravo y Díaz Ordaz en el Estado de Tamaulipas

Para la Tolerancia a herbicidas conteniendo el ingrediente activo glifosato

Septiembre de 2011

TABLA DE CONTENIDO

REPORTE DE RESULTADOS CONFORME A LO DISPUESTO EN EL ARTÍCULO 18 DEL RLBOGM PARA EL EVENTO MON-00603-6 DEL PERMISO DE LIBERACIÓN AL AMBIENTE B00.04.03.02.01.1531 CORRESPONDIENTE A LA SOLICITUD 048/2009 PARA EL ESTADO DE TAMAULIPAS4
I. LINEAMIENTOS DEL PROTOCOLO PROPUESTO PARA LA LIBERACIÓN EXPERIMENTAL O EN PROGRAMA PILOTO4
II. CAMBIOS FENOTÍPICOS DEL OGM RESPECTO A SU ADAPTACIÓN AL ÁREA DE LIBERACIÓN4
III. EFECTOS DE LOS GENES DE SELECCIÓN Y POSIBLES EFECTOS SOBRE LA BIODIVERSIDAD5
IV. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y METABÓLICA DE TODOS LOS PRODUCTOS DEL GEN NOVEDOSO CON RELACIÓN A SU ACTIVIDAD PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN O SUBPRODUCTOS, PRODUCTOS SECUNDARIOS Y RUTAS METABÓLICAS
V. CAMBIOS EN LA CAPACIDAD COMPETITIVA DEL OGM EN COMPARACIÓN CON LA CONTRAPARTE NO MODIFICADA, INCLUYENDO SUPERVIVENCIA Y REPRODUCCIÓN, PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS REPRODUCTORAS, PERIODOS DE LATENCIA Y DURACIÓN DEL CICLO DE VIDA
VI. POSIBLES EFECTOS AL AMBIENTE Y A LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA POR LA LIBERACIÓN DEL OGM, INCLUYENDO, EL PROTOCOLO UTILIZADO PARA ESTABLECER ESTOS POSIBLES EFECTOS
VII. EFECTOS DE LAS PRÁCTICAS DE USO Y APROVECHAMIENTO8
VIII. EN SU CASO, REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS DATOS PRESENTADOS9
REPORTE DEL PERMISO B00.04.03.02.01.1531 PARA EVALUAR EL EVENTO MON-00603-6 EN TAMAULIPAS EN FORMATO DE ARTICULO CIENTIFICO 10
INTRODUCCIÓN10
MATERIALES Y METODOS11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN17
CONCLUSIONES
BENEFICIOS POTENCIALES DEL MAIZ GENETICAMENTE MODIFICADO CON
TOLERANCIA AL GLIFOSATO

DISPERSION Y CALIDAD DE POLEN EN MAIZ CONVENCIONAL Y
GENETICAMENTE MODIFICADO EN LA LOCALIDAD DE DIAZ ORDAZ,
TAMAULIPAS35
OBJETIVOS36
MATERIALES Y MÉTODOS36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN
CONCLUSIONES42
LITERATURA CITADA43
ANEXO 1. ANALISIS DE SUELO DE LAS LOCALIDADES DE RIO BRAVO Y DIAZ
ORDAZ45
ANEXO 2. PRACTICAS AGRONOMICAS EN EL MAIZ GM Y SU ISOHIBRIDO
PARA LAS LOCALIDADES DE RIO BRAVO Y DIAZ ORDAZ, TAMAULIPAS46
ANEXO 3. REPORTE GENERAL DE ACTIVIDADES DE SIEMBRA EXPERIMENTAL DE MAÍZ GENÉTICAMENTE MODIFICADO
CORRESPONDIENTE AL PERMISO DE LIBERACIÓN B00.04.03.02.011531;
SOLICITUD 048_2010, EVENTO MON-00603-6 EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS
ANEXO 4. CUMPLIMIENTO DE MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD Y
CONDICIONANTES94
ANEXO 5. REPORTE DE CUSTODIA Y DESTRUCCION DE SEMILLA DESTINADA
A LABORATORIO FITOSANITARIO114

REPORTE DE RESULTADOS CONFORME A LO DISPUESTO EN EL ARTÍCULO 18 DEL RLBOGM PARA EL EVENTO MON-00603-6 DEL PERMISO DE LIBERACIÓN AL AMBIENTE B00.04.03.02.01.1531 CORRESPONDIENTE A LA SOLICITUD 048/2009 PARA EL ESTADO DE TAMAULIPAS.

I. Lineamientos del protocolo propuesto para la liberación experimental o en programa piloto

Los lineamientos de los protocolos para esta segunda fase de experimentación se encuentran a partir de la página 11 de este reporte de resultados en el siguiente orden:

Los lineamientos del protocolo de equivalencia agronómica se encuentran a partir de la página 13

Los lineamientos del protocolo de eficacia biológica se encuentran a partir de la página 13 de este reporte

II. Cambios fenotípicos del OGM respecto a su adaptación al área de liberación

El estudio sobre los posibles cambios fenotípicos del OGM en el área de liberación se llevó a cabo a través del protocolo de equivalencia agronómica. Los resultados del primer ciclo de evaluación muestran que no se observaron cambios estadísticamente significativos en cuanto al fenotipo al realizar la comparación entre el maíz genéticamente modificado y su contraparte convencional. Los resultados derivados de este protocolo se encuentran en el capítulo I, página 3 del reporte correspondiente al permiso B00.04.03.02.01.8943 de la solicitud 009/2009.

En este segundo ciclo de evaluación los resultados fueron ratificados al demostrarse nuevamente que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el maíz genéticamente modificado y su isohíbrido con lo que se confirma que agronómicamente son equivalentes. Los resultados de este segundo ciclo se encuentran a partir de la página 28 de este reporte.

III. Efectos de los genes de selección y posibles efectos sobre la biodiversidad

El segmento de ADN usado para la transformación de maíz es un segmento purificado que <u>no</u> contiene el gen marcador *nptII*. El ADN introducido contiene el gen de interés para tolerancia a herbicida (*cp4 epsps*), este mismo gen se utilizó como gen de selección.

Por pruebas extensivas y la experiencia de su comercialización en Estados Unidos, no hay indicación de que el evento MON-00603-6 comparado con maíz convencional, tenga algún efecto negativo en la biodiversidad. El potencial de daño ha sido evaluado considerando posibles efectos intencionales así como no intencionales de la modificación genética. Varios estudios han demostrado que la proteína CP4 EPSPS solo confiere la tolerancia al glifosato y es segura para el consumo animal y humano. Adicionalmente la equivalencia agronómica ha sido demostrada como se muestra en el capítulo I, página 3 del reporte de resultados correspondiente al permiso B00.04.03.02.01.8943 de la solicitud 009/2009. En dicho estudio se observa que los maíces con el evento se comportan agronómicamente igual que su contraparte convencional excepto por la tolerancia a glifosato, por lo que no hay alteraciones en el fenotipo que pudieran afectar a la biodiversidad.

En este segundo ciclo de evaluación se confirmo nuevamente que el maíz genéticamente modificado es agronómicamente equivalente a su isohíbrido convencional como se demuestra a partir de la página 28.

Así mismo se realizaron estudios de calidad y dispersión de polen para observar la distancia hasta la que el polen puede llegar y todavía ser viable, esto debido a la preocupación de las autoridades Mexicanas de que pueda presentarse introgresión de transgenes a maíces convencionales.

IV. Caracterización bioquímica y metabólica de todos los productos del gen novedoso con relación a su actividad, productos de degradación o subproductos, productos secundarios y rutas metabólicas

Una ruta metabólica es una serie de reacciones químicas que ocurren dentro de una célula catalizadas por enzimas, para formar un producto metabólico cuyo objetivo puede ser su utilización o almacenamiento en la célula, o la iniciación de otra ruta metabólica. Muchas de estas rutas son elaboradas e involucran una modificación paso a paso de la sustancia inicial para darle la forma del producto con la estructura química deseada. La ruta metabólica consta de un principio, una parte intermedia, y una final, donde se necesitan sustratos y enzimas para obtener un producto metabólico.

Los análisis de expresión de proteínas realizado en varios estudios han demostrado que la única nueva proteína producida por la modificación con el evento MON-00603-6 es CP4 EPSPS y la variante más cercana CP4 EPSPS L214P la cual difiere de CP4 EPSPS por un aminoácido

El gen que codifica a la proteína CP4 EPSPS ha sido completamente secuenciada y codifica una proteína de 47.6 kDa consistente en un único polipéptido de 455 aminoácidos. A nivel de aminoácidos, esta enzima es similar a otras proteínas CP4 EPSPS en esta familia de proteínas con una función común en plantas y microorganismos. La similaridad de la proteína CP4 EPSPS a otras proteínas EPSPS naturalmente presentes en una gran variedad de alimentos derivados de plantas y microbios muestran evidencia de la seguridad de esta proteína.

En estudios realizados en Estados Unidos sobre comparación nutrimental entre maíces con el evento MON-00603-6 y su contraparte convencional demuestran que no hay diferencias significativas entre estos. Pequeñas diferencias no fueron consideradas siendo que los niveles cayeron dentro de los rangos normales publicados para variedades de maíz comerciales. Los estudios demuestran que al no haber alteración en la composición nutrimental no hay alteraciones en las rutas metabólicas de las plantas con el evento MON-00603-6

Referencias

Barry, G., Kishore, G., Padgette, S., Taylor, M., Kolacz, K., Weldon, M., Re, D., Eichholtz, D., Fincher, K. and Hallas, L. (1992). Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants, pp 139-145. In Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants, Singh et al. (eds), American Society of Plant Physiologists.

Watson, S.A., (1987). Structure and Composition, pp. 53-82. In Corn: Chemistry and Technology. S.A. Watson and P.E. Ramstad, (Eds.), American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.

Center for environmental risk assessment. International Life Sciences Institute (ILSI). Research Foundation. http://cera-gmc.org/docs/decdocs/02-269-007.pdf http://cera-gmc.org/docs/decdocs/02-269-007.pdf

V. Cambios en la capacidad competitiva del OGM en comparación con la contraparte no modificada, incluyendo supervivencia y reproducción, producción de estructuras reproductoras, periodos de latencia y duración del ciclo de vida

No se observaron cambios estadísticamente significativos cuando se realizó la comparación agronómica entre el maíz genéticamente modificado y su contraparte convencional. Los resultados del protocolo de equivalencia agronómica entre el maíz genéticamente modificado y su contraparte convencional se encuentran en el capítulo I, página 3 del reporte de resultados correspondiente al permiso B00.04.03.02.01.8943 de la solicitud 009/2009.

En este segundo ciclo de evaluación los resultados fueron ratificados al demostrarse nuevamente que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el maíz genéticamente modificado y su isohíbrido convencional, con lo que se confirma que

agronómicamente son equivalentes. Los resultados de este segundo ciclo se encuentran a partir de la página 28 de este reporte.

VI. Posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica por la liberación del OGM, incluyendo, el protocolo utilizado para establecer estos posibles efectos



Datos generados para el registro de herbicidas conteniendo glifosato y casi 30 años de experiencia con este demuestran que este herbicida no ha causado daños irracionalmente adversos en humanos, mamíferos y otros organismos no blanco bajo condiciones de uso normal. Adicionalmente los datos demuestran que con el uso de estos herbicidas en maíz, no se espera que causen daños irracionalmente adversos al medio ambiente.

VII. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento

En términos de la relación Beneficio-costo, durante esta etapa experimental de liberación, estos no pueden ser estimados debido a que se necesita tener un comparativo más real en cuanto a producción agrícola se refiere, por lo cual se sugiere que esta evaluación se realice en una etapa piloto. Sin embargo, se pueden observar beneficios potenciales con el

Se elimina el secreto industrial por tratarse de información confidencial, de conformidad con el artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública y 113 fracción II y último párrafo de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la información Pública. uso de la tecnología los cuales se mencionan en las conclusiones y beneficios potenciales a partir de la página 32.

VIII. En su caso, referencia bibliográfica sobre los datos presentados.

Referencias

Barry, G., Kishore, G., Padgette, S., Taylor, M., Kolacz, K., Weldon, M., Re, D., Eichholtz, D., Fincher, K. and Hallas, L. (1992). Inhibitors of amino acid biosynthesis: strategies for imparting glyphosate tolerance to crop plants, pp 139-145. In Biosynthesis and Molecular Regulation of Amino Acids in Plants, Singh et al. (eds), American Society of Plant Physiologists.

Center for environmental risk assessment. International Life Sciences Institute (ILSI). Research Foundation. http://cera-gmc.org/docs/decdocs/02-269-007.pdf http://cera-gmc.org/docs/decdocs/02-269-007.pdf

Watson, S.A., (1987). Structure and Composition, pp. 53-82. In Corn: Chemistry and Technology. S.A. Watson and P.E. Ramstad, (Eds.), American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.

REPORTE DEL PERMISO B00.04.03.02.01.1531 PARA EVALUAR EL EVENTO MON-00603-6 EN TAMAULIPAS EN FORMATO DE ARTICULO CIENTIFICO

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Reporte Final 2011

INTRODUCCIÓN

Pioneer de México recibió de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria Acuícola y Pesquera el permiso B00.04.03.02.01.1531 para sembrar maíz genéticamente modificado MON-00603-6 en etapa experimental en un segundo ciclo para el estado de Tamaulipas. El permiso establece requisitos de seguridad fitosanitaria, ecológicos y de salud que deben cumplirse previo al uso comercial de maíz genéticamente modificado en México. La efectividad biológica y la equivalencia agronómica son dos de las características de los materiales transgénicos que deben evaluarse en las siembras experimentales para cumplir con los requisitos establecidos en el permiso.

Este documento describe los resultados de las evaluaciones realizadas en las parcelas experimentales sembradas del 12-14 de marzo del 2011 en Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamaulipas con el maíz genéticamente modificado MON-00603-6 conforme al protocolo autorizado por la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria Acuícola y Pesquera.

Si bien se ha discutido en muchos foros sobre los posibles riesgos del cultivo de maíz genéticamente modificado en México y se ha solicitado información de sus efectos en el medio ambiente, la diversidad biológica y la salud animal y humana, es necesario evaluar, mediante un análisis imparcial y objetivo los beneficios que podría presentar el cultivo del maíz genéticamente modificado en nuestro país.

Por lo anterior, es fundamental proceder a la experimentación de campo en donde se evalúen los beneficios potenciales de los híbridos de maíz genéticamente modificado para el medio ambiente, el agricultor y la calidad de la cosecha.

El evento MON-00603-6 se ha desarrollado a través del uso de técnicas de DNA recombinante, que integra el gen cp4 epsps de *Agrobacterium* sp. cepa CP4. La enzima

CP4 EPSPS que expresa el maíz MON-00603-6 presenta afinidad reducida al Glifosato cuando se compara a la enzima nativa del maíz. Las plantas de maíz que expresan la enzima CP4 EPSPS son tolerantes a aplicaciones del herbicida Glifosato.

Los objetivos de esta investigación en la etapa de experimentación, fueron: a) Evaluar la eficacia biológica del evento MON-00603-6 con la aplicación de Glifosato, en híbridos adaptados a las condiciones de Rio Bravo y Díaz Ordaz Tamaulipas y b) Generar datos e información que nos permita estimar si la modificación genética del evento MON-00603-6 ha alterado la equivalencia agronómica, en comparación con su control no modificado (isohíbrido).

MATERIALES Y METODOS

Localización y características de las parcelas. El presente experimento se llevo a cabo en los Municipios de Díaz Ordaz y Río Bravo del Estado de Tamaulipas. Los Municipios se localizan en el norte del estado aledaños al Río Bravo, a una altura de 30 y 40 msnm respectivamente. El lote de Díaz Ordaz se ubico y el de Rio Bravo Las características físicas y químicas del suelo de las localidades de Díaz Ordaz y Río Bravo se encuentran en el anexo correspondiente.

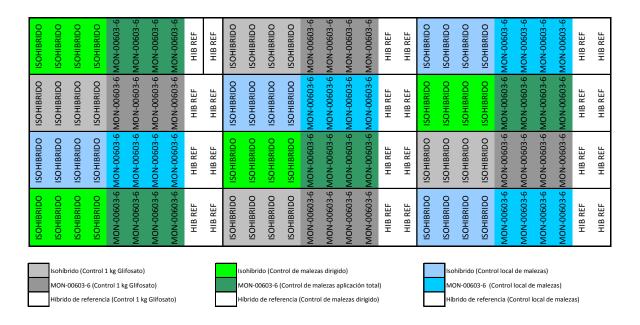
Los lotes seleccionados para los experimentos se encontraban aislados a una distancia de al menos 600 m de otros lotes en los que se sembraba el mismo cultivo para evitar cualquier tipo de cruzamiento en ambos sentidos; así mismo, las fechas de siembra mencionadas anteriormente, se realizaron al menos dos semanas posteriores a los lotes del resto de la región para evitar coincidencia en la polinización del maíz transgénico con el de la región. El área experimental que ocupó un total de 713 m² fue rodeada con la siembra simultánea de 4 surcos con el maíz híbrido de referencia y delimitada por una cerca electrificada de 4 hilos que se mantuvo bajo vigilancia durante las 24 horas del día, hasta la conclusión de las evaluaciones.

El manejo agronómico del cultivo durante el desarrollo del experimento se hizo en base a las prácticas agronómicas de la región norte del estado de Tamaulipas.

Se elimina nombre por tratarse de dato personal, de conformidad con el artículo 116 de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública, el artículo 113 fracción 1, de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la información Pública y el numeral Trigésimo octavo fracción I, de los Lineamientos generales en materia de clasificación y desclasificación de información, así como para la elaboración de versiones públicas. Material Genético. Para el desarrollo de la presente investigación se utilizo el híbrido de maíz genéticamente modificado MON-00603-6 que posee la enzima CP4 EPSPS que le confiere tolerancia a Glifosato, proporcionado por la compañía PHI México S.A. DE CV. Se utilizaron como testigos, un híbrido convencional (isohíbrido), desarrollado mediante mejoramiento genético pero sin contener la enzima CP4 EPSPS y un híbrido de referencia, de uso en la región, que se utilizo en bordos, y para separarlo de los tratamientos y repeticiones. El manejo agronómico del cultivo durante el desarrollo del experimento se realizó en base a las prácticas agronómicas de la región norte del estado de Tamaulipas.

Diseño Experimental. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con 4 repeticiones para cada tratamiento. Se conto con 9 tratamientos. Las dimensiones de la unidad experimental fue de 10 surcos por 5 m de largo con una distancia entre surco de 0.8 m. En la Figura 1, se puede observar la distribución de los tratamientos en el ensayo.

Figura 1. Croquis de la parcela MON-00603-6 en la que se señalas los materiales sembrados y tratamientos aplicados, Tamaulipas, 2011.



Efectividad Biológica de la tolerancia a Glifosato. Los parámetros que se evaluaron para medir la efectividad biológica de evento MON-00603-6 fueron los siguientes: son:

- % clorosis 10 días después de aplicado el tratamiento (DDAT).
- % malformación (10 DDAT).
- % reducción visual de crecimiento (10 DDAT).
- Altura de planta (10 DDAT).
- Malezas presentes en el ensayo (0 DDAT).
- Altura de planta y mazorca (al final de madurez fisiológica).
- Acame final
- Rendimiento ajustado al 14%.

Para evaluar las diferentes variables de usaron las siguientes escalas; para Porcentaje de Clorosis y Porcentaje de Malformación se utilizaron los valores de 0% para plantas sin síntomas de aplicación de Glifosato y de 100% para plantas con síntomas claros de daño con Glñifosato; la Reducción Visual de Crecimiento en Porcentaje se realizó comparando con su parcela apareada expresada en valores de porcentaje, donde el 100% representa una planta que dejo de crecer y el 0% es una planta que continuo su crecimiento de formas normal.. Para determinar las malezas presentes en se realizó un levantamiento con un marco de 0.25 m² lanzado 25 veces en el lote y después, durante el ciclo, se realizaron colectas de especies presentes en el lote, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Malezas de la UAAAN en prensa botánica para su identificación. La densidad de malezas por tratamiento y las especies dominantes se obtuvieron de conteos en los tratamientos en diferentes fechas. La Altura de Planta y Mazorca se tomaron utilizando un estadal. La variable Acame se evaluó con la escala visual de García, *et.al.*, (2001) (5 = planta con 0° de inclinación hasta 1 = planta con >60° – 90° de inclinación).

Equivalencia Agronómica. Se evaluó en la parcela y se tomaron los siguientes parámetros:

 Vigor de plántula (VP). Cuando el maíz alcanzó en promedio la etapa de desarrollo V1-V2 y antes de ralear o realizar la primera labor de cultivo, se determinó la cantidad de plántulas emergidas por parcela.

- Emergencia (EM). Cuando el maíz alcanzó la etapa de desarrollo promedio de V2-V4, se determinó la cantidad de plántulas emergidas por parcela. Este número se determinó antes del raleo y la primera labor de cultivo.
- 3. Días a floración masculina y femenina. Se determinó la fecha en que el 50% de las plantas de la parcela presentaron estigmas de 2 cm de largo y la fecha en que el 50% de las espigas de las plantas se encontraban liberando polen.
- 4. Stay green (SG). El stay green se determinó cuando el 50% de las plantas alcanzaron la etapa de desarrollo R6 (madurez fisiológica). Una escala del 1-9 se utilizó, en donde, 1 es el valor más bajo y 9 es el valor más alto.
- 5. Altura de mazorca. La altura de mazorca se determinó desde la superficie del suelo a la base del nudo donde se encuentra unida la mazorca. Se cuantificó cuando el 50% de las plantas alcanzaron la etapa de desarrollo R2, cuantificando la altura de la mazorca en 5 plantas representativas de cada parcela.
- 6. Altura de planta (AP). La altura de las plantas se determinó desde la superficie del surco hasta la lígula de la hoja bandera. Se cuantificó cuando el 50% de las plantas alcanzaron la etapa de desarrollo R2, cuantificando la altura de 5 plantas representativas de cada parcela.
- 7. Mazorcas caídas (MC). Previo a la cosecha se cuantificó el número de mazorcas caídas por parcela. Las mazorcas caídas fueron aquellas que se encontraron en el suelo completamente desprendidas de la planta.
- 8. Acame de tallo (AT). Previo a la cosecha se cuantificó el número de plantas por parcela quebradas por debajo de la mazorca. Los tallos quebrados por arriba de la mazorca principal no se incluyeron dentro de estos datos.
- 9. Acame de raíz. Previo a la cosecha, se cuantificó el número de plantas con acame de raíz por parcela (excluyendo tallos quebrados). Se consideraron plantas con acame de raíz aquellas que presentaban una inclinación mayor de 30º respecto de la vertical

- 10. Conteo final de plantas. Previo a la cosecha se determinó el número de plantas por parcela, incluyendo las plantas con acame de raíz o tallo.
- 11. Peso de la parcela. La cosecha se realizo los días 11 al 14 de julio del 2011; la actividad se realizo de forma manual. Las mazorcas de cada material y parcela se contaron y desgranaron en una desgranadora marca Azteca Modelo 1.5 con un motor de 5.5 hp, el grano fue pesado en una balanza granataria Modelo ECO-B-30,.
- 12. Humedad del grano. la humedad del grano por parcela y material, se determinó con un medidor marca John Deere SW 08120.

13. Enfermedades.

- a. Pudrición del tallo. El día de la cosecha se evaluaron 5 plantas de los surcos centrales de DAS-01507-1 y 5 de su Isohíbrido en cada una de las parcelas. El tallo de cada planta se cortó longitudinalmente y se determinó si existía pudrición del tallo y la severidad de la misma, utilizando una escala de 1 a 9 en donde 1-2 daño severo, 3-5 daño moderado, de 6-8 ligero y 9 sin síntoma.
- b. Pudrición de mazorca y granos. Al momento de la cosecha se determinó la incidencia de pudrición de la mazorca y granos en 5 mazorcas (una por planta) representativas de la parcela. El grano de estas mazorcas fue incluido en el peso de la parcela. La evaluación del daño se hizo con una escala de 1-9, en donde 9 significa ningún síntoma, 6-8, síntomas ligeros; 3-5 moderado y 1-2, severo.
- 14. Rendimiento. Se evaluó el porcentaje de humedad del grano y el peso del grano como se describe en el numeral 11 y 12. El rendimiento por parcela se calculo por medio de la siguiente fórmula: Rendimiento (ton/ha) = (((100-%Hum)/86) x Peso de Campo)/L x W x N x 0.1; donde:

Rendimiento = Rendimiento de grano Total ajustado a ton/ha al 14% de humedad

(%) Hum = Porcentaje de humedad en la muestra de grano

Peso de Campo = Rendimiento de grano total (kg por parcela)

L = Longitud de la parcela en metros

W = Distancia entre surcos en metros

N = Número de surcos por parcela.

Cosecha

La cosecha se realizo los días 11 al 14 de julio del año en curso, la actividad se realizo de forma manual. Las mazorcas de cada material y parcela se contaron y desgranaron en una desgranadora marca Azteca Modelo 1.5 con un motor de 5.5 hp, el grano fue pesado en una balanza granataria Modelo ECO-B-30, la humedad del grano por parcela y material, se determinó con un medidor marca John Deere SW 08120.

Posterior a la cosecha todo el grano y residuos vegetales fueron destruidos con un molino y todo el material resultante fue incorporado al suelo por medio de una rastra.



Cosecha.

Postcosecha.

Durante 30 días posteriores a la finalización del experimento, el lote fue inspeccionado para la detección de plantas voluntarias las cuales fueron destruidas mecánicamente.

Análisis estadístico. Todas las variables se analizaron con el paquete SAS (2004) para un diseño experimental de bloques al azar con parcelas apareadas, realizándose después una comparación de medias por medio de la Prueba de Tukey (P> 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Malezas presentes en el ensayo

Al momento de la siembra no se detectaron malezas en los predios de Río Bravo y Díaz Ordaz, debido al manejo que se le da al predio antes de la siembra, sobre todo con maquinaria.

La lista de malezas identificadas en la localidad de Rio Bravo y Díaz Ordaz se presenta en el Cuadro 1. La detección de estas malezas en el predio no implica que la especie se encontraba en la parcela útil ya que algunas de las parcelas recibieron tratamientos que modificaron la presencia de malezas.

Cuadro 1. Listado de especies de maleza encontradas en el área de liberación experimental en Rio Bravo y Díaz Ordaz, Tamaulipas 2011.

Hojas anchas	Ho	jas	an	cŀ	nas
--------------	----	-----	----	----	-----

Nombre cientifico	Nombre común	Familia
Acalypha setosa A. Rich.	Aserradilla	Euphorbiaceae
Amaranthus spinosus L.	Quelite	Amaranthaceae
Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke	Huinare	Malvaceae
Portulaca oleraceae L.	Verdolaga	Portulacaceae
Solanum elaeagnifolium Cav.	Trompillo	Solanaceae
Hojas angostas		
Nombre científico	Nombre común	Familia
Echinochloa colona (L.) Link	Zacate pinto	Poaceae
Panicum maximum Jacq.	Zacate guinea	Poaceae
Setaria adhaerens (Forssk.) Chiov.	Zacate pegarropa	Poaceae



Quelite, Amaranthus spinosus L.



Malva, Malvastrum coromandelianum (L.) Garcke



Verdolaga, Portulaca oleraceae L.



Aserradilla, Acalypha setosa A. Rich.

La población de malezas en las parcelas experimentales de Díaz Ordaz y Rio Bravo, alcanzaron niveles altos (> 12 plantas/0.25m² o 48 platas/ m²) (Figura 2 y 3).

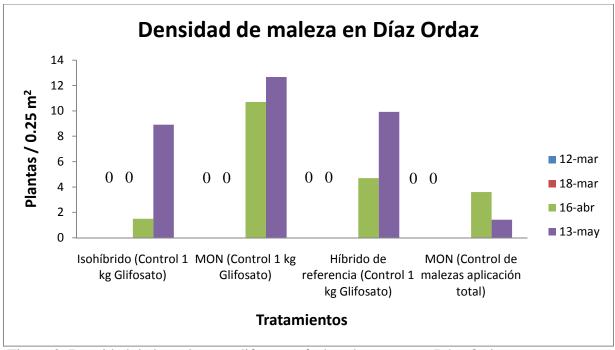


Figura 2. Densidad de la maleza en diferentes fechas de muestreo. Díaz Ordaz, Tamaulipas, 2011.

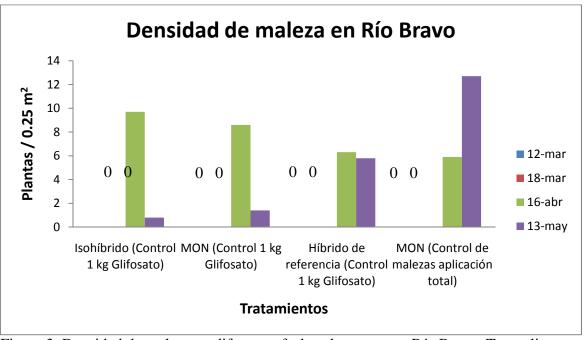


Figura 3. Densidad de maleza en diferentes fechas de muestreo. Río Bravo, Tamaulipas, 2011.

Se realizó un conteo final en cada localidad, y se observo una marcada abundancia de la maleza *Acalypha setosa*, que para Rio Bravo fue de 76.5% (Cuadro 2) y para Díaz Ordaz de 88.4% (Cuadro 3), que normalmente no representa problemas para la producción de maíz debido a que no es muy buena competidora pero que en las practicas de control de maleza es muy susceptible a herbicidas pre-emergentes como Atrazina. Los tratamientos con control local incluyeron Atrazina aplicada al momento de la siembra que tiene mejor efecto herbicida cuando se aplica con suficiente humedad en el suelo para hacerla bajar y evitar su degradación. Otro de los herbicidas usados en el control local fue Prosulfuron, que está dirigido al control con malezas de hoja anchas especialmente con asteráceas. En las condiciones experimentales, *Acalypha setosa* escapo al efecto de Prosulfurón porque la maleza emergió después de su aplicación.

Cuadro 2. Conteo final de maleza en la localidad de Rio Bravo, Tamaulipas, 2011.

	Acalypha	Echinochloa	Setaria
Tratamiento	setosa	colona	adhaerens
Isohíbrido (Control de malezas dirigido)	8.25	1.00	0
MON-00603-6 (Control de malezas aplicación total)	6.25	0.5	0
Híbrido de referencia (Control de malezas dirigido)	6.75	1.75	0.75
Isohíbrido (Control 1 kg Glifosato)	8.75	4.5	1.25
MON-00603-6 (Control 1 kg Glifosato)	6.00	0.5	0
Híbrido de referencia (Control 1 kg Glifosato)	9.75	3.25	1.25
Isohíbrido (Control local de malezas)	4.75	0.75	0
MON-00603-6 (Control local de malezas)	3.75	1.00	0
Híbrido de referencia (Control local de malezas)	6.00	1.75	0.25
Promedio	6.7	1.7	0.4
% del total de malezas	76.5	19.0	4.4

Cuadro 3. Conteo final de maleza en la localidad de Díaz Ordaz, Tamaulipas, 2011.

	Acalypha	Echinochloa	Setaria
Tratamiento	setosa	colona	adhaerens
Isohíbrido (Control de malezas dirigido)	1.25	1.25	0
MON-00603-6 (Control de malezas aplicación total)	2.25	1.25	0.75
Híbrido de referencia (Control de malezas dirigido)	12.00	4.00	1.25
Isohíbrido (Control 1 kg Glifosato)	22.75	3.25	0.75
MON-00603-6 (Control 1 kg Glifosato)	34.75	3.25	0
Híbrido de referencia (Control 1 kg Glifosato)	27.25	1.75	0.75
Isohíbrido (Control local de malezas)	34.75	1.75	0.75
MON-00603-6 (Control local de malezas)	30.00	2.75	1.00
Híbrido de referencia (Control local de malezas)	39.75	2.25	0
Promedio	22.8	2.4	0.6
% del total de malezas	88.4	9.3	2.3



Conteo de maleza en las diferentes parcelas experimentales.

Efectividad del evento MON 00603-6 contra el Glifosato.

Las parcelas sembradas con maíz con el evento MON-00603-6 no manifestaron síntomas de amarillamiento o clorosis (Figura 4). Estos resultados son similares con los obtenidos en 2010, lo que confirma el carácter de tolerancia a Glifosato del evento MON 00603-6.

Uno de los síntomas característicos de la aplicación de Glifosato es la clorosis en los primeros días, se manifiestan como manchas amarillentas transversales sobre las hojas en el

cultivo del maíz, fenómeno ausente en los híbridos de maíz genéticamente modificados aplicados con el herbicida (Figura 4). Estos resultados son similares con los obtenidos en 2010, donde tampoco se tuvo clorosis en híbridos genéticamente modificados por lo que estos resultados confirman el carácter de tolerancia a Glifosato del evento MON-00603-6.

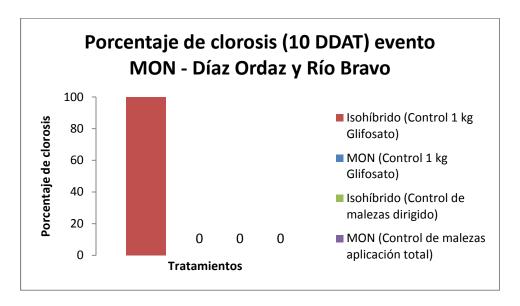


Figura 4. Porcentaje de clorosis 10 días después del la aplicación de Glifosato en diferentes híbridos.



Síntomas de la aplicación de Glifosato, clorosis en isohíbrido.

Las malformaciones de las plantas de maíz convencional por la acción del herbicida no alcanzan a manifestarse, porque la fitotoxicidad causada al cultivo es tan rápida que la muerte se presenta sin manifestar cambios morfológicos en las plantas afectadas por el Glifosato. En plantas de maíz transgénico no se observaron cambios en la forma de las plantas a los 10 DDAT, así mismo tampoco se observaron síntomas de daño o malformación con el uso de los herbicidas Atrazina y Prosulfuron. Estos resultados confirman los obtenidos en el ciclo 2010 en Tamaulipas, por lo que este parámetro también confirma la tolerancia a Glifosato del híbrido MON-00603-6.

Cuando se evaluó la reducción del crecimiento de la planta 10 días después de la aplicación del Glifosato, se observó que solo el Isohibrido se vio afectado por el herbicida (Figura 5).

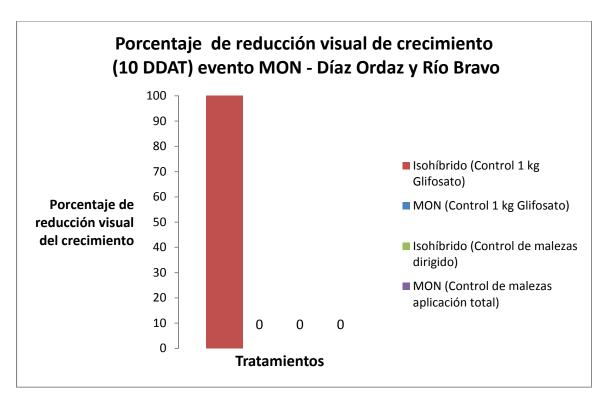


Figura 5. Porcentaje de reducción visual de crecimiento en híbridos de maíz aplicados con Glifosato.

La aplicación de Glifosato, afectó significativamente la altura de la planta en las parcelas sembradas con el Isohíbrido 10 DDAT (29.4 cm), mas no así en el maíz con el evento DAS 01507-1 x MON 00603-6. Para la localidad de Río Bravo, el isohíbrido aplicado con

Glifosato presentó una altura de planta de 14.4 cm más bajo que el maíz con el evento MON (51.98 cm) (Figura 6); finalmente, las plantas del isohíbrido murieron debido a la fitotoxicidad causada por la aplicación del producto.

La altura de planta a 10 DDAT, en la localidad de Díaz Ordaz, el isohíbrido fue el de menor altura, ya que el herbicida bloqueó la síntesis de aminoácidos y no formo estructura, viéndose afectada la altura de la planta, siendo el isohíbrido aplicado con Glifosato, 16 cm más bajo que el isohíbrido con control de maleza dirigido. Para la localidad de Río Bravo, se observó resultados de manera similar quedando el isohíbrido 14.4 cm más bajo (Figura 6), posteriormente, las plantas del isohíbrido murieron debido a la fitotoxicidad del producto.

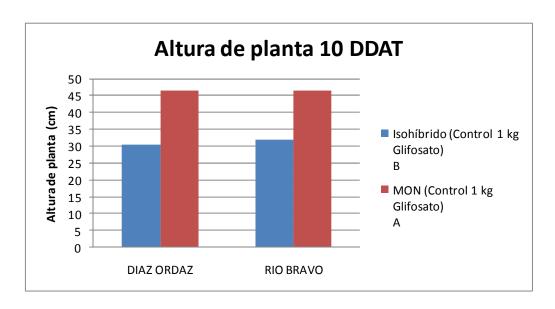


Figura 6. Altura de planta a 10 días después de aplicado el tratamiento (Glifosato), en diferentes híbridos de maíz en Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamaulipas, 2011.

Variables a tomar en la cosecha, acame, altura de planta y mazorca y rendimiento. No Acame. No se presento acame (ni de tallo ni de raíz) en ningún material aplicado con Glifosato, tanto híbridos genéticamente modificados como híbridos convencionales. Por

esto se puede inferir que el uso del herbicida Glifosato no produce un cambio radical en la fisiología de las plantas transformadas con el gen tolerante a Glifosato.

Altura de planta y mazorca. Se registraron mayores alturas de planta con el evento MON-00603-6 en comparación con su isohíbrido; en la localidad de Díaz Ordaz el MON-00603-6 presentó 164.9 cm mientras que el isohíbrido 159.6 cm; estas diferencias no fueron estadísticamente significativas; por su parte en la localidad Río Bravo el MON-00603-6 presentó 172.3 cm mientras que el isohíbrido 167.7 cm, sin embargo, en esta localidad las diferencias si fueron significativas estadísticamente aunque la diferencia en centímetros fue de 4.6. Para altura de mazorca la localidad de Díaz Ordaz presentó mayores alturas de mazorca (87.4 -89.0 cm) que la localidad de Río Bravo (82.0-82.7cm). Solo en la localidad de Díaz Ordaz el híbrido MON-00603-6 fue más alto que su isohíbrido, 89.0 y 87.4 cm de altura respectivamente, pasando lo contrario para Río Bravo donde el isohíbrido tuvo 82.7 cm y el híbrido MON-00603-6 82.0 cm de altura. Los resultados muestras que no hay diferencias estadísticas significativas entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

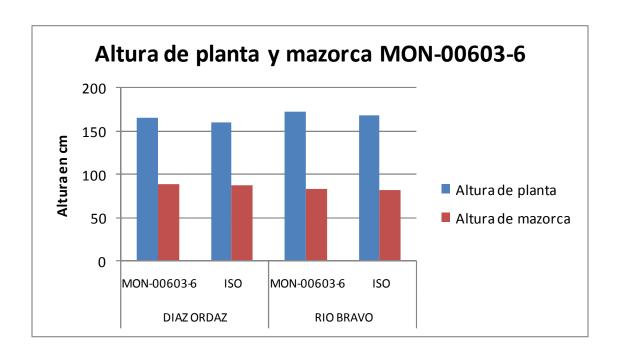


Figura 7. Altura de planta y mazorca en maíz híbrido MON-00603-6 y su isohíbrido, Tamaulipas, 2011.

Rendimiento. Los rendimientos fueron significativamente mayores en Díaz Ordaz que en Río Bravo, estos resultados coinciden con los obtenidos en los ensayos con el evento MON-00603-6 en el año 2010. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Glifosato y control local). En contraste, se observaron diferencias altamente significativas entre el maíz MON-00603-6 y su Isohíbrido asperjados con Glifosato. Los rendimientos obtenidos el año 2010 con el maíz MON-00603-6, fueron mayores a los del 2011, probablemente debido a la aplicación múltiple de Glifosato en diferentes etapas de desarrollo (Figura 9).

Otra de las causas que afectan el rendimiento es la siembra de los materiales en la fecha recomendada, la fecha de siembra de la región es desde la segunda quincena de enero a la primera quincena de Febrero, sin embargo los materiales se sembraron hasta la primera quincena de marzo, lo que afecta los rendimientos.

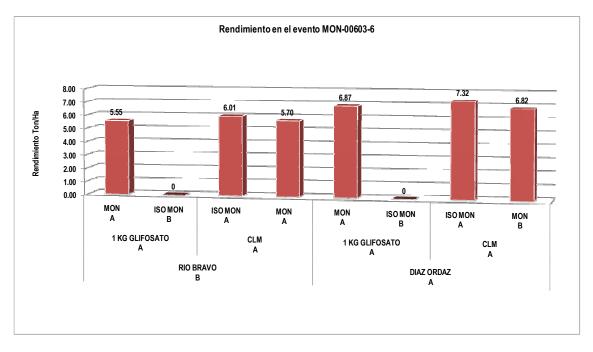


Figura 9. Rendimiento de diferentes híbridos de maíz en Díaz Ordaz y Río Bravo, Tamaulipas, 2011.

EQUIVALENCIA AGRONOMICA DEL HÍBRIDO MON-00603-6 Y SU ISOHÍBRIDO

Se tomaron en consideración 17 características fenotípicas y fisiológicas, considerando desde el vigor de emergencia, la madurez a floración, alturas de planta y mazorca, y finalmente componentes del rendimiento.

A continuación se discuten los resultados de cada característica agronómica por cada localidad evaluada para el evento MON-00603-6 en Tamaulipas:

Vigor de plántulas. El vigor de emergencia es importante desde el punto de vista de establecimiento de las poblaciones iniciales y desarrollo inicial de la planta. Los valores del MON-00603-6 fueron 7.0 para Río Bravo y 8.0 para Díaz Ordaz, así como para el Isohíbrido presentó valores entre 7.0 y 8.0 respectivamente. Los resultados muestras que no hay diferencias estadísticas significativas entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Emergencia. En este parámetro hubo diferencias significativas en ambas localidades, debido a la diferencia en la cantidad de semillas utilizada en la siembra; es por ello que se realiza una labor para uniformizar la densidad de plantas por parcela y esto se refleja en el parámetro de "Conteo Final de Plantas Establecidas" que como se observara más adelante, no presento diferenecias.

Floración Masculina. La floración masculina se presentó en forma similar en ambas localidades, tanto el MON-00603-6 como su isohíbrido presentaron valores de 62 y 61 días respectivamente para Díaz Ordaz; y para Río Bravo fue de 60.8 y 60 días para MON-00603-6 y su isohíbrido.. Los resultados muestras que no hay diferencias estadísticas significativas entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Floración Femenina. La floración femenina se presentó en forma similar en ambas localidades, tanto el MON-00603-6 como su isohíbrido presentaron los valores de 62 días en Díaz Ordaz. Para Río Bravo los valores fueron de 61.2 y 60.5 días para MON-00603-6 y su isohíbrido respectivamente Los resultados muestras que no hay diferencias estadísticas significativas entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Stay Green (Permamencia en Verde). Este parámetro es usado para medir la apariencia de la planta una vez que inicia la madurez fisiológica del grano, considerando que un buen stay green es por encima de 5. Los valores para ambos híbridos en las dos localidades fueron de 8. Los resultados muestras que no hay diferencias estadísticas significativas entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Altura de Mazorca. La localidad de Díaz Ordaz presentó mayores alturas de mazorca (87.4 -89.0 cm) que la localidad de Río Bravo (82.0-82.7cm). Solo en la localidad de Díaz Ordaz el híbrido MON-00603-6 fue más alto que su isohíbrido, 89.0 y 87.4 cm de altura respectivamente, pasando lo contrario para Río Bravo donde el isohíbrido tuvo 82.7 cm y el híbrido MON-00603-6 82.0 cm de altura. Los resultados muestras que no hay diferencias estadísticas significativas entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Altura de Planta. Se muestra una tendencia a mayores alturas de planta con el evento MON-00603-6 en comparación con su isohíbrido; en la localidad de Díaz Ordaz el MON-00603-6 presentó 164.9 cm mientras que el isohíbrido 159.6 cm sin presentar diferencias significativas; por su parte en la localidad Río Bravo el MON-00603-6 presentó 172.3 cm mientras que el isohíbrido 167.7 cm, sin embargo, en esta localidad si hubo diferencia significativa aunque la diferencia en centímetros fue de 4.6.

Número de Mazorcas caídas por parcela. Solo en Río Bravo se presentaron mazorcas caídas, siendo el valor promedio solo de 0.06 en el isohíbrido. Los resultados muestran que no hay diferencias entre el maíz con el evento MON-00603-6 y su isohíbrido, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Número de plantas con acame de tallo. Ambas localidades presentaron muy bajos niveles de acame de tallo, en la localidad de Díaz Ordaz el promedio osciló entre 0.0-0.2 plantas acamadas por parcela, mientras que en Río Bravo se presentó 0.0-0.3 plantas acamadas por parcela. En ambas localidades no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el MON-00603-6 y su isohíbrido convencional, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Número de plantas con acame de raíz. Ambas localidades no presentaron acame de raíz, ni en el híbrido MON-00603-6 ni en su isohíbrido, por lo que no se presentaron diferencias estadísticas significativas, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Conteo Final de Plantas establecidas. Ambas localidades presentaron un número de plantas a cosecha similar, en la localidad de Díaz Ordaz el promedio de plantas cosechadas por surco osciló entre 26.5 y 30, mientras que en Río Bravo fue entre 27.75 - 29. Ambas localidades no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el MON-00603-6 y su isohíbrido convencional, lo que indica que el híbrido MON-00603-6 se comporta de forma similar a su isohíbrido en este parámetro.

Enfermedades foliares. No se presentaron enfermedades foliares durante la realización del estudio en ninguna de la localidades.

Pudrición del Tallo. La pudrición de tallo en la localidad de Díaz Ordaz y Río Bravo fue ligera, ya que para el híbrido MON-00603-6 fueron de 7.0 y 7.25 respectivamente; y para su isohíbrido fueron de 7.4 y 7.15 para Díaz Ordaz y Río Bravo respectivamente. No se

presentaron diferencias significativas, lo que nos dice que el maíz MON-00603-6 no modifica su susceptibilidad a las enfermedades del tallo.

Pudrición de mazorca y grano. La pudrición de mazorca y grano en la localidad de Díaz Ordaz fue severa ya que el maíz MON-00603-6 tuvo un valor de 0.75 y su isohíbrido fue de 2.13; estos valores no presentaron diferencias significativas lo que indica que la susceptibilidad a la pudrición es similar en ambos materiales. Caso similar se presento en Río Bravo, donde la pudrición fue moderada con valores de 4.6 para ambos materiales concluyendo que la susceptibilidad es similar en los materiales.

Peso del grano por parcela. El peso del grano por parcela determina directamente el rendimiento final. En la localidad de Díaz Ordaz, el isohíbrido presentó 5.9 kg de grano cosechado por parcela mientras el MON-00603-6 presentó una ligera desventaja de 0.4 kg. por parcela. En la localidad de Río Bravo la diferencia fue similar, mientras el isohíbrido presentó 5.2 kg por parcela cosechada, el híbrido MON-00603-6 presentó 4.69 kg por parcela cosechada, en esta última localidad existen diferencias significativas para este parámetro, debido a la poca flexibilidad en el control de maleza con una sola aplicación de Glifosato referida en la discusión de rendimiento.

Humedad del grano a cosecha. La humedad del grano está directamente relacionada a la capacidad de secar el grano desde madurez fisiológica. La Localidad de Río Bravo presentó más altos índices de humedad del grano (15.4%-16.3%), mientras que en Díaz Ordaz la humedad fue entre 14.8%-16.2%. En la localidad de Río Bravo no se observan diferencias estadísticas significativas ya que el isohíbrido presentó 15.8% mientras que el híbrido con el evento MON-00603-6 presentó 15.3%. La localidad de Díaz Ordaz tampoco presentó diferencias significativas entre el isohíbrido (14.1%) y el híbrido MON-00603-6 (14.12%).

Rendimiento (**Toneladas/Ha**). Los resultados y discusión de este parámetro se muestran en la sección de Efectividad Biológica y en la Figura 9.

En forma general después de analizar las 17 características agronómicas, incluyendo parámetros de vigor de emergencia, desarrollo vegetativo, madurez, características fenotípicas, reacción a factores bióticos y abióticos, así como parámetros de rendimiento, se puede concluir que no hay una diferencia sustancial y/o funcional entre el híbrido con el evento MON-00603-6 en relación al Isohíbrido.

CONCLUSIONES

- 1. El evento MON-00603-6 es tolerante al herbicida Glifosato, porque al ser aplicado en la dosis de 1kg de i.a./ha no presento fitotoxicidad (clorosis, achaparramiento o muerte) en la etapa fenológica de V4-V6, en ninguna de las dos localidades. Esta conclusión coincide con lo observado en la evaluación de efectividad biológica realizada en 2010.
- 2. El uso del herbicida Glifosato en el híbrido con el evento MON-00603-6, no cambio las características agronómicas respecto a su isohíbrido. De igual manera no se observo acame en el híbrido genéticamente modificado al que se le aplicó Glifosato. Esta conclusión coincide con lo observado en la evaluación de efectividad biológica realizada en 2010.
- 3. La aplicación del herbicida Glifosato no afectó el rendimiento de las parcelas sembradas con maíz con el evento MON-00603-6.
- 4. El híbrido de maíz transformado con el evento MON-00603-6 conservo las características morfológicas y fisiológicas, sin modificar la funcionalidad del cultivo, con respecto a su isohíbrido. Por lo que se puede decir que el híbrido MON-00603-6 y su isohíbrido son equivalentes en sus características agronómicas.

BENEFICIOS POTENCIALES DEL MAIZ GENETICAMENTE MODIFICADO CON TOLERANCIA AL GLIFOSATO

Los cultivos tolerantes a herbicidas constituyen cerca del 75% de todos los cultivos genéticamente modificados utilizados en el mundo (Heap, 2010). Los cultivos tolerantes a herbicidas permiten al agricultor permiten un control de maleza flexible permitiéndoles el uso de un solo herbicida sin causar daño al cultivo (Fernández y McBride, 2002). Donde se ha usado la tecnología de cultivos tolerantes a herbicdas el beneficio más frecuente percibido por los agricultores es que ya no tienen que enfrentar la complejidad y la no confiabilidad de sus controles de maleza previos, teniendo que identificar exactamente las especies de maleza en el campo y acomodar el programa de herbicidas de acuerdo a lo anterior (Carpenter and Gianessi, 1999).

Se pueden enlistar los beneficios del evento MON 00603-6 como siguen:

- 1.- Control de maleza simplificado. Usar un solo herbicida en vez de varios con un porcentaje de control alto y controlando un amplio espectro de especies de maleza (Fernández, 2006). Se tuvo un excelente control de maleza usando Glifosato en los tratamientos con maíz genéticamente modificado.
- 2.- **Mejor control de maleza**. Se puede tener mejor control de maleza usando el evento MON-00603-6, que usar varios métodos de control. Esto se demostró teniendo menor reducción en el rendimiento en los tratamientos del maíz genéticamente modificado.
- 3.- Se reduce el daño al cultivo. Con los herbicidas, los límites para evitar daños en el cultivo son muy pequeños y si las condiciones para su aplicación no son las adecuadas puede resultar en daño al cultivo causando perdida en rendimiento, Con la tecnología MON-00603-6 los límites para causar daño son muy altos (con 2 veces la dosis no hubo perdida de rendimiento en MON). No se encontró daño por herbicida Glifosato en el híbrido con el evento MON-006603-6.
- 3.- Control de maleza más barato. La reducción de herbicidas y métodos aplicados hacen que el costo de control de maleza se pueda reducir. Sin embargo, en una parcela tan pequeña como la utilizada en el experimento, se hace muy difícil establecer una relación costo-beneficio, que se debería realizar en lotes de mayor tamaño.

- 4.- Menor contaminación ambiental. El hecho de que el Glifosato al contacto con el suelo sea atrapado por las arcillas de este, reduce la contaminación al ambiente evitando la persistencia del herbicida permitiendo que los agricultores puedan practicar Manejo Integrado de Maleza a través del la rotación de cultivos.
- 5.- **Reducción de labranza**. Esta práctica dentro de la agricultura convencional tiene el objetivo de matar las malezas y preparar el suelo para la semilla, la labranza cero reemplaza esta actividad con una aplicación de herbicida (que puede ser Glifosato) antes de la siembra. Entre los beneficios de la labranza cero están:
 - Conservación de humedad del suelo.
 - Reducción de erosión.
 - Aumento en el contenido de materia orgánica en el suelo.
 - Reducción del uso de combustibles fósiles.

Referencias

- Heap, Ian, 2010. Resistencia de plantas a herbicidas. Herbicide resistant crops. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Fernández- Cornejo J. and W. D. McBride. 2002. Adoption of bioengineered crops USADA Econ. Res. Serv., Agric. Econ. Rep. No. 810.
- Carpenter, J. and L. Gianessi. 1999. Herbicide tolerant soybeans: why growers are adopting Roundup Ready varieties. Ag. Bio. Forum 2:65-72.
- Fernández Cornejo, J. 2006. Genetically Engineered Crops in the U.S.: Extent of Adoption and Impacts. Presented in the Workshop "Measuring Biotechnology Outputs and Impacts" at the OECD in Paris, France, December 11, 2006.
- García, M., C. Watson y F. Salcedo. 2001. Evaluación de métodos para determinar resistencia al acame de raíces en maíz dulce (Zea mays L.). Bioagro 13 (1) 22-31.

DISPERSIÓN Y CALIDAD DE POLEN EN MAIZ CONVENCIONAL Y GENETICAMENTE MODIFICADO EN LA LOCALIDAD DE DIAZ ORDAZ, TAMAULIPAS

El maíz es una planta alógama, monoíca y con polinización típicamente anemófila. El polen de maíz es grande comparado con otras especies anemófilas similares, según Raynor *et al.* (1972), y Pfahler (1978) tiene en promedio 90-100 μ de diámetro. La producción de polen es abundante, de acuerdo a Kiesselbach (1980) se producen 25,000 granos de polen para cada de grano de una mazorca común. Por otra parte, Westgate et al. (2003) estimó que una espiga produce 4.5 x 10⁶ granos de polen. El viento y la gravedad son los principales agentes que transportan el grano de polen de la espiga a los estigmas, lo que origina la posibilidad de polinización cruzada. Otros factores que tienen efecto en la dispersión son la densidad del polen, el radio del mismo y la velocidad de sedimentación. El periodo de polinización efectiva está afectado también por la humedad relativa del ambiente. La humedad relativa baja, menor del 50%, reduce la retención del grano de polen en las papilas del estigma, y una humedad muy elevada, mayor del 90%, puede dificultar la dehiscencia de las anteras, la liberación y la calidad del polen (Van. 1993).

La calidad del polen puede definirse como su capacidad para germinar y fecundar un ovulo; La germinación es un requisito indispensable para la fecundación; un grano de polen se puede considerarse viable cuando tiene la capacidad de germinar y producir un tubo polínico de longitud mayor o igual al diámetro del polen (González et al 2002). Sin embargo esta característica es solo el inicio del proceso de polinización y por lo tanto la calidad el polen puede medirse con certeza solo cuando se evalúa el resultado de la fecundación, es decir la producción de semilla.

La dispersión del polen de una planta o campo de cultivo a otra(o) determina la posibilidad de polinización cruzada, la cual debe controlarse cuando se pretende producir semilla híbrida o evitar el flujo genético. Además de dispersarse, el polen debe llegar a la flor femenina del maíz con un mínimo de calidad para que la polinización cruzada ocurra. Para evitar esta hibridación no deseada, se dan recomendaciones como aislar los lotes por tiempo o distancia. En México, se han realizado pocos estudios sobre distancias de aislamiento de los lotes de

producción de semilla que aseguren una buena calidad de la misma; por lo general se desconoce el porcentaje de contaminación que puede ocurrir en lotes con problemas de aislamiento. Por otra parte, desde hace varios años se ha mostrado interés por conocer cómo se distribuye el polen para reducir riesgos de cruzamiento de materiales nativos con materiales transgénicos (Mercer y Wainwright, 2008). Luna et al. (2001) indican que la cantidad de polinización cruzada a grandes distancias es menor a 1 %. También mencionan que el polen es viable por hasta 2 h después de la dehiscencia, dependiendo del potencial hídrico de la atmósfera. La aplicación de un modelo matemático ha permitió estimar una distancia segura de 100 m para prevenir el cruzamiento entre genotipos diferentes (Guzmán et al., 2008). En un estudio llevado a cabo por Langhof et al. (2010), en donde usó le híbrido transgénico MON810 como fuente de polen y su contraparte isogénico como receptor. Ma et al. (2004) estudiaron la dispersión del polen de un maíz transgénico amarillo como fuente de polen, y un maíz blanco como receptor. El nivel de cruzamiento fue menor a 1 % después de 28 m en la dirección del viento y 10 m en contra de la dirección del viento. Los autores concluyeron que la distancia de aislamiento generalmente recomendada de 200 m, parece también ser la apropiada para maíces transgénicos.

OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivos: 1) Determinar la distancia a la cual se dispersa el polen de maíz en Díaz Ordaz, Tamaulipas. 2) Determinar la calidad del polen después de su liberación y exposición a las condiciones ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medio de cultivo. Para la preparación del medio de cultivo utilizado en las pruebas de dispersión y calidad de polen se utilizaron los siguientes reactivos: 1.5 % sacarosa, 0.6 % agar, 0.0325 % CaCl22H20 y 0.01 % H3BO3 y se vertió aproximadamente 20 ml por caja Petri.

Dispersión de polen.

Se desarrolló una prueba de campo para determinar la distancia de dispersión de granos de polen. Durante la etapa de floración y por tres días consecutivos se capturó polen a 25, 75, 150, 300 y 500 m de distancia de la fuente de polen y en la dirección de los vientos prevalecientes. La captura de polen se realizó, colocando 4 cajas Petri con medio de cultivoagar sobre estacas de madera a la altura del cultivo y se expusieron al medio ambiente por 2 y 4 horas. Transcurrido el tiempo de exposición se recogieron dos cajas Petri de cada una de las distancias, las cuales fueron etiquetadas y selladas con plástico adhesivo y colocadas en una hielera para su traslado al lugar de trabajo dentro de la parcela. Las cajas se incubaron por 2 horas para permitir la germinación del tubo polínico. Después de transcurrido el tiempo (2hrs) se le añadieron de 12 a 14 gotas de la solución para detener el crecimiento del tubo polínico (Agua, formaldehido, ácido glacial acético y glicerina). Posteriormente se agregaron 6 gotas de azul de metilo para facilitar la observación del polen y su tubo polínico. Las cajas con polen se observaron al microscopio estereoscópico para evaluar el porcentaje de granos de polen germinados.

El número de granos de polen colectados en las cajas por día se acumuló para calcular el número total de esporas capturadas durante los tres días. Se evaluó el porcentaje de germinación en cada uno de los días y distancias de muestreo y se promedió para elaborar un cuadro comparativo del número y porcentaje de germinación de polen capturado a las diferentes distancias.

Calidad del Polen del maíz DAS 59122-7

- Colecta del polen. Durante tres días consecutivos, se colectó en bolsas de papel estraza, el polen de 8 plantas de maíz (DAS 59122-7) evaluados en la parcela experimental. El polen colectado se mantuvo en las bolsas y a la sombra dentro de la parcela experimental.
- 2. **Viabilidad del polen.** Para evaluar la viabilidad del polen se midió el porcentaje de polen germinado a las 0, 1, 2 y 3 horas de exposición al medio ambiente. Con un

pincel se tomó una muestra de polen y se sacudió sobre el agar. Después de dos horas de incubación, detuvo la germinación añadiendo 12-14 gotas de una solución con agua, formadehido, ácido acético glacial y glicerina; posteriormente se agregó una gota de azul de metileno para facilitar la observación al microscopio y se midió el porcentaje de granos de polen con un tubo polínico de longitud mayor o igual al diámetro del grano de polen. Posteriormente se le agregó una gota de azul de metilo y se observó al estereoscopio. Se determinó el porcentaje de granos de polen germinados

Análisis de resultados.

El porcentaje de germinación de granos de polen expuestos al ambiente de 0 a 4 horas. Y el número y porcentaje de germinación del polen capturado a diferentes distancias de la fuente de polen, se analizó determinar el efecto de las condiciones del ambiente sobre la calidad del polen y de la distancia de dispersión a partir de la planta fuente de polen. Los datos de germinación a las diferentes distancias de la fuente de polen se ajustaron al modelo exponencial invertido para determinar la distancia máxima de dispersión de polen viable

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dispersión. La distancia máxima a la que viajó el polen a partir de las parcelas experimentales varió de 25 a 600 m según el modelo exponencial y dependiendo de las condiciones ambientales. La velocidad del viento y humedad prevalecientes en la región variaron de un día a otro y podrían explicar esta variación. Los dos primeros días en los que se presentó mayor dispersión, la velocidad del viento fue de 9.4 km/h y 12.8 km/h y la humedad relativa de 81.3 y 88.8 % (INIFAP) en la cual se capturo 250 granos de polen a los 25 metros y 13 a los 500 m mientras. En el segundo día la captura fue de 169 granos de polen a los 25 m y 3 a los 500 m, mientras que en el día 3 la velocidad del viento fue 5.7 km/h y humedad de 82.93% (INIFAP) y la captura de polen fue de 35 y 0 granos de polen respectivamente a las dos horas de exposición de las cajas Petri. Por otra parte, a las cuatro horas la captura a los 25 m en el primer día fue de 382 y a los 500 m fue de 5 granos de polen, en el segundo día fue de 301 y 4 granos polen, respectivamente. En el ultimo día, la captura a los 25 metros fue de 36 granos de polen y 0 a los 500 m. Por lo tanto, la distancia

a la que puede llegar el polen está asociada directamente a la velocidad del viento y humedad, como lo menciona Langhof *et.al*, (2010), en el estudio que realizo con el maíz transgénico MON810, donde concluyó que los factores más importantes en la dispersión de polen de maíz son la dirección y velocidad del viento. Las Figs. 1 y 2 muestran la dispersión de polen de 25 hasta 500 metros.

Se utilizó el modelo exponencial invertido para estimar que la máxima distancia a la que puede viajar el polen viable bajo las condiciones ambientales de la región es de aproximadamente de 600 m. (Fig. 3 y 4)

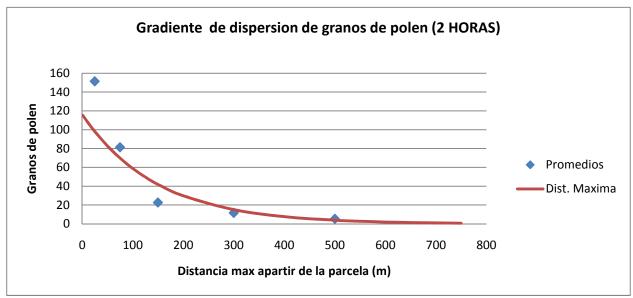


Figura 1. Dispersion de granos de polen capturados en trampas a diferentes distancias estimado en trampas expuestas al ambiente por dos horas de exposicion para la localidad de Diaz Ordaz, Tamps.

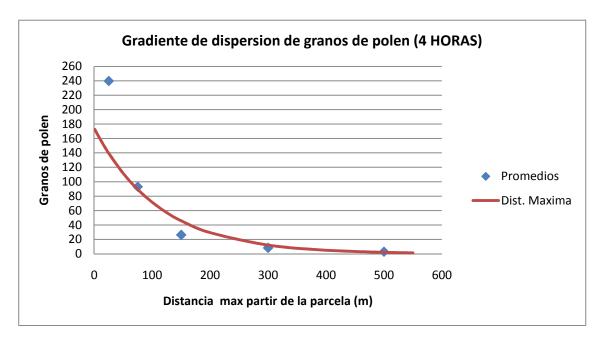


Figura 2. Dispersion de granos de polen capturados en trampas a diferentes distancias estimado en trampas expuestas al ambiente por cuatro horas para la localidad de Diaz Ordaz, Tamps.

La viabilidad del polen se redujo conforme aumentó la distancia de captura a partir de la fuente de polen, desde 19% a los 25 m de la fuente hasta menos del 10% a 500 m (Cuadro 1, Figs. 1 y 2). Esto evidecía la reducida viabilidad del polen aún a distancias cortas de la fuente. Para determinar la capacidad de fecundación de este polen que germina sería necesario evaluar in vivo su capacidad de fecundación.

Cuadro 1, Total de granos de polen capturados durante tres días consecutivos y porcentaje de germinación promedio.

DISTANCIA	2 HORAS		4 HORAS	
(m)	TOTAL DE GRANOS DE POLEN CAPTURADOS*	% GERM PROM	TOTAL DE GRANOS DE POLEN CAPTURADOS	% GERM PROM
25	454	19,49	719	19,86
75	244	16,41	279	24,29
150	68	18,44	79	12,57
300	35	19,7	25	16,88
500	16	5,13	9	6,67

^{*}Granos de polen capturados en seis cajas Petri, dos por c/u de tres días de colecta, Las cajas se expusieron al contacto con el aire a diferentes distancias de la fuente de polen.

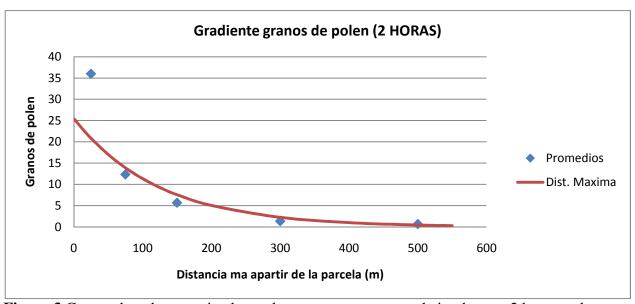


Figura 3 Granos de polen germinados en las trampas expuestas al aire durante 2 horas en la localidad de Díaz Ordaz.

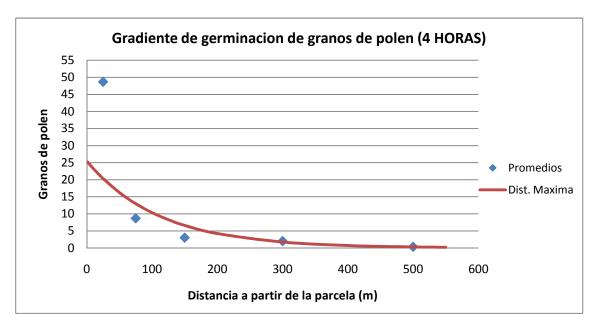


Figura 4 Granos de polen germinados en las trampas expuestas al aire durante 4 horas en la localidad de Díaz Ordaz.

Calidad del Polen. El polen colectado de maíz DAS 59122-7 presentó una viabilidad de de 14-28% durante las cuatro horas de exposición al medio ambiente. Mientras que el maíz convencional (ISO) tuvo una germinación de 18 a 32%. La tendencia a perder viabilidad en

este período no fue tan pronunciada como los reportes de otros autores (Guzmán et al., 2008) (Cuadro 2).

Cuadro 2, Viabilidad de 0 a cuatro horas de exposición al ambiente en la localidad de Díaz Ordaz Tamps.

	DAS 59122-7	
TIEMPO (HORA)	TOTAL DE GRANOS DE POLEN CONTABILIZADO	% GERM
0	678	28,77
1	790	18,36
2	1421	15,3
3	1152	24,06
4	1009	14,06

CONCLUSIONES

- 1. El polen de maíz puede dispersarse hasta 600 m. de la fuente de origen según el modelo de regresión utilizado.
- 2. Menos del 7% del polen puede permanecer viable cuando viajan a 500 m de la fuente y su capacidad de fecundación es cuestionable.
- 3. La germinación del polen de maíz con el evento GM se mantuvo entre 28 % y 14% después de 4 horas de exposición al medio ambiente.
- 4. Aun cuando la dispersión de polen puede presentarse hasta los 500 m. de distancia, solamente un mínimo porcentaje de granos es viable y su capacidad de fecundación es cuestionable.

LITERATURA CITADA

- Guzmán H., M., F. San Vicente G. y D. Díaz M. 2008. Flujo de polen entre híbridos tropicales de maíz de diferente color de endospermo. Bioagro 20(3): 159-166.
- Kiesselbach, T. A. 1980. The structure and reproduction of corn. University of Nebraska Press. USA.
- http://clima.inifap.gob.mx/redclima/
- Langhof, M., B. Hommel, A. Hüsken, C. Njontie, J. Schiermann, P. Wehling, R. Wilhelm and G. Rühl. 2010. Coexistence in maize: isolation distance in dependence of conventional maize field depth and separate Edge harvest. Crop Sci. 50:1496-1508.
- Luna V., S., J. Figueroa M., B. Baltazar M., R. Gomez L., R. Townsend, and J. B. Schoper. 2001. Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. Crop Science 41: 1551–1557.
- María Elena González, Ana Estévez, Juan Castillo2, JorgeSalomón, Olivia Moré2 y Ma. Margarita Hernánde. 2002 La Calidad del Polen: Requisito ndispensable delMejoramiento Tradicional de la Papa en Cuba. Revista Latinoamericana de la Papa.
- Mercer, K. L. and J. D. Wainwright. 2008. Gene flow from transgenic maize to landraces in Mexico. Agriculture, Ecosytems and Environment 123:109-115.
- Pareddy, D. R., R. I. Greyson, and D. B. Walden. 1989. Production of normal, germinable and viable pollen from in vitro-cultured maize tassels. Theor. Appl. Genet. 77:521-526.
- Pfahler, P. L. 1978. Biology of the maize male gametophyte. *In:* Maize Breeding and Genetics. D. B. Walden (ed.). John Wiley and Sons. New York, USA. pp: 517-530.
- Raynor, G. S., E. C. Ogden and J. V. Hayes. 1972. Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. Agronomy Journal 64: 420-427.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1. User's guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

- Secrist, R. E., and R. E. Atkins. 1989. Pollen fertility and agronomic performance of sorghum hybrids with different male-sterility-inducing cytoplasms. Jour. Lowa Acad. Sci. 96 (3,4):99-103.
- Van Marrewijk, G.A. 1993. Flowenng biology and hybrid varieties. Hybridvarieties. In: International Course on Applied Plant Breeding. TheNetherlands, IAC. 80p.
- Westgate, M.E., J. Lizaso, W. Batchelos. 2003. Quantitative relationship between pollenshed density and grain yield in maize. Crop sci. 43; 934-942