



PHI MÉXICO SA DE CV
INFORMACIÓN NO CONFIDENCIAL

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

DAS-01507-1 x MON-00810-6

Solicitud 111_2010

En la Localidad de San Pedro de las Colonias en la Región de La
Laguna

Para la Protección Contra Algunos Insectos Lepidópteros

Febrero del 2012

PHI México SA de CV
Carr. GDL-Morelia Km 21 No. 8601-B
Poblado de Nicolás R. Casillas
Tajomulco de Zúñiga, Jal.
C.P. 45645 Tel. (33) 3679-7979

TABLA DE CONTENIDO

REPORTE DE RESULTADOS CONFORME A LO DISPUESTO EN EL ARTÍCULO 18 DEL RLBOGM PARA EL EVENTO DAS-Ø15Ø7-1 X MON-ØØ81Ø-6 DEL PERMISO DE LIBERACIÓN AL AMBIENTE CORRESPONDIENTE A LA SOLICITUD 111_2010 PARA LA REGION DE LA LAGUNA.	4
I. Lineamientos del protocolo propuesto para la liberación experimental o en programa piloto.....	4
II. Cambios fenotípicos del OGM respecto a su adaptación al área de liberación.....	4
III. Efectos de los genes de selección y posibles efectos sobre la biodiversidad.....	4
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.....	7
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.....	11
VI. Posibles efectos al ambiente y a la diversidad biológica por la liberación del OGM, incluyendo, el protocolo utilizado para establecer estos posibles efectos.....	12
VII. Efectos de las prácticas de uso y aprovechamiento.....	14
VIII. En su caso, referencia bibliográfica sobre los datos presentados.....	14
Localización y Característica de la Parcela.....	17
Tratamientos.....	18
Variables Evaluadas.....	19
Análisis estadístico.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
Eficacia Biológica.....	25
Organismos No Blanco.....	29
Equivalencia Agronómica.....	32
Rendimiento.....	34
CONCLUSIONES.....	35
Eficacia Biológica.....	35
Organismos No Blanco.....	36
Equivalencia Agronómica.....	36

REPORTE DE RESULTADOS CONFORME A LO DISPUESTO EN EL ARTÍCULO 18 DEL RLBOGM PARA EL EVENTO DAS-Ø15Ø7-1 X MON-ØØ81Ø-6 DEL PERMISO DE LIBERACIÓN AL AMBIENTE B00.04.03.02.01.-4863 CORRESPONDIENTE A LA SOLICITUD 111_2010 PARA LA REGION DE LA LAGUNA.

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

Los lineamientos de los protocolos propuestos en esta evaluación se encuentran en el presente reporte en la página 17 de acuerdo al siguiente orden:

- Eficacia Biológica, a partir de la página 17.
- Organismos No Blanco a partir de la página 18.
- Equivalencia Agronómica, a partir de la página 21.
- Dispersión de polen en el Anexo I.

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 con el protocolo de equivalencia agronómica. En el presente reporte la equivalencia agronómica fue confirmada y los resultados se presentan a partir de la página 32.

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

Respecto al evento DAS-Ø15Ø7-1

El gen de selección empleado durante la transformación para producir líneas de maíz con el evento DAS-Ø15Ø7-1 (gen *pat*) que codifica para producir la proteína PAT (Phosphinothricin Acetyl-Transferase) confiere tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. El herbicida glufosinato inhibe la glutamina sintasa que sintetiza glutamina de ácido glutámico y amoniaco, lo cual provoca que el amoniaco se acumule en la planta provocando su muerte. La proteína PAT acetila el herbicida glufosinato y lo transforma en

acetilglufosinato el cual no es tóxico y con lo cual se confiere la tolerancia de la planta al herbicida (Figura 1). El herbicida glufosinato es un herbicida no selectivo y controla una gran variedad de malezas.

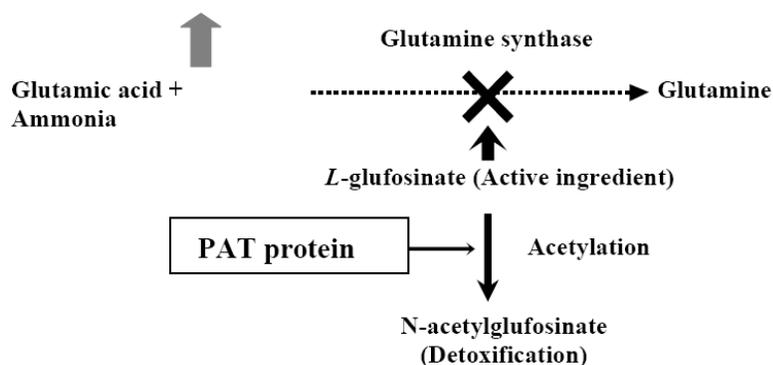


Figura 1. Mecanismo de acción de la proteína PAT

Una planta muere si acumula amoniaco debido a la inhibición de glutamina sintasa causada por el efecto de L- glufosinato, el ingrediente activo del herbicida glufosinato. L- glufosinato es acetilado y se convierte en N-acetilglufosinato debido a la presencia de la proteína PAT y la inhibición de la glutamina sintasa no ocurre y así el amoniaco no se acumula en la planta y esta se desarrolla de manera normal.

La modificación genética para el caso del gen marcador es específica para la producción de la proteína PAT (Fosfinotricina AcetilTransferasa). No existe producción de ninguna otra proteína heteróloga u otro tipo de molécula que pudiera afectar la biodiversidad, además de que esta reportado que esta proteína es altamente específica para el sustrato L-glufosinato por lo que no presenta ningún efecto adverso en el crecimiento de las plantas y no presenta toxicidad para los animales. El gen de selección usado en la modificación genética solo se expresa manifestando la tolerancia a los herbicidas que contienen al glufosinato de amonio como ingrediente activo. No existe reporte sobre la producción de ninguna sustancia, a excepción de la producción de la proteína PAT, que pudiera afectar la vida silvestre.

Respecto al evento MON-00810-6

El maíz MON810 fue generado a través de la tecnología de aceleración de partículas usando los plásmidos PV-ZMBK07 y PV-ZMGT10. El plásmido PV-ZMBK07 contiene el promotor CaMV35S con una región potenciadora duplicada (e35S), un intron del gen de maíz Hsp70, el gen Cry1Ab que codifica para la proteína CRY1AB, la región no traducida nos 3' –a 3' del gen nopalina sintasa, un fragmento operon lac, ori-pUC y el gen *nptII* como marcador de selección. El plásmido PV-ZMGT10 contiene el promoter e35S, el intron Hsp70, péptidos transitorios CPT1 y CPT2, el gen CP4 epsps el cual permite la selección a través de glifosato y el gen *gox* el cual codifica una enzima para metabolizar glifosato, el terminado nos 3', la región lacZ, ori-pUC y el gen *nptII*.

En la caracterización molecular del maíz MON810, se ha reportado que contiene una inserción simple del evento consistente en los elementos derivados del plasmido PV-ZMBK07 incluyendo al promotor potenciado 35S, el intron Hsp70 de maíz y una secuencia codificadora Cry1Ab suficiente para codificar una proteína insecticida activa CRY1AB.

Experimentos adicionales confirmaron que el inserto MON810 contiene una porción del extremos terminal 3' del promotor e35S así como una porción terminal 5' de la secuencia codificadora cry1Ab. Los datos indican que no hay presencia de otra porción de DNA del plásmido PV-ZMBK07 y ninguna porción del plásmido PV-ZMGT10 estuvo presente en el maíz MON810. Esto incluye la ausencia del gen marcador de selección *nptII*. En un estudio reciente, el inserto en maíz MON810 fue re caracterizado y se utilizó análisis Southern para confirmar la presencia de una solia copia del inserto, la integridad de los elementos insertados del plásmido PV-ZMBK07, la ausencia de las secuencias del esqueleto del plásmido y la ausencia de los elementos del plásmido PV-ZMGT10.

La organización de los elementos dentro del inserto de maíz MON810 fue confirmada por PCR. El inserto fue secuenciado para reconfirmar la organización de los elementos dentro del inserto. Datos de secuenciación indican que el promotor e35S que regula la expresión del gene Cry1Ab ha sido modificado en una versión promotora más corta denominada e35SMON810, el Hsp70 está intacto y los 2448bp de la secuencia codificadora del Cry1Ab

que se encuentran a los lados del centro activo insecticida está presente. Una porción de la terminación 3' del gen cry1Ab así como el terminador *nos* han sido eliminados como resultado de la integración del proceso.

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

Respecto al evento DAS-Ø15Ø7-1

No es conocido que el maíz con la línea 1507 segregue ninguna sustancia nociva que pudiera tener efectos adversos en el entorno de las plantas y/o microorganismos en el suelo. Asimismo, no se sabe que el maíz produzca ningún aleloquímico después de su muerte que pudiera afectar a otras plantas. Se ha reportado que la proteína Cry1F no funciona como enzima en la planta del mismo modo que las demás proteínas Cry en *Bacillus thuringiensis* y también que la proteína PAT posee muy alta especificidad al sustrato L-glufosinato (JBCH, 2002).

Mejoradores de Estados Unidos visitan los campos cada año en donde se realizan siembras con maíz modificado y convencional para la observación de posibles efectos de maíces modificados sembrados en ciclos anteriores sobre los maíces convencionales. Como resultado de la observación, en todos los campos utilizados para el cultivo del maíz con la línea 1507, no se observó un efecto aparente en el crecimiento de los cultivos que podrían ser atribuidas al cultivo del maíz recombinante (JBCH, 2002).

CRY1F

El gen cry1F expresado en el maíz con la línea 1507 está enlazado a un promotor constitutivo, (es decir, resulta en la expresión en todos los tejidos del maíz). La expresión de la proteína Cry1F se determinó a partir de plantas cultivadas en Canadá, USA, Europa y Chile. Los niveles de proteína Cry1F detectada en maíz cultivado en esos lugares muestra un rango de valores. Cabe mencionar que se podrían esperar diferencias en la expresión de la proteína debido a las diferencias en el clima y en el medio ambiente en esos lugares. Los

valores oscilaron entre 61 a 348 pg de proteína Cry1F por μgr en proteínas vegetales de hoja, de 126 a 190.5 pg de proteína Cry1F por μg de proteínas en el polen de la plantas, de 37 a 133 pg de proteína Cry1F por μg de proteína vegetal en la seda, de 550 a 1450 pg de proteína Cry1F por μg de proteína vegetal en el tallo y de 89.8 a 116 pg de proteína Cry1F por μg de proteína vegetal en grano (CFIA, Oct 2002).

Además, la proteína no es probable que se presente en el agua potable porque la proteína se despliega en cantidades minúsculas en la planta. También se determinó la dependencia del tiempo en la pérdida de la biodisponibilidad de la proteína tras la incorporación Cry1F en un suelo típico de cultivo de maíz esta se determinó en condiciones de laboratorio (Halliday, 1998). Los resultados de este estudio indican que cuando la proteína Cry1F se aplica el suelo muestra una disminución 20 veces mayor en la actividad biológica en los 28 días de periodo de prueba. La estimación de la DT50 fue 3.13 días. Estos resultados son consistentes con los de la proteína Cry1A (b) utilizando básicamente el mismo diseño experimental, en donde se reportó una DT50 de 1.6 días. (USDA/APHIS, 2001).

La proteína Cry1F ha mostrado que se degrada fácilmente en el medio ambiente. Se encontró en los experimentos de degradación de la proteína Cry1F en los suelos, que tiene un valor de DT50 (tiempo para degradar el 50% de las propiedades insecticidas original), de 3.13 días. Las proteínas alergénicas son normalmente resistentes a la digestión y el tratamiento térmico, a diferencia de la proteína Cry1F que ha demostrado que se degrada fácilmente en el fluido gástrico simulado (digerido dentro de 1 minuto a una proporción molar de 1:100 Cry1F: pepsina), y se desactiva después de la exposición a 75°C durante 30 minutos (CFIA, Oct 2002).

Adicionalmente en estudios realizados sobre la composición nutricional del maíz con el evento DAS-Ø15Ø7-1 y su contraparte convencional realizado en el laboratorio de Pioneer Hi-Bred Int en Estados Unidos, no hubo diferencias estadísticamente significativas en 42 de 50 analitos evaluados entre la línea DAS-Ø15Ø7-1 y su contraparte convencional. En donde se observaron diferencias, los valores de estos componentes nutricionales se encontraron dentro de los valores normales reportados en la literatura para maíz convencional o ligeramente fuera de rango. 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 DAS-Ø15Ø7-1 (JBCH, 2002).

Referencias:

CFIA. Oct 2002. Decision document DD2002-4198-22: Determination of the Safety of Dow AgroSciences Canada Inc. and Pioneer Hi-Bred International's Insect Resistant and Glufosinate - Ammonium Tolerant Corn (Zea mays L.) Line 1507. Canadian Food Inspection Agency, Plant Health and Production Division, Plant Biotechnology Office, Ottawa.

JBCH. 2002. Outline of the biological diversity risk assessment report: Type 1 use approval for DAS-Ø15Ø7-1. Japanese Biosafety Clearing House, Ministry of Environment.

EFSA. 2005. Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on an application (reference EFSA-GMO-NL-2004-02) for the placing on the market of insect-tolerant genetically modified maize 1507, for food use, under Regulation (EC) No 1829/2003 from Pioneer Hi-Bred International/Mycogen Seeds The EFSA Journal (2005) 182, 1-22.

USDA/APHIS. 2001. Decision on Mycogen Seeds c/o Dow AgroSciences LLC and Pioneer Hi-Bred International, Inc. Petition 00-136-01P Seeking a Determination of Nonregulated Status for Bt Cry1F Insect Resistant, Glufosinate Tolerant Corn Line 1507. Animal and Plant Health Inspection Service and U.S. Department of Agriculture.

Respecto al evento MON-ØØ81Ø-6

Material de grano de parcelas experimentales en Estados Unidos en 1994 fueron analizadas para proximales (humedad, proteína total, grasa total, calorías, carbohidratos, fibra cruda y cenizas) y 44 constituyentes específicos de maíz (aminoácidos, ácidos grasos, almidón, azúcares, calcio, fósforo, tocoferol y ácido fólico). En 11 de los compuesto estudiados, los niveles de 8 aminoácidos, la fibra cruda, el calcio y el tocoferol fueron significativamente más altos en el maíz MON810 que en su control convencional (MON818). Sin embargo

para 8 de estos compuestos, las concentraciones en maíz MON810 y su control convencional estuvieron dentro de los rangos reportados como normales en la literatura. El nivel de histidina y cistina fueron más altos que los reportados en la literatura en ambos materiales estudiados (maíz MON810 y su control convencional).

Por otro lado los niveles de calcio en ambos materiales estuvieron por debajo de los niveles reportados en la literatura para maíz. Sin embargo, notablemente, los niveles para los 3 compuestos no estuvieron fuera de los resultados reportados que el solicitante ha reportado que pueden ocurrir en la contraparte convencional. Treinta y seis compuestos fueron analizados en los granos colectados en las pruebas experimentales en Francia en 1995 (proximales, aminoácidos y ácidos grasos), pero de estas pruebas experimentales también fueron analizados proximales en forraje. En este material fueron observadas diferencias significativas en los niveles constitutivos entre maíz MON810 y su control convencional para 5 compuestos (incremento en humedad de grano y contenido de ácido palmítico, niveles reducidos de metionina y triptófano, así como incremento de proteína cruda en forraje).

En base al análisis tanto en forraje como en granos de maíz MON810 y de maíz control no transgénico cultivados en parcelas experimentales durante dos ciclos, la EFSA concluye que no se detectaron cambios composicionales significativos en maíz MON810 cuando es comparado con su control no transgénico. En la presente evaluación el panel GMO de la EFSA consideró los datos completos del estudio composicional proporcionado por el solicitante y publicado por investigadores independientes después de que la autorización comercial del maíz MON810 fue concedida, y se concluye que el maíz MON810 es composicionalmente equivalente a sus contrapartes convencionales excepto por la presencia de la proteína Cry1Ab (Autran, *et al.* 2003).

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-ØØ81Ø-6.

Referencias:

Autran, J.-C., Bénétrix, F., Bloc, D., Burghart, P., Chaurano, M., Combe, N., Melcion, J.-P., 2003. Composition and technological value of genetically modified and conventional maize (*Zea mays* L.) grains. *Sciences des aliments*, 23: 223-247.

EFSA. 2009. Applications (EFSA-GMO-RX-MON810) for renewal of authorisation for the continued marketing of (1) existing food and food ingredients produced from genetically modified insect resistant maize MON810; (2) feed consisting of and/or containing maize MON810, including the use of seed for cultivation; and of (3) food and feed additives, and feed materials produced from maize MON810, all under Regulation (EC) No 1829/2003 from Monsanto. *The EFSA journal* 1149, 1-85.

Lemaux, P.G., 2009. Genetically engineered plants and foods: a scientist's analysis of the issues (Part II). *Annual Review of Plant Biology*, 60: 511-559.

Priestley, A.L., Brownbridge, M., 2009. Field trials to evaluate effects of Bt-transgenic silage corn expressing the Cry1Ab insecticidal toxin on non-target soil arthropods in northern New England, USA. *Transgenic Research*, 18: 425-443.

Scientific opinion on applications for renewal of authorization for the continued marketing of maize MON810 and existing derived food and feed products *The EFSA Journal* (2009) 1149, 15-85.

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. Por lo que se comprueba que el maíz DAS-Ø15Ø7-1xMON-ØØ81Ø-6 es equivalente

agronómicamente a su contraparte convencional. Los resultados de la comparación agronómica se encuentran en este reporte de resultados a partir de la página 32.

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

Respecto al evento DAS-Ø15Ø7-1

El historial en el uso, así como la literatura sugieren que las proteínas Bt nos son tóxicas para humanos, otros vertebrados e insectos benéficos.

La EFSA ha evaluado estudios específicos llevados a cabo en pruebas de campo con insectos no blanco de la tecnología, incluyendo larvas de abeja y adultos, himenópteros parasitoides, crisopas, mariquitas, lombrices, colémbolos, etc. En todos los casos no se observaron efectos adversos.

Un estudio adicional se llevó a cabo sobre el efecto de Cry1F en larvas neonatas de mariposa monarca en donde se alimentaron con una dosis de 10,000 ng/mL. Se tomó el peso de las larvas en primer instar así como la mortalidad después de 7 días de la alimentación. A pesar de que hubo una inhibición del crecimiento, no se presentó mortalidad de las larvas con esta dieta. Dosis de polen equivalentes a 10,000 ng/mL en la dieta no es probable que se encuentren en hojas en la naturaleza, se concluye que la proteína Cry1F no presenta un riesgo para la monarca.

La secuencia de la proteína transgénica Cry1F no muestra ninguna similaridad significativa con las secuencias de alérgenos conocidos.

De acuerdo a los datos obtenidos el panel de la EFSA es de la opinión de que no se necesitan estudios adicionales de toxicidad crónica ni pruebas en otras especies de animales y que el evento DAS-Ø15Ø7-1 no presenta efectos adversos al medio ambiente o a la biodiversidad.

Respecto al evento MON-ØØ81Ø-6

No existen receptores para las proteínas delta-edotoxinas de las subespecies *Bacillus thuringiensis* sobre la superficie de células intestinales de mamíferos, además los humanos

no son susceptibles a estas proteínas (Sacchi et al., 1986; Hofmann et al., 1988b; Noteborn et al., 1995). En adición a la falta de receptores para las proteínas Bt, la ausencia de efectos adversos en humanos es además apoyada por numerosas revisiones en la seguridad de las proteínas Bt y la larga historia del uso de productos Bt microbianos (Ignoffo, 1973; Shaddock, 1983; Siegel and Shaddock, 1989; McClintock et al., 1995).

El historial en su uso y la literatura sugieren que las proteínas bacterianas Bt no son tóxicas para humanos, otros vertebrados e insectos benéficos. El centro activo insecticida de la proteína Bt expresada en el maíz MON 810 (Cry1Ab) muestra ser equivalente a la proteína microbiana original. Esta proteína es activa solamente contra insectos lepidópteros específicos.

Por otro lado la proteína Cry1Ab no muestra homología con proteínas que se conocen son tóxicas para humanos y para otros mamíferos y/o alergénicas. Adicionalmente esta proteína es degradada rápidamente bajo condiciones gástricas simuladas. Además la proteína Cry1Ab ha sido extensamente evaluada en diversas opiniones por el panel OGM de la EFSA. No se encontraron riesgos para humanos o animales de la proteína Cry1Ab

En estudios de 90 días de alimentación en ratas, no se observaron indicaciones de efectos adversos. Adicionalmente un estudio de alimentación de pollos de 42 días proporciono evidencia de la equivalencia nutricional entre el maíz MON810 y su control convencional. Además el panel GMO de la EFSA opina que el maíz MON810 es tan seguro como su contraparte convencional en cuanto a alergenicidad y que la alergenicidad de la planta en total no cambia con la modificación genética.

En conclusión el panel de OGM's de la EFSA considera que el maíz MON810 es tan seguro como su contraparte convencional con respecto a efectos potenciales en la salud humana y animal. El panel también concluye que es improbable que el maíz MON810 tenga algún efecto adverso sobre el ambiente en el contexto de su uso como cultivo

Adicionalmente se realizó un estudio de efectos en Organismos No Blanco (NTO), donde no se observaron diferencias en las poblaciones de insectos benéficos del maíz DAS-Ø15Ø7-1 x MON-ØØ81Ø-6 y su contraparte convencional. Los lineamientos de éste PHI México S.A. de C.V.

protocolo así como sus resultados se encuentran en el presente reporte a partir de las páginas 18 y 29, respectivamente.

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.

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

EFSA. 2005. Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on an application (reference EFSA-GMO-NL-2004-02) for the placing on the market of insect-tolerant genetically modified maize 1507, for food use, under Regulation (EC) No 1829/2003 from Pioneer Hi-Bred International/Mycogen Seeds The EFSA Journal (2005) 182, 1-22.

EFSA. 2009. Applications (EFSA-GMO-RX-MON810) for renewal of authorization for the continued marketing of (1) existing food and food ingredients produced from genetically modified insect resistant maize MON810; (2) feed consisting of and/or containing maize MON810, including the use of seed for cultivation; and of (3) food and feed additives, and feed materials produced from maize MON810, all under Regulation (EC) No 1829/2003 from Monsanto. The EFSA journal 1149, 1-85.

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>

**PERMISO B00.04.03.02.01.-4863 PARA EVALUAR EL EVENTO DAS-01507-1 x
MON-00603-6 EN COAHUILA**

**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Reporte Final Diciembre 2011**

INTRODUCCIÓN

PHI México S.A. de C.V. recibió de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria Acuícola y Pesquera el permiso B00.04.03.02.01.-4863 para sembrar maíz genéticamente modificado DAS-01507-1 X MON-00810-6 en etapa experimental. El permiso las medidas de bioseguridad y condicionantes que deben establecerse durante la liberación experimental al ambiente. Durante el desarrollo de la experimentación se evaluaron, la Eficacia Biológica, la equivalencia agronómica y la dispersión de polen de maíz amarillo en maíz blanco como receptor.

Este documento describe los resultados de la evaluación realizada en la parcela experimental sembrada el 06 de Julio del 2011 en San Pedro de las Colonias, Coahuila con el maíz genéticamente modificado DAS-01507-1 x MON-00810-6 conforme a los protocolos 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 a la diversidad biológica, a la sanidad vegetal, animal y acuícola, 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 maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 fue desarrollado, a través del uso de técnicas de DNA recombinante. El maíz DAS-01507-1 fue generado mediante la PHI México S.A. de C.V.

inserción de un gen *cryIF* sintético truncado de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) var. *aizawai*. La proteína Cry1F confiere resistencia al ataque de insectos lepidópteros. El maíz MON810-6 fue generado por la inserción del gen *cryIAb*, el cual fue aislado de *Bacillus thuringiensis*. La proteína Cry1Ab confiere resistencia a algunos insectos lepidópteros.

Las proteínas Cry1Ab y Cry1F contenidas en los materiales genéticamente modificados, deben ser ingeridas por el insecto para tener un efecto insecticida y en su forma cristalina son insolubles en solución acuosa a pH neutro o ácido (Huber and Luthy, 1981; Bulla *et al.*, 1977); sin embargo, el pH del intestino de los insectos lepidópteros es alcalino, lo cual favorece la solubilización de los cristales proteínicos. Las proteínas solubilizadas son subsecuentemente activadas por las proteasas del intestino del insecto, se distribuyen a través de la membrana peritrófica al epitelio del intestino medio y se unen a receptores altamente específicos (Wolfersberger *et al.*, 1986; Hofmann *et al.*, 1988). El intestino se paraliza como consecuencia de los cambios en los electrolitos y el pH causando que la larva del insecto pare de alimentarse y muera. Los resultados hasta ahora observados en experimentos establecidos en otros países no han detectado efectos adversos para la diversidad biológica y el medio ambiente en el desarrollo del maíz DAS-1507-1 x MON810-6. Además, los eventos DAS-1507-1 y MON-00810-6 han sido desregulados con la previa evaluación de la APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service), la EFSA (European Food Safety Authority) y otras agencias reguladoras en diferentes países, y han sido considerados seguros para el medio ambiente y la diversidad biológica. Las proteínas Cry1Ab y Cry1F son específicas para lepidópteros y son consideradas inocuas para mamíferos, pájaros e insectos no blanco, ya que estas proteínas no se solubilizan y ni se disuelven en los intestinos ácidos de insectos depredadores (Castillejos, *et al.*, 2000).

Los objetivos de esta investigación en la etapa de experimentación, fueron: a) Evaluar la Eficacia Biológica del evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 frente al ataque de insectos lepidópteros, bajo las condiciones en que se desarrolla el maíz en San Pedro de las Colonias, Coahuila y b) Generar datos que permitan estimar si el maíz GM DAS-01507-1 x MON-00810-6 ha alterado su equivalencia agronómica en comparación con su control no

modificado (isohíbrido), y c) Determinar la distancia a la cual se dispersa el polen de maíz amarillo en un lote de maíz blanco.

MATERIALES Y METODOS

Localización y Característica de la Parcela

El presente experimento se llevó a cabo en el Municipio de San Pedro de las Colonias en el Estado de Coahuila.

El lote seleccionado para el experimento se encontraba aislado a una distancia de al menos 600 m de otros lotes en los que se sembraba el mismo cultivo para evitar cualquier tipo de contaminación en ambos sentidos. El área experimental que ocupó un total de 1736 m² fue rodeada con la siembra simultánea de 4 surcos de bordo 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. La superficie total sembrada con maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 fue de 128 m².

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

Material Genético

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó el híbrido de maíz genéticamente modificado con el evento DAS-01507-1 x MON -00810-6, su isohíbrido, y un híbrido de referencia.

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con un arreglo en parcelas apareadas con 4 repeticiones (Figura 1).

Tratamientos

Eficacia Biológica

La parcela grande consistió de 2 tratamientos: 1) infestación natural y 2) control insecticida (Figura 1). La parcela chica consistió de tres híbridos sembrados uno al lado del otro, en diez surcos:

- 4 surcos de maíz DAS-01507-1 x MON -00810-6
- 4 surcos de maíz isohíbrido, y
- 2 surcos de híbrido de referencia

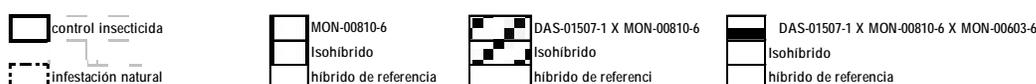
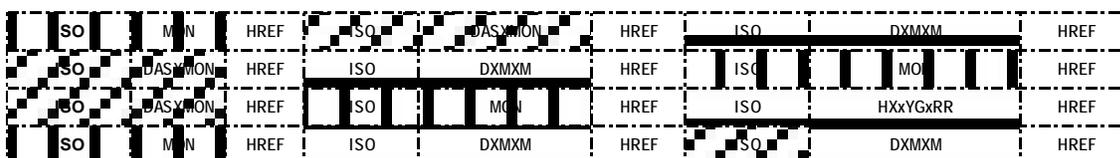
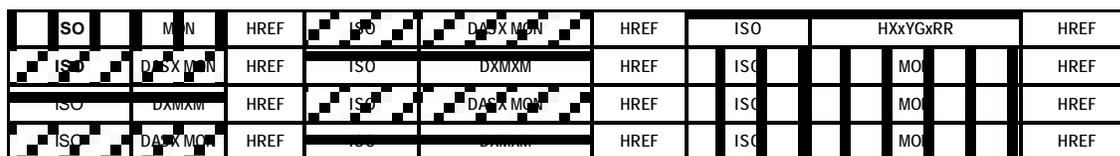
La parcela útil estuvo conformada por los dos surcos centrales de cada material evaluado excepto el de referencia que solo se uso como bordo entre las parcelas. Los surcos de cada parcela chica tenían una longitud de 5 m de largo y a una distancia entre surco de 0.8 m. La superficie de la parcela chica fue de 40 m² y la del experimento 1736 m², incluyendo calles y bordos (cuatro surcos); cada surco fue ajustado a 30 plantas para evitar diferencias en tratamientos y repeticiones.

En la parcela grande con control de insecticida se aplicó el producto comercial Pounce® a la dosis especificada en la etiqueta en etapas V2-V4 y V10.

Organismos No Blanco

Para evaluar el efecto del evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 en los insectos no blanco se sembraron 16 surcos de 5 m de largo. Una de las parcelas se sembró con maíz con la tecnología MON-00810-6 y la otra con un híbrido de referencia. En cada parcela se colocó una trampa amarilla pegajosa y una trampa *pitfall* (Figura 1). Las parcelas del maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 y del híbrido de referencia se sembraron adyacentes a las de otros dos híbridos, tal y como se ilustra en la Figura 1.

CROQUIS DE EFICACIA Y EQUIVALENCIA AGRONÓMICA



CROQUIS DE INSECTOS NO BLANCO

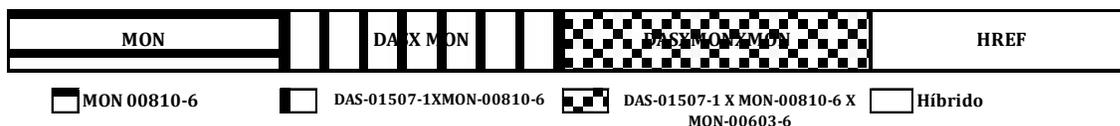


Figura 1. Diseño experimental de siembra para evaluar el maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6. HREF=hibrido de referencia, ISO= isohíbrido y DASxMON= DAS-01507-1 x MON-00810-6

Variables Evaluadas

Eficacia Biológica.

- Porcentaje de plantas con daño foliar
- Porcentaje de tallos dañados por Gusano Barrenador del Tallo
- Extensión de la galería en tallos

1. **Daño por Gusano Cogollero, *Spodoptera frugiperda*.** En las etapas vegetativas, V2-V4, V6-V8 y V10 (hojas por planta), se evaluaron 10 plantas de los surcos centrales de DAS-01507-1 x MON-00810-6 y 10 de su Isohíbrido en cada una de las parcelas. El daño se midió usando la escala de Davis (Davis, *et al.*, 1989; Guthrie, *et al.*, 1960; Mihm, J.A. 1983a, b) (Tabla 1), donde 1 indica altamente resistente y 9 susceptible. También se calculó el número promedio de plantas con

daño de cogollero y el porcentaje. El promedio del valor Davis y el porcentaje se calcularon utilizando las evaluaciones de las tres etapas de desarrollo (Etapa V2-V4, V6-V8 y V10).

Tabla 1. Descripción de la escala de Davis, usada para evaluar el daño causado por el Gusano Cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*¹

Nivel de Resistencia	Escore	Descripción
Altamente Resistente	1	Sin daño-algunas perforaciones en forma de piquetes de alfiler
Resistente	2	Perforaciones en forma de bala en pocas hojas
	3	Perforaciones en forma de bala en algunas hojas.
Resistencia Intermedia	4	Perforaciones en forma de bala en algunas hojas, pocas lesiones alargadas.
	5	Varias hojas con lesiones alargadas.
	6	Varias hojas con lesiones alargadas menores de 2.5 cm.
	7	Lesiones alargadas comunes en la mitad de las hojas
Susceptible	8	Lesiones alargadas comunes en $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ de las hojas.
	9	La mayoría de las hojas con lesiones alargadas.

¹Davis et al. (1989, 1992), Guthrie et al (1960, 1978) and Mihm (1983^{a,b})

2. **Daño por Gusano Barrenador del Tallo (*Diatraea spp.*).** El día de la cosecha se evaluaron 10 plantas de los surcos centrales del maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 y 10 de su isohíbrido en cada una de las parcelas. El tallo de cada planta se cortó longitudinalmente y se determinó si existía daño por barrenador y, en su caso la longitud del la galería en cm (Rodríguez del Boque, L. A. 1996).
3. **Daño por Gusano Elotero, *Helicoverpa zea*.** A la cosecha, se evaluaron 10 mazorcas de los surcos centrales de DAS-01507-1 x MON-00810-6 y 10 de su isohíbrido en cada una de las parcelas. Se midió la extensión de las galerías y se midió la extensión de las mismas en centímetros, con la ayuda de un vernier.

Organismos No Blanco

El muestreo de Insectos No Blanco inició cuando la planta de maíz se encontraba en la etapa V2-V4, utilizando tres tipos de muestreo: 1) Trampas pitfall, 2) red entomológica y 3) trampas amarillas con pegamento. Los muestreos se realizaron semanalmente reemplazando las trampas, posteriormente, los insectos eran trasladados al laboratorio para su identificación.

Trampas Pitfall. Consistieron de recipientes de plástico de 500 cc (10 cm de diámetro por 7 cm de profundidad) que fueron colocados en agujeros en el suelo de manera que quedara la parte superior al nivel del mismo. En el interior se colocó shampoo como agente letal (20 a 30 cc) para la captura de insectos. Se colocó una trampa por parcela de 16 surcos para cada uno de los fenotipos de maíz evaluados.

Redeo. Se utilizó una red entomológica de 25 cm centímetros de diámetro realizándose un total de 50 redazos (ida y vuelta) para la captura de insectos. Los insectos capturados se conservaron en frascos con alcohol al 70% para su identificación y conteo.

Trampas Amarillas. Se utilizaron cartulinas amarillas con pegamento para determinar la presencia de insectos voladores. Las trampas se clavaron en estacas de madera que sobresalían 15 cm por arriba del follaje de las plantas de maíz. Las trampas se reemplazaron semanalmente y se trasladaban a laboratorio de la UAAAN para la identificación y conteo de los insectos capturados.

Equivalencia Agronómica

La equivalencia agronómica se evaluó en la parcela con control de insecticida.

1. Vigor de Plántula (VP). Cuando el maíz alcanza en promedio la etapa de desarrollo V1-V2, se determinó el valor del vigor de las plántulas. Una escala del 1-9 fue utilizada en la que, 1 es el valor más bajo y 9 el valor más alto. Estos datos se determinaron antes del raleo manual y/o la primera labor de cultivo.

2. 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 (DFM/DFF). 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. Staygreen (SG). El *staygreen* 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 (AM). 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 (AR). Un día antes de 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 30⁰ respecto de la vertical

10. Conteo final de Plantas (CF). 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 (PP). La cosecha terminó el 01 de _Diciembre del 2011; la actividad se realizó 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 (HM). la humedad del grano por parcela y material, se determinó con un medidor marca John Deere SW 08120.
13. Pudrición del Tallo (PT). El día de la cosecha se evaluaron 10 plantas de los surcos laterales de maíz GM 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.
14. Pudrición de mazorca y granos (PM). Al momento de la cosecha se determinó el grado de pudrición de la mazorca, utilizando una escala 1-9, en donde 9 significa ningún síntoma, 6-8, síntomas ligeros; 3-5 moderado y 1-2, severo.
15. Escala de llenado de mazorca (LLM). Este parámetro se llevó a cabo previo a la cosecha, de la uniformidad de la mazorca en el llenado de grano y se realizó en 5 mazorcas de cada surco, utilizando una escala de 1 a 5 donde 1 es muy deficiente y 5 es óptimo.
16. Numero de mazorcas cosechadas (NM). La cosecha se llevó a cabo en los dos surcos centrales y de forma manual, posteriormente se contabilizó el número de mazorcas de cada material y se colocaron etiquetado.
17. Rendimiento (R). 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 calculó por medio de la siguiente fórmula: $\text{Rendimiento (ton/ha)} = \left[\frac{(100 - \% \text{Hum})}{86} \right] \times \text{Peso de Campo} / L \times W \times N \times 0.1$; 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.

Siembra

La parcela experimental se sembró el 06 de Julio del 2011 en San Pedro de las Colonias Coahuila con el maíz genéticamente modificado DAS-01507-1 X MON-00810-6 conforme al protocolo autorizado por la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria Acuícola y Pesquera.

Cosecha

La cosecha se terminó el día 12 de Diciembre 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, la humedad del grano por parcela y material, se determinó con un medidor marca John Deer 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.

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

Se realizó un análisis estadístico con el paquete SAS (2004) para un diseño experimental de parcelas divididas con parcela chica apareadas, las medias de los tratamientos se compararon con una prueba de Tukey al ($P > 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eficacia Biológica

Daño por Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 fue resistente al ataque de Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*), al presentar daño de 1.0 en la escala de Davis, tanto bajo infestación natural como bajo control de insecticida, en contraste con su isohíbrido que presentó índices de daño de 3.7 y 2.3 bajo infestación natural y con control de insecticida, respectivamente (Figura 2).

Esta diferencia es más notoria si se compara el porcentaje de plantas dañadas por la plaga (Figura 3). El maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 no presentó plantas con daño tanto en las parcelas con infestación natural como bajo control de insecticida; mientras que, las plantas de isohíbrido tuvieron porcentajes de daño de 62% y 74% en las parcelas con control insecticida e infestación natural, respectivamente.

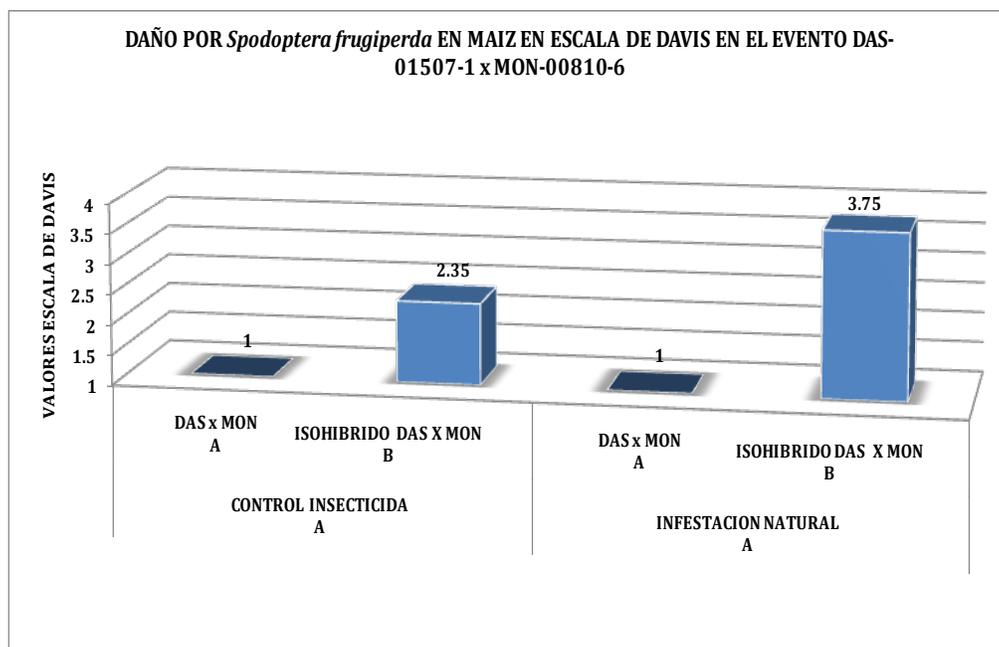


Figura 2. Daño por Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) expresado en la escala de Davis en parcelas sembradas con maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 (DXM) y su isohíbrido (ISO DASXMON) en San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011. Tratamientos seguidos por la misma letra, en el eje horizontal no difieren significativamente (Tukey 0.05).

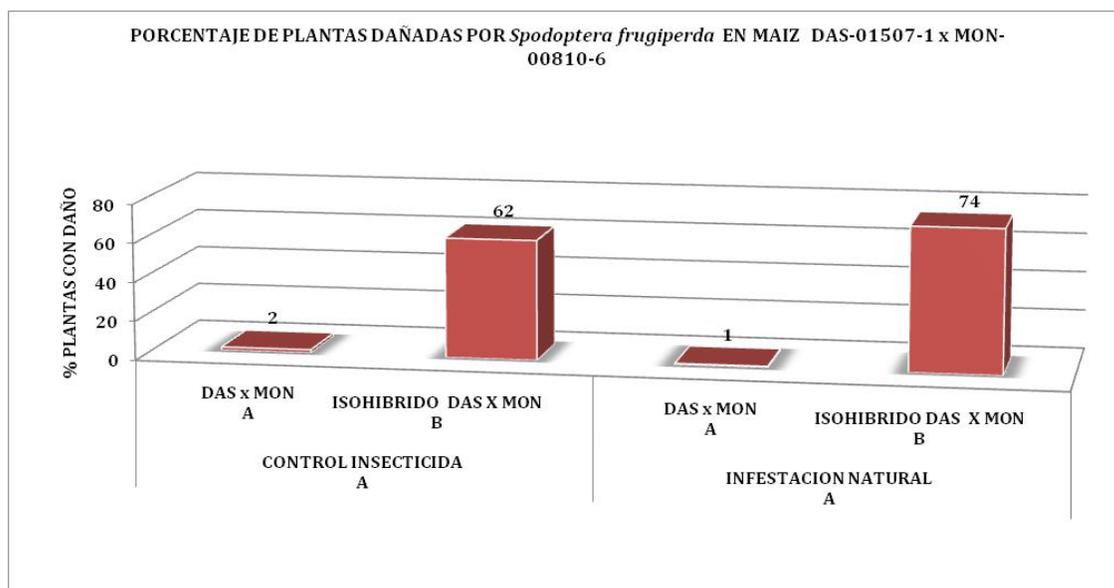


Figura 3. Daño por Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) expresado en porcentaje de plantas dañadas en parcelas con maíz GM DAS-01507-1 x MON-00810-6 (DXM) y su isohíbrido (ISO DXM) en San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011. Tratamientos seguidos por la misma letra, en el eje horizontal no difieren significativamente (Tukey 0.05).

Evolución del daño por cogollero. Al graficar el daño por cogollero durante las etapas de desarrollo del maíz, se observa claramente la diferencia entre el maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido (Figura 4). El porcentaje de plantas del isohíbrido con daño se incrementó hasta llegar a la etapa V2-V4, alcanzando un 87%, posteriormente declinó ligeramente en la etapa V6-V8 con un 67% de plantas con daño; éste mismo porcentaje se mantuvo hasta la etapa V10. En el caso del maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 la incidencia se mantuvo entre 0 y 5% de plantas con daño.

Los resultados permiten concluir que el maíz genéticamente modificado DAS-01507-1 x MON-00810-6 es resistente al gusano cogollero, como lo indican los diferentes parámetros utilizados para evaluar la efectividad biológica del evento. El hecho de que la plaga deba alimentarse del maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 para intoxicarse y morir, explica porque en algunos casos se puede presentar un daño leve por gusano cogollero.

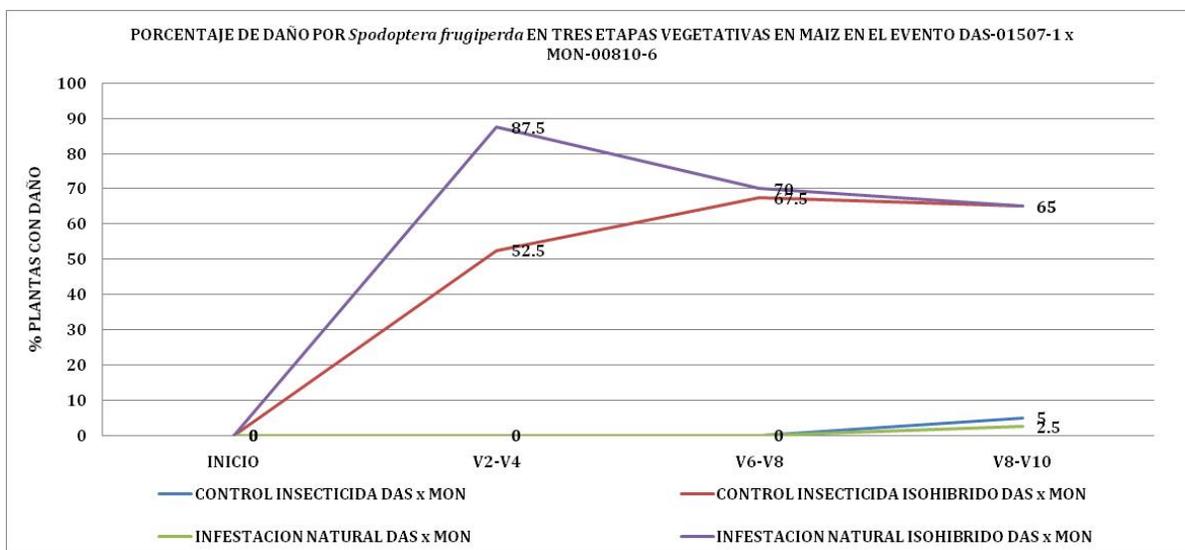


Figura 4. Comportamiento del daño por Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en diferentes etapas vegetativas del maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011.

Daño por Gusano Barrenador del Tallo (*Diatraea* spp.)

El porcentaje de tallos dañados por Gusano Barrenador del Tallo fue de 0 a 2% en las parcelas con los diferentes materiales y tratamientos. Ésta baja incidencia no permitió evaluar la efectividad de la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 respecto a su isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila durante el ciclo Primavera-Verano 2011.

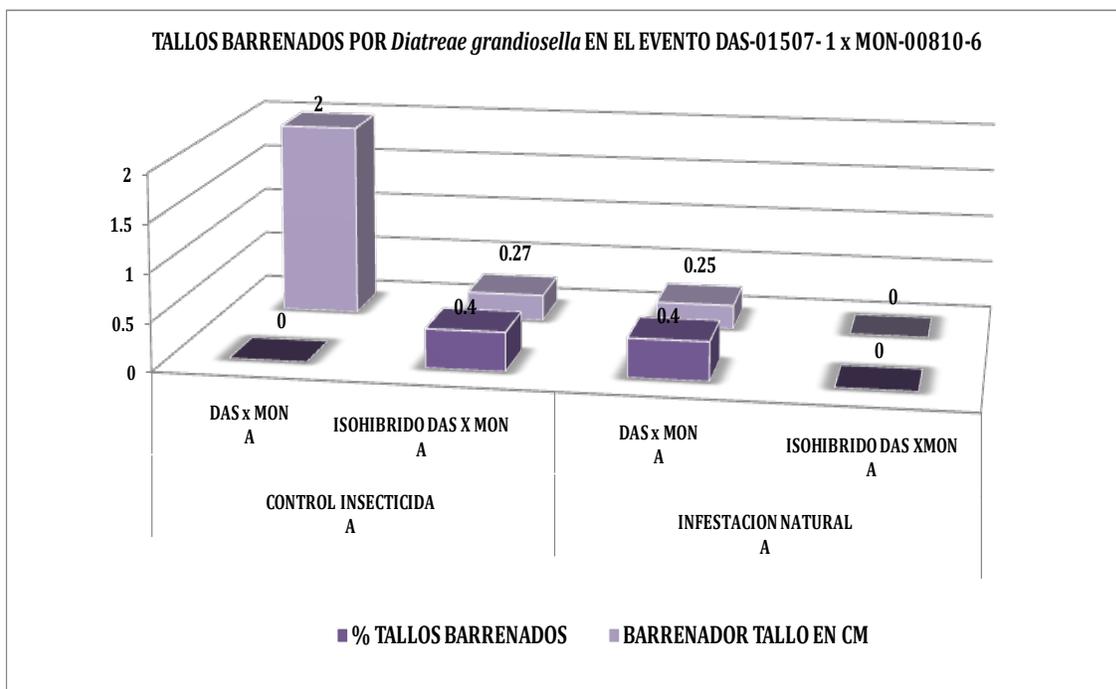


Figura 5. Porcentaje de tallos barrenados por *Diatraea* spp en parcelas sembradas con maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 (DXM) y su isohíbrido (ISO DXM) en San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011. Tratamientos seguidos por la misma letra, en el eje horizontal no difieren significativamente (Tukey 0.05).

Daño por Gusano Elotero (*Helicoverpa zea*).

El promedio de las galerías causadas por *H. zea* en el maíz isohíbrido fue de 2.3 y 1.9 cm en las parcelas con control insecticida e infestación natural, respectivamente (Figura 6), comparado con el maíz con el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 que presentó una media de longitud de daño de 1.2 y 1.33 cm en las parcelas con control insecticida e infestación natural, respectivamente (Figura 6). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas y demostrando la efectividad biológica del evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 contra Gusano Elotero (*H. zea*).

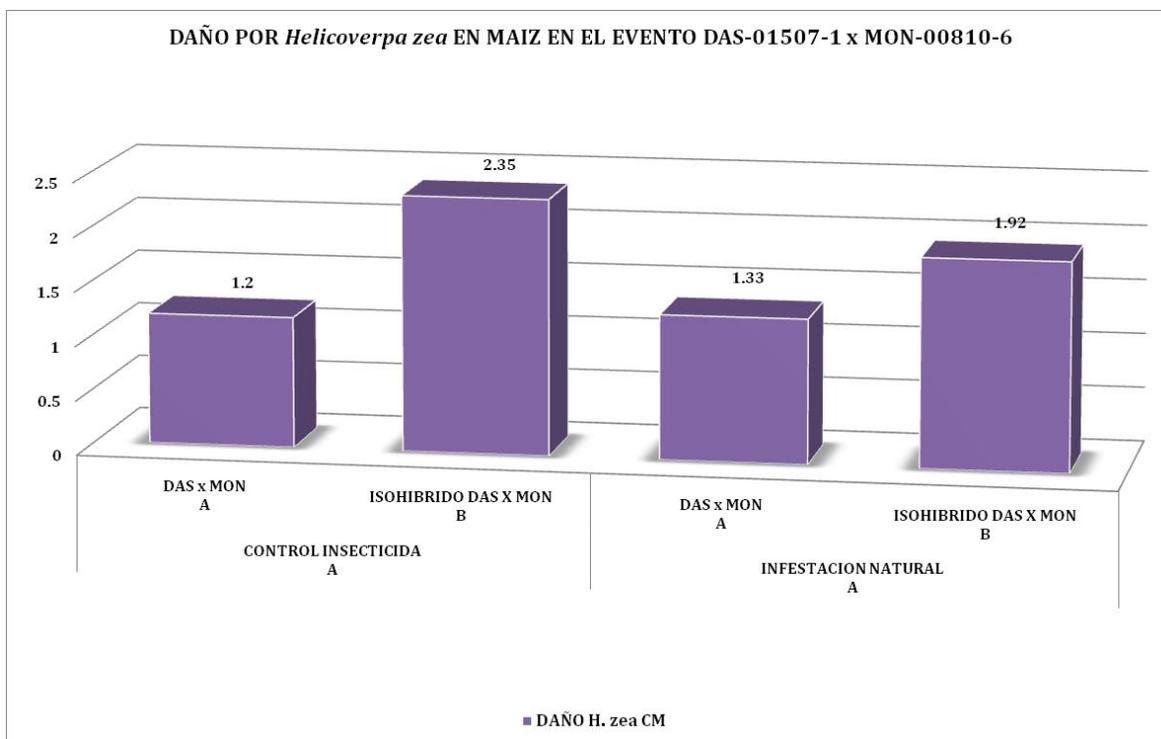


Figura 6. Promedio en longitud de galería en la mazorca por *H. zea* para el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 para la localidad San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011. Tratamientos seguidos por la misma letra, en el eje horizontal no difieren significativamente (Tukey 0.05).

Organismos No Blanco

El número y diversidad de familias de artrópodos No Blanco fue similar en las parcelas de maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido, 29 y 27 familias, respectivamente. Solo 4 de las familias colectadas en el maíz isohíbrido no estuvieron presentes en las parcelas de maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 (Tabla 2), y 6 de las familias colectadas en el maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 no estuvieron presentes en las parcelas con el isohíbrido. Por lo tanto, el número y diversidad de artrópodos No Blanco fue similar en las parcelas de maíz con y sin modificación genética.

Los insectos no blanco capturados en las parcelas sembradas con el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido fueron clasificados en los siguientes órdenes: Aranae, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Neuroptera. A continuación se presenta el

listado de artrópodos benéficos (parasitoides, depredadores y polinizadores) capturados con los diferentes tipos de muestreo: trampas *pitfall*, amarillas y red entomológica (Tabla 2).

Tabla 2. Listado de artrópodos benéficos capturados en en San Pedro de las Colinas, Coahuila, ciclo primavera 2011.

Orden	Familia	Grupo Funcional	DAS-01507-1x MON-00810-6	Isohíbrido
Aranae		Depredador	*	*
Coleoptera	Cicindelidae	Depredador		*
Coleoptera	Coccinellidae	Depredador	*	*
Coleoptera	Sirphydae	Depredador	*	
Coleoptera	Staphylinidae	Depredador	*	*
Diptera	Phoridae	Parasitoide	*	*
Diptera	Silphidae	Depredador	*	*
Diptera	Tachinidae	Depredador	*	*
Hemiptera	Anthocoridae	Depredador	*	*
Hemiptera	Geocorixydae	Depredador	*	
Hemiptera	Myridae	Depredador	*	*
Hemiptera	Nabidae	Depredador	*	
Hemiptera	Reduviidae	Depredador	*	
Hymenoptera	Andrenidae	Parasitoide	*	
Hymenoptera	Apidae	Polinizador	*	*
Hymenoptera	Bethylidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Brachonidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Ceraphronidae	Parasitoide	*	
Hymenoptera	Diapriidae	Parasitoide		*
Hymenoptera	Encyrtidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Eulophidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Eurytomidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Figitidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Formicidae	Depredador	*	*
Hymenoptera	Halictidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Ichneumonidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Megaspilidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Mymaridae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Platygasteridae	Parasitoide		*
Hymenoptera	Pteromalidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Scelionidae	Parasitoide	*	*
Hymenoptera	Vespidae	Polinizador		*
Neuroptera	Chrysopidae	Depredador	*	*
Número total de Familias			29	27

El número promedio de familias de polinizadores, depredadores y parasitoides capturadas con las tres formas de muestreo en el maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido fueron muy similares. Para el caso de los polinizadores se encontraron dos familias en las parcelas de maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 y 2 familias en las de maíz isohíbrido. Se identificaron 13 y 10 familias de depredadores en las parcelas con maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 e híbrido de referencia, respectivamente; se identificaron 15 familias de parasitoides en ambas parcelas (Figura 7).

Los resultados de número de familias de artrópodos no blanco (Cuadro 2 y Figura 7) indican que no existe un efecto negativo del evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 sobre la diversidad de insectos No Blanco.

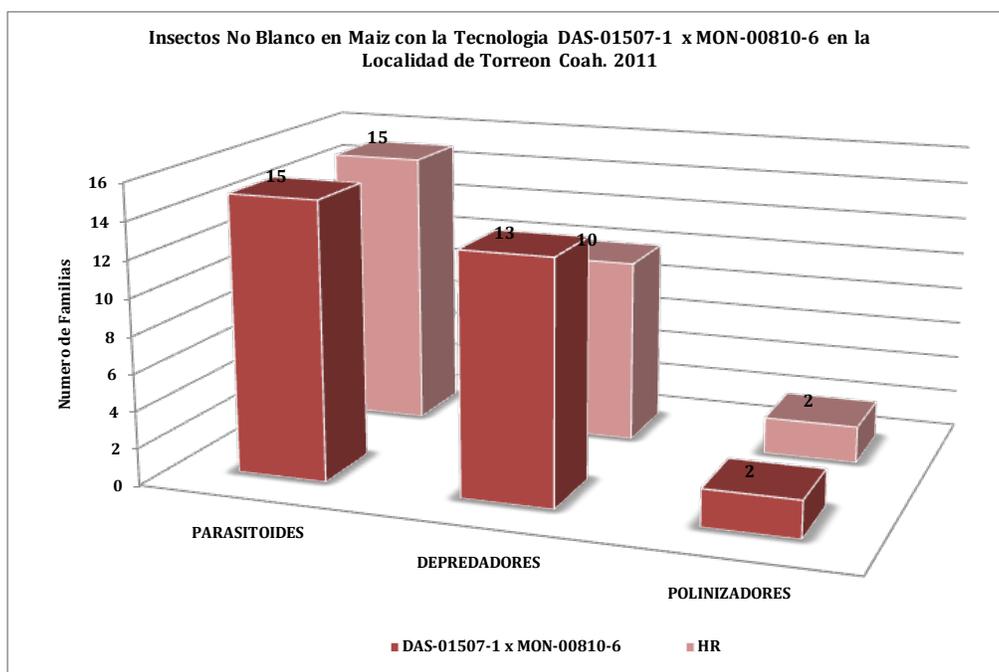


Figura 7. Número de familias por grupo funcional capturadas en maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011. HR= isohíbrido.

El número promedio de insectos capturados por semana con trampas *Pitfall* y trampas amarillas, fue mayor en las parcelas de maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 en comparación con el maíz isohíbrido. El promedio de insectos No blanco capturados PHI México S.A. de C.V.

mediante redeo fue menor en el maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 que en el isohíbrido (Figura 8).

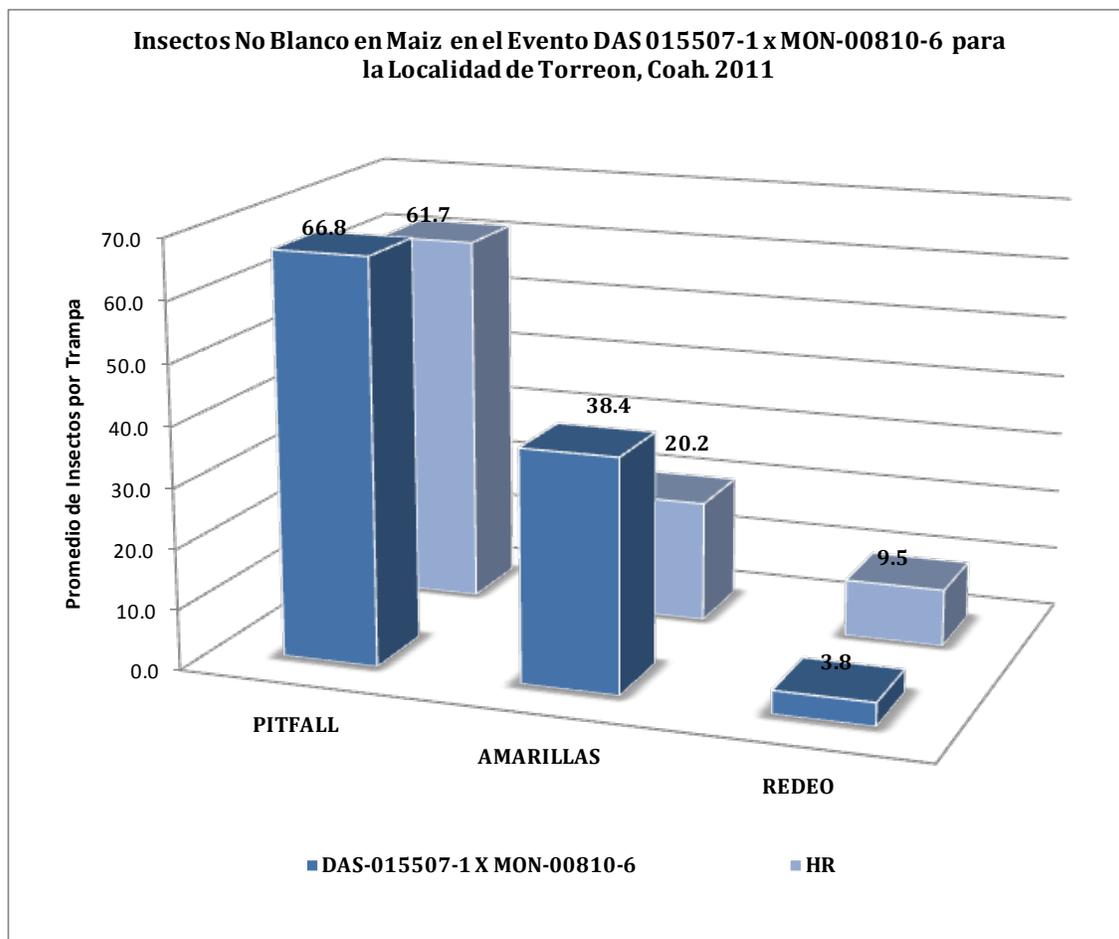


Figura 8. Promedio de insectos benéficos capturados en los diferentes tipos de muestreo en parcelas sembradas con maíz DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, ciclo Primavera-Verano 2011.

Equivalencia Agronómica

Se tomaron en consideración 16 características fenotípicas y fisiológicas del cultivo para estimar si la modificación genética del evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 afectó significativamente la equivalencia agronómica en comparación con su isohíbrido.

Los porcentajes en maíz GM DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido para la característica agronómica Humedad de Grano (HG) fueron de 25.2 % y 23.2 %, respectivamente. Para Acame de Tallo (AT) los porcentajes fueron 10.5 y 7.25 en maíz PHI México S.A. de C.V.

DAS-01507-1 x MON-00810-6 e isohíbrido, respectivamente. El porcentaje de Acame de Raíz (AR) y de Mazorcas Caídas (MC) fue de 0.25 % y 0% en ambos materiales, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Equivalencia agronómica entre el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, determinada de acuerdo al comportamiento de las características agronómicas del maíz evaluadas en porcentaje.

Variable	ISO	DAS-01507-1 x MON-00810-6
HG	23.2	25.2
MC	0	0
AT	7.25	10.5
AR	0.25	0.25

HG.- Humedad del grano; MC.- Mazorcas caídas; AT.- Acame de tallo; AR.-Acame de raíz.

No hubo diferencias entre el maíz DAS-01507-1xMON-00810-6 y su isohíbrido para las características agronómicas que se evalúan con escalas: Pudrición del Tallo (PT), Pudrición de la Mazorca (PM), Vigor de Planta (VP) y StayGreen (SG) (Tabla 4).

Tabla 4. Equivalencia agronómica entre el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, determinada de acuerdo al comportamiento de las características agronómicas del maíz evaluadas con escala.

Variable	ISO	DAS-01507-1 x MON-00810-6	Categoría
PT	9	9	Sin Síntoma
PM	9	8	Ligero-Sin Síntoma
VP	9	9	-
SG	8	8	-

PT.-Pudrición del tallo; PM.-Pudrición de la mazorca; VP.- Vigor de planta; Em.- SG.- Staygreen

No hubo diferencias significativas entre maíz GM DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su isohíbrido para las variables Número de Mazorcas (NM), Peso del Grano (PG), Emergencia (Em), Días a Floración Masculina (DFM), Días a Floración Femenina (DFF), Altura de Mazorca (AM) y Conteo Final (CF). Para la característica agronómica Altura de Planta (AP), el maíz GM DAS-01507-1 x MON-00810-6 obtuvo un promedio de 1.79 m y el maíz isohíbrido 1.71 m, presentando diferencias significativas entre ambos materiales (Tabla 5).

Dicha diferencia puede estar relacionada a la resistencia conferida por el evento DAS-
PHI México S.A. de C.V. Página 33 de 38

01507-1 x MON-00810-6 contra el ataque de Gusano Cogollero (*S. frugiperda*) y Gusano Elotero (*H. zea*).

Tabla 5. Equivalencia agronómica entre el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su Isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, determinada de acuerdo al comportamiento de las características agronómicas del maíz evaluadas cuantitativamente.

Variable	ISO	DAS-01507-1 x MON-00810-6	Tukey
NM	55.7	57.2	NS
PG	9.40	10.9	NS
Em	49	53.5	NS
DFM	59	59	NS
DFF	61	61	NS
AM	0.99	1.0	NS
AP	1.71	1.79	*
CF	29.2	29.7	NS

NM.- Número de mazorcas PG.- Peso de grano.- Em.- Emergencia; DFM.- Días a floración masculina; DFF.- Días a floración femenina; AM.- Altura de mazorca; AP.- Altura de planta; CF.-Conteo final.

N/S Diferencias no significativas

*Diferencias significativas

Rendimiento

El maíz GM DAS-01507-1 x MON-00810-6 presentó rendimientos que superaron a los del isohíbrido en 1.4 y 1.9 ton/ha en las parcelas con control insecticida e infestación natural, respectivamente. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas en las parcelas con infestación natural, no así, en las parcelas con control de insecticida, donde la aplicación redujo la población de insectos lepidópteros plaga y por lo tanto no hubo diferencias. En cuanto a los tratamientos con infestación natural y con control de insecticida, no hubo diferencias significativas (Figura 10).

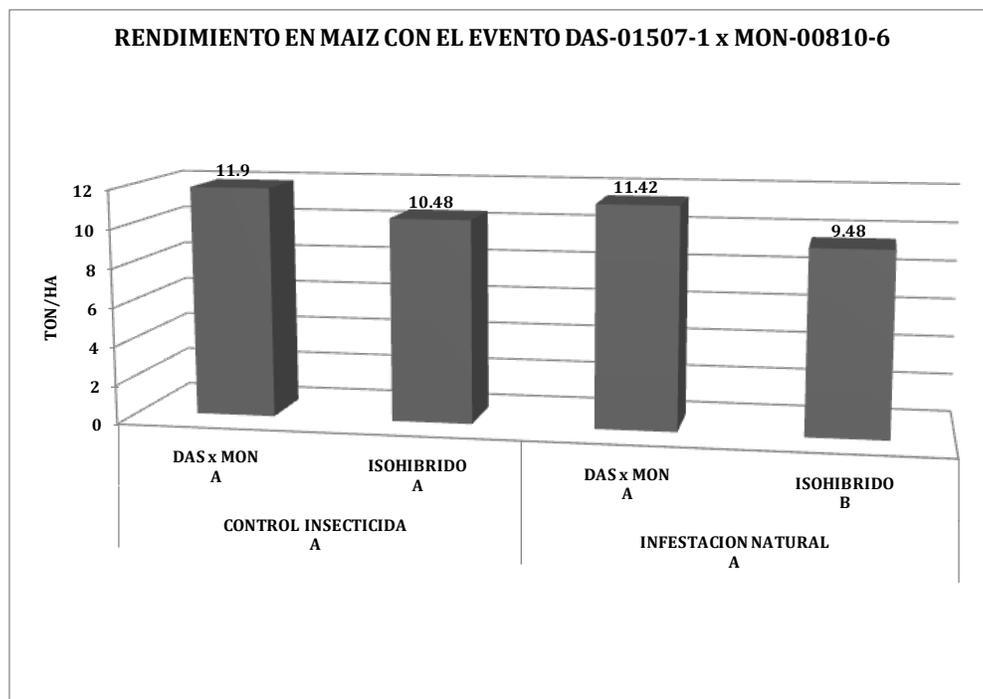


Figura 10. Rendimiento de maíz en ton/ha en parcelas sembradas con maíz con la tecnología DAS-01507-1 x MON-00810-6 y su Isohíbrido en San Pedro de las Colonias, Coahuila, Ciclo Primavera 2011. Tratamientos seguidos por la misma letra, en el eje horizontal no difieren significativamente (Tukey 0.05).

CONCLUSIONES

Eficacia Biológica

1. El maíz genéticamente modificado con el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 fue resistente al ataque de Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y Gusano Elotero (*Helicoverpa zea*) en San Pedro de las Colonias en la región de La Laguna.
2. El Gusano Barrenador del Tallo (*Diatrea* spp.) presentó una densidad de población muy baja, por lo que no se pudo evaluar la eficacia biológica del evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 sobre la plaga.

Organismos No Blanco

El evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 no mostró efecto negativo sobre la diversidad ni la densidad de poblaciones de insectos no blanco en la localidad de San Pedro de las Colonias en la región de La Laguna.

Equivalencia Agronómica

El maíz genéticamente modificado con el evento DAS-01507-1 x MON-00810-6 fue agronómicamente equivalente a su isohíbrido en la localidad de San Pedro de las Colonias en la región de La Laguna.

LITERATURA CITADA

Bulla, L. A., Jr., K. J. Kramer, and L. I. Davidson. 1977. Characterization of the entomocidal parasporal crystal of *Bacillus thuringiensis*. *J. Bacteriol.* **130**:375-383.

Huber, H. E. and Luthy, P. 1981. *Bacillus thuringiensis* (5-endotoxin: composition and activation. In *Pathogenesis of Invertebrate Microbial Diseases* (ed. E. W. Davidson), pp. 209-234. Allanheld: Osmun., Totowa, NJ.

Hofmann, C, Luethy, P., Huetter, R. and Pliska, V. (1988). Binding of the delta endotoxin from *Bacillus thuringiensis* to brush border membrane vesicles of the cabbage butterfly (*Pieris brassicae*). *Eur. J. Biochem.* **173**, 85-91.

Wolfersberger, M. G., Hofmann, C. and Luethy, P. (1986). Interaction of *Bacillus thuringiensis* delta-endotoxin with membrane vesicles isolated from lepidopteran larval midgut. *Zentralbl. Bakt. Mikrobiol. Hyg. I.* (Suppl.) **15**, 237-238.

Davis, F.M., Sen, S.N. & Williams, W.P. 1989. Mechanisms of resistance in corn to leaf feeding by southwestern corn borer and European corn borer (Lipidoptera: *Phyralidae*). *J. Econ. Entomol.*, 82: 919-922.

Davis, F.M., Williams, W.P. & Wiseman, B.R. 1989. Methods used in screening and determining mechanisms of resistance to the southwestern corn borer and fall army-worm. In *CIMMYT 1989. Towards Insect Resistance Maize for the Third World: Proc. Int. Symp. on Methodologies for Developing Host Plant Resistance to Maize Insects*. Mexico, DF, CIMMYT.

Guthrie, W.D., Dicke, F.F. & Neiswander, D.R. 1960. Leaf and sheath feeding resistance to the European corn borer in eight inbred lines of dent corn. *Ohio Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 860.

Mihm, J.A. 1983a. Efficient mass rearing and infestation techniques to screen for host plant resistance to maize stem borers (*Diatraea spp.*). Mexico, DF, CIMMYT. 16 pp.

Mihm, J.A. 1983b. Techniques for efficient mass rearing and infestation in screening for host plant resistance to corn earworm, *Heliothis zea*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. CIMMYT, El Batán, México. 16 pp.

Castillejos Vasty, García Luis, Cisneros Juan, Goulson Dave, D. Cave Ronald, Primitivo Caballero

& Williams Trevor. 2000. The potential of *Chrysoperla rufilabris* and *Doru taeniatum* as agents for dispersal of *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus in maize. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 98: 353–359.

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.

Iannone, N. 2001. Control químico de *Diatraea* tecnología que apunta a la alta producción. Revista de tecnología agropecuaria. Divulgación técnica del INTA Pergamino. Vol. VI. Nro. 17. pp.33-37. *Diatraea saccharalis*

Aragón, J. 2002. Plagas de maíz y su control integrado. En: Guía Dekalb del cultivo de Maíz. E. Satorre et al. (Eds.). p 117-134. Monsanto Argentina S.A. Bs. As., Argentina.

Diatraea saccharalis