

Resultados de los ensayos realizados por la red Genvce en las campañas 2009 y 2010

Evaluación de nuevas variedades de maíz para grano ciclo 700 y transgénicas

El Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España (Genvce) coordina los ensayos de evaluación de nuevas variedades de maíz, que realizan institutos y servicios oficiales de las distintas comunidades autónomas. Se presentan los resultados productivos y de parámetros agronómicos obtenidos en los ensayos de variedades de ciclo 700 y transgénicas derivadas del MON 810 (600 y 700), con resistencia a los taladros del maíz, durante las campañas 2009 y 2010.

GENVCE.

Grupo para la Evaluación de Nuevas Variedades de Cultivos Extensivos en España.

La coordinación y el tratamiento conjunto de los ensayos de la red Genvce ha sido financiada por la Oficina Española de Variedades Vegetales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Los ensayos han sido realizados por institutos y servicios oficiales de ámbito autonómico y nacional:

- ▶ Ifapa-Centro Las Torres (Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica) - Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía.
- ▶ Centro de Transferencia Agroalimentaria - Departamento de Agricultura - Gobierno de Aragón.
- ▶ Servicio de Investigación y Forma-

ción Agraria - Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.

- ▶ Instituto Técnico Agronómico Provincial (ITAP) - Diputación de Albacete.
- ▶ Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL) - Junta de Castilla y León.
- ▶ Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) - Generalitat de Catalunya.
- ▶ Centro de Investigación Finca La Orden-Valdesequera - Junta de Extremadura.
- ▶ Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (Imidra) - Comunidad de Madrid.



Ensayo de variedades de ciclo 700 con riego por goteo. Fuente: IFAPA-Centro Las Torres.

- ▶ Instituto Técnico y de Gestión Agrícola (ITGA) – Gobierno de Navarra.
- ▶ Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA).

También han colaborado empresas productoras de semillas de maíz.

El diseño de los ensayos ha sido en fila-columna latinizado o bloques al azar, con tres o cuatro repeticiones por cada variedad. El tamaño de la parcela elemental ha variado entre 24 y 30 m², con cuatro hileras de maíz. Los parámetros se han evaluado normalmente en las dos hileras centrales.

Variedades de ciclo 700

Variedades ensayadas

Durante la campaña 2010 se han ensayado diez nuevas variedades de ciclo 700 junto con cuatro testigos (**cuadro I**). De entre las nuevas variedades, DKC6450, Elioso y LG 37.10 terminan su período de evaluación en Genvce al completarse su tercer año de ensayo en la red.

Localización y número de ensayos

En las campañas 2009 y 2010 se han realizado veintiocho ensayos (catorce durante la campaña 2009 y catorce durante la de 2010), distribuidos en las principales zonas de cultivo de maíz (**figura 1**).

Rendimiento

Los resultados de las dos últimas campañas 2009 y 2010 muestran diferencias significativas de producción entre variedades (**cuadro II**). Ninguna variedad ha superado significativamente las producciones de los testigos Helen y DKC6666; si bien Antiss se ha mostrado significativamente superior al testigo Eleonora. El grupo de variedades formado por Antiss, Helen, DKC6666, DKC6450 y LG 37.10 ha sido el más productivo, superando significativamente al híbrido Elioso. Los resultados de la variedad DKC6450 deben ser tomados con precaución al haberse ensayado únicamente en diecinueve de los veintiocho ensayos (68%), no habiéndose incluido en ninguno de los ensayos andaluces en estas dos campañas.

Por lo que se refiere a los resultados de esta última campaña, se han observado de nuevo diferencias significativas de producción entre las variedades ensayadas. Ninguna variedad ha superado significativamente el rendimiento

CUADRO I.

Variedades de maíz de ciclo 700 ensayadas durante la campaña 2010.

Variedades	Año de ensayo	Año y país de registro	Empresa comercializadora
DKC6666	Testigo	Italia (2006)	MONSANTO
ELEONORA	Testigo	Italia (1995)	PIONEER HI-BRED
HELEN	Testigo	España (2003)	LIMAGRAIN IBÉRICA
PR32W86	Testigo	Italia (2003)	PIONEER HI-BRED
DKC6450	3º	Italia (2006)	MONSANTO
ELIOSO	3º	Italia (2007)	SEMILLAS BATLLE
LG 37.10	3º	España (2008)	LIMAGRAIN IBÉRICA
ANTISS	2º	Italia (2009)	LIMAGRAIN IBÉRICA
BENGALI	2º	Italia (2006)	RAGT IBÉRICA
MAS 70.F	2º	Italia (2009)	MAISADOUR
AGN 717	1º	Grecia (2009)	ROCALBA
BENAZIR	1º	Italia (2009)	RAGT IBÉRICA
MAS 58.M	1º	Italia (2010)	MAISADOUR
PR32B41	1º	España (2008)	PIONEER HI-BRED

de los testigos PR32W86, Helen y DKC6666. PR32B41 y el testigo PR32W86 han superado de manera significativa las producciones del testigo Eleonora. El grupo de variedades más productivo ha estado formado por PR32B41, PR32W86, Antiss, Helen, MAS 58.M, DKC6666, DKC6450, Benazir y LG37.10. Este grupo ha mostrado un potencial productivo significativa-

mente superior al de las nuevas variedades Elioso y Bengali.

Normalmente, las variedades más apreciadas por el agricultor son las que presentan simultáneamente una alta productividad con una baja humedad del grano. MAS 70.F ha sido el híbrido que ha presentado una mayor humedad del grano (**figura 2**). Es destacable el compor-

FIGURA 1

Localización de los ensayos de variedades de maíz de ciclo 700 realizados durante las campañas 2009 y 2010.



FIGURA 2

Producción y humedad del grano de las variedades de maíz de ciclo 700, ensayadas en el marco del Genvece, durante las campañas 2009 y 2010.

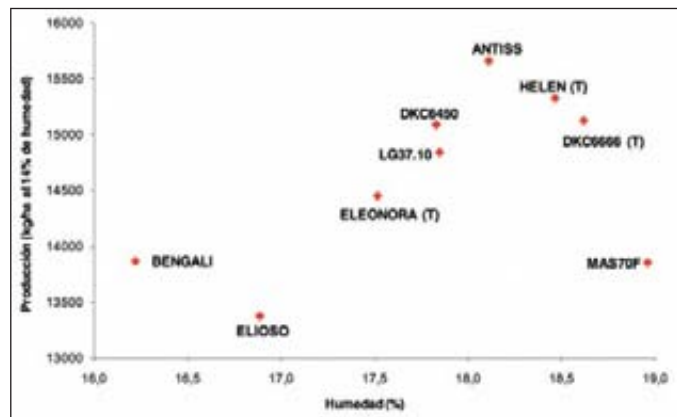
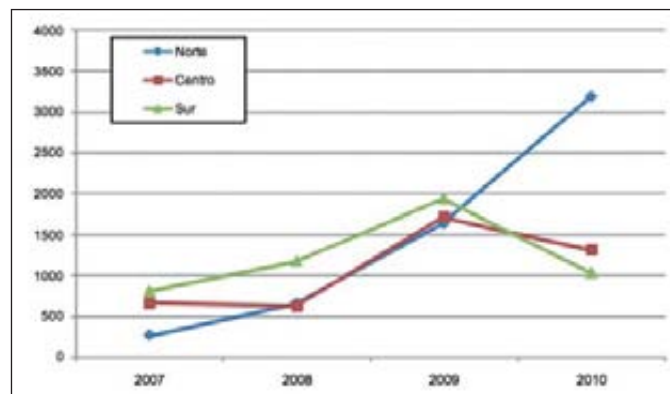


FIGURA 3

Contenido en fumonisinás de muestras de ensayos de variedades obtenidas durante las campañas 2007, 2008, 2009 y 2010 en las zonas norte, centro y sur de España.



tamiento de Antiss que ha sido la variedad más productiva presentando una humedad inferior a Helen y DKC666.

Parámetros agronómicos

Se han analizado conjuntamente los parámetros agronómicos de las dos últimas campañas (**cuadro III**). Las variedades que han

presentado una fecha de floración más tardía han sido Elioso y el testigo Eleonora. Las variedades DKC6666, Eleonora, Antiss y Elioso presentan los mayores valores de integral térmica (temperatura media diaria acumulada desde la siembra hasta madurez fisiológica), superiores al testigo Helen. La variedad MAS 70.F, junto con los testigos DKC6666 y Helen,

han presentado los valores de humedad más elevados en el momento de la cosecha. Las humedades más bajas se han observado en Bengali y Elioso. Esta última variedad ha pre-

FIGURA 4

Localización de los ensayos de variedades de maíz transgénico derivado del evento MON810 realizados durante las campañas 2009 y 2010.



Mazorca de maíz. Fuente: IRTA Mas Badia.

sentado el mayor peso específico. El testigo Helen y las variedades Elioso y LG 37.10 han sido las más altas de entre todas las ensayadas; mientras que MAS 70.F y Antiss han sido las más bajas. Por otro lado, el testigo Helen, junto con Elioso, Eleonora, MAS 70.F, DKC6666 y Bengali han mostrado la mayor altura de inserción de la mazorca. La variedad DKC6450 ha sido la variedad con una altura de inserción de la mazorca más baja.

Desde hace unos años, desde el grupo Genvece se ha realizado un análisis del contenido en fumonisinas de algunas muestras obtenidas en los campos de ensayo de variedades, con el objetivo de intentar determinar su incidencia en el cultivo del maíz. En la **figura 3** se muestran los resultados de las cuatro últimas campañas en función de la zona geográfica de procedencia de la muestra. Si bien en la mayoría de los casos los resultados han sido inferiores al umbral establecido por la normativa comunitaria (un máximo de 4.000 µg/kg para



CUADRO II.

Rendimiento de las variedades de maíz de ciclo 700, ensayadas la red Genvece durante las campañas 2009 y 2010.

VARIETADES	CAMPAÑAS 2009 y 2010			CAMPAÑA 2010		
	Producción (kg/ha)	Índice productivo (%)	Separación de medias Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	Producción (kg/ha)	Índice productivo (%)	Separación de medias Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)
ANTISS	15.661	104,6	a	15.611	102,1	ab
HELEN (T)	15.325	102,4	ab	15.544	101,7	abc
DKC6666 (T)	15.125	101,1	ab	15.285	100,0	abc
DKC6450	15.089	100,8	abc	15.277	99,9	abc
LG 37.10	14.840	99,2	abcd	15.077	98,6	abcd
ELEONORA (T)	14.448	96,5	bcd	14.586	95,4	bcde
BENGALI	13.868	92,7	cde	13.796	90,2	e
MAS 70.F	13.856	92,6	de	14.491	94,8	cde
ELIOSO	13.376	89,4	e	13.562	88,7	e
PR32B41				16.053	105,0	a
PR32W86 (T)				15.736	102,9	a
MAS 58.M				15.292	100,0	abc
BENAZIR				15.178	99,3	abcd
AGN 717				14.090	92,2	de
Media de los ensayos		14.621 kg/ha			14.970 kg/ha	
Índice 100		14.966 kg/ha			15.288 kg/ha	
Significación de las varied.		$p < 0,0001$			$p < 0,0001$	
Coefficiente de variación		6,85%			7,11%	

Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

CUADRO III.

Parámetros agronómicos de las variedades de ciclo 700 ensayadas en el marco de Genvece durante los años 2009 y 2010.

Varietales	Fecha de floración femenina	Integral térmica * (sembrado a madurez fisiológica) (°C)	Humedad (%)	Peso específico (kg/hl al 14% de humedad)	Altura de la planta (cm)	Altura del nudo de inserción de la mazorca (cm)
ANTISS	5 de julio	2.212	18,1 bc	70,7 cd	267 e	101 cd
BENGALI	5 de julio	2.144	16,2 d	73,7 ab	274 de	110 ab
DKC6450	5 de julio	2.189	17,8 c	73,0 ab	277 cde	99 d
DKC6666 (T)	6 de julio	2.293	18,6 ab	72,6 abc	284 bcd	112 ab
ELEONORA (T)	9 de julio	2.274	17,5 c	73,3 ab	287 abc	113 ab
ELIOSO	9 de julio	2.212	16,9 d	73,9 a	294 ab	115 ab
HELEN (T)	6 de julio	2.206	18,5 ab	71,6 bcd	297 a	116 a
LG 37.10	5 de julio	2.195	17,8 c	71,9 abcd	293 ab	108 bc
MAS 70.F	7 de julio	2.189	19,0 a	70,0 d	272 e	113 ab
Media del ensayo	6 de julio	2.213	17,8	72,3	283	110
Nivel de significación de las variedades	-	-	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Número de ensayos	-	1	31	10	24	29

Las separaciones de medias se han realizado con el test de Edwards & Berry ($\alpha=0,05$).

* Las integrales térmicas se han calculado considerando unas temperaturas umbrales de 30 y 6°C. Estos datos han sido facilitados por la Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).



Campo de maíz en floración. Fuente: Centro de Transferencia Agroalimentaria de Aragón.



Cosecha de un ensayo de Castilla-La Mancha. Fuente: Servicio de Investigación y Formación Agraria.

FIGURA 5

Biplot G+GE realizado con los valores del PC1 y del PC2 obtenidos con los resultados productivos de las variedades de maíz ensayadas en el marco de Genvece durante los años 2009 y 2010, en función de la zona geográfica.

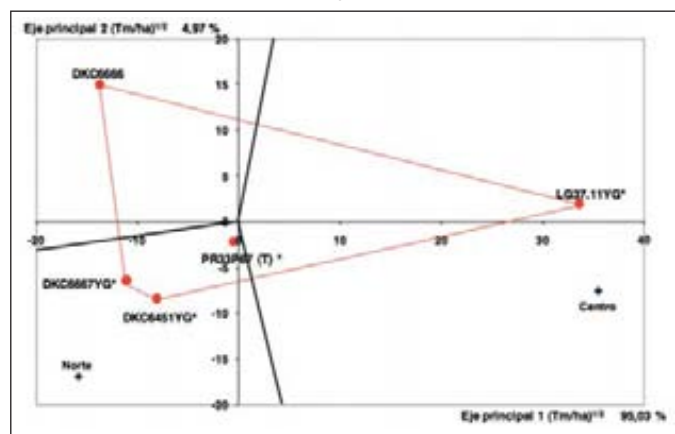
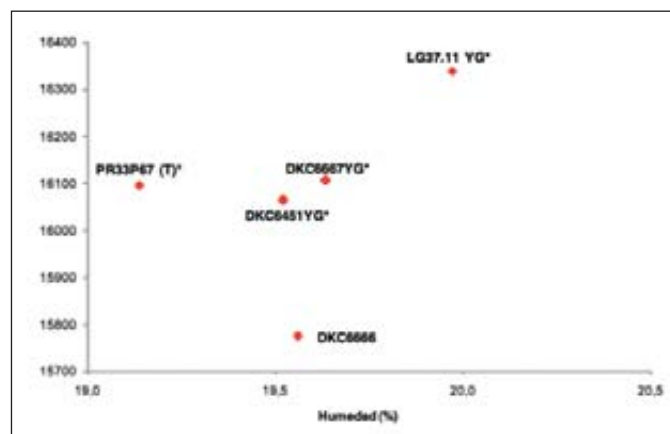


FIGURA 6

Producción y humedad del grano de las variedades de maíz transgénicas derivadas del evento MON810, ensayadas en el marco del Genvece, durante las campañas 2009 y 2010.



Ensayo de variedades de ciclo 700 con riego de superficie. Fuente: IRTA Mas Badia.

maíz destinado a consumo humano), en la campaña 2010 el contenido en fumonisinas ha sido más alto en las muestras de la zona norte (Valle del Ebro y provincia de Girona).

Variedades transgénicas derivadas del evento MON810

Variedades ensayadas

En el **cuadro IV** se pueden observar las variedades de maíz transgénicas que incorporan el evento MON810 ensayadas el año 2010. Las variedades PR33P67 y Helen Bt son las variedades testigos. DKC6450, DKC6666, Helen y Klimt son convencionales e isogénicas de las variedades transgénicas DKC6451YG, DKC6667YG, Helen Bt y Karter YG, respectiva-

mente. Los híbridos DKC6451YG, DKC6667YG, LG 37.11 YG, PR32G49 y el testigo Helen Bt son de ciclo 700; mientras que KarterYG, Lynx YG, Vivani YG y el testigo PR33P67 son de ciclo 600.

Localización y número de ensayos

En las campañas 2009 y 2010 se han realizado quince ensayos (siete durante la campaña 2009 y ocho durante la campaña 2010), distribuidos en las principales zonas de cultivo de maíz (figura 4).

Rendimiento

En el cuadro V se muestran los resultados productivos de los ensayos de variedades transgénicas derivadas del evento MON810 de las campañas 2009 y 2010. No se han detectado diferencias significativas entre los genotipos estudiados. En todo caso, la variedad LG 37.11YG ha presentado las mayores producciones y ha mostrado un comportamiento muy inestable (comportándose en el 47% de los ensayos entre las variedades más productivas y en el 40%, entre las menos productivas).

En el estudio de la última campaña 2010, tampoco se han detectado diferencias significativas entre las variedades de ensayo.

Con la intención de comparar los rendimientos de las variedades transgénicas respecto a sus isogénicas convencionales, se ha realizado el estudio del contraste entre las producciones de ambos grupos, los resultados se muestran en el cuadro VI.

Tanto en el análisis de las campañas 2009 y 2010 conjuntamente como en el análisis de la campaña 2010 no se han observado diferencias significativas entre variedades transgénicas y sus isogénicas convencionales. Este comportamiento sería normal puesto que los ataques de taladro del maíz han sido muy bajos durante estas dos campañas.

Con el objetivo de facilitar la interpretación de la interacción variedad por ambiente, se ha realizado una agrupación de los ensayos en dos zonas geográficas:

- Centro. Incluye los ensayos realizados en las localidades de Aranjuez y Arganda (Madrid), Las Tiesas (Castilla-La Mancha) y La Orden y Moraleja (Extremadura).

- Norte. Incluye los ensayos realizados en las localidades de Ejea de los Caballeros y Sariñena (Aragón), La Tallada d'Empordà y el Ponal (Cataluña) y en Cadreita (Navarra).

CUADRO IV.

Variedades de maíz transgénico e isogénicas convencionales, incluidas en los ensayos realizados en el marco de Genvece, durante el año 2010.

Variedades	Evento	Año de ensayo	Año y país de registro	Empresa comercializadora
HELEN Bt (T)*	MON 810	Testigo	España (2005)	LIMAGRAIN IBÉRICA
PR33P67 (T) *	MON 810	Testigo	España (2004)	PIONEER HI-BRED
DKC6450	Convencional	Referencia	Italia (2006)	MONSANTO
DKC6666	Convencional	Referencia	Italia (2006)	MONSANTO
HELEN	Convencional	Referencia	España (2002)	LIMAGRAIN IBÉRICA
KLIMIT	Convencional	Referencia	Italia (2005)	K.W.S.
DKC6451YG *	MON 810	3	España (2007)	MONSANTO
DKC6667YG *	MON 810	2	España (2007)	MONSANTO
LG 37.11 YG *	MON 810	2	España (2008)	LIMAGRAIN IBÉRICA
KARTER YG *	MON 810	1	España (2009)	K.W.S.
LYNXX YG *	MON 810	1	Portugal (2009)	RAGT IBÉRICA
PR32G49 *	MON 810	1	España (2009)	PIONEER HI-BRED
VIVANI YG *	MON 810	1	España (2009)	SEMILLAS CAUSSADE

* Variedades transgénicas.

CUADRO V.

Rendimiento de las variedades de maíz transgénicas derivadas del evento MON810, ensayadas la red Genvece durante las campañas 2009 y 2010.

VARIETADES	CAMPAÑAS 2009 y 2010			CAMPAÑA 2010		
	Producción (kg/ha)	Índice productivo (%)	Separación de medias Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)	Producción (kg/ha)	Índice productivo (%)	Separación de medias Test Edwards & Berry ($\alpha=0,05$)
LG 37.11 YG*	16.338	101,5	a	16.487	101,5	a
DKC6667YG*	16.106	100,1	a	15.833	97,4	a
PR33P67 (T)*	16.095	100,0	a	16.244	100,0	a
DKC6451YG*	16.064	99,8	a	16.050	98,8	a
DKC6666	15.774	98,0	a	15.286	94,1	a
PR32G49*				16.560	101,9	a
VIVANI YG*				16.488	101,5	a
LG 37.11 YG*				16.487	101,5	a
HELEN Bt (T)*				16.251	100,0	a
DKC6450				16.117	99,2	a
HELEN				15.989	98,4	a
KARTER YG*				15.967	98,3	a
KLIMIT				15.240	93,8	a
LYNXX YG*				14.609	89,9	a
Media de los ensayos		16.075 kg/ha			15.932 kg/ha	
Índice 100		16.095 kg/ha			16.248 kg/ha	
Significación de las varied.		$p < 0,8646$			$p < 0,0517$	
Coefficiente de variación		6,82%			7,75%	

Medias ajustadas por mínimos cuadrados.

Se ha observado una interacción zona geográfica por variedad significativa ($p=0,0158$), por lo que podemos afirmar que las variedades han presentado un comportamiento diferencial en las diferentes zonas geográficas establecidas.

La variedad LG37.11 YG ha presentado una elevada interactividad, mostrando una buena adaptación a la zona centro (figura 5). Los híbridos DKC6451YG y DKC6667YG han presentado una clara adaptación a la zona norte.

CUADRO VI.

Rendimiento de las variedades de maíz transgénicas derivadas del evento MON810 y sus respectivas isogénicas convencionales, ensayadas la red Genvce durante las campañas 2009 y 2010.

VARIETADES	CAMPAÑAS 2009 y 2010		CAMPAÑA 2010	
	Producción (kg/ha)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha)	Índice productivo (%)
Transgénicas ¹	16.106	101,0	16.025	101,2
Isogénicas convencionales ²	15.774	99,0	15.658	98,8
Media de los ensayos	16.075 kg/ha		15.842 kg/ha	
Nivel de significación del contraste	p = 0,3021		p = 0,5558	
CAMPAÑA 2009 Y 2010. ¹ DKC6667YG; ² DKC6666.				
CAMPAÑA 2010. ¹ DKC6451YG, DKC6667YG, KARTER YG y HELEN Bt; ² DKC6450, DKC6666, KLIMT y HELEN.				
Medias ajustadas por mínimos cuadrados.				

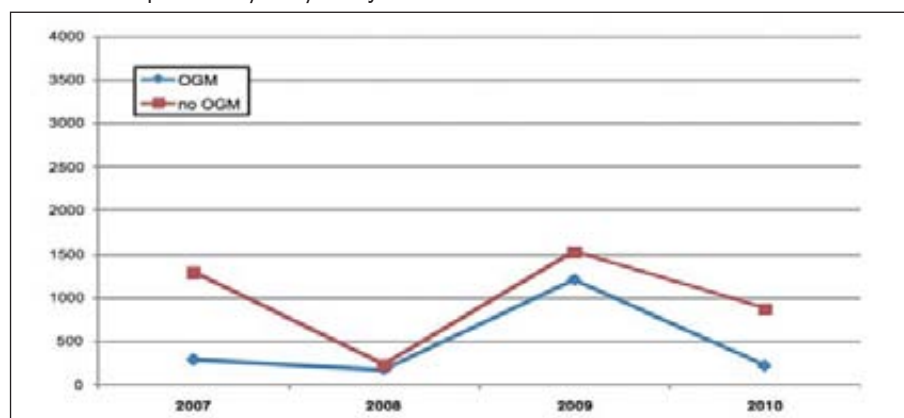
CUADRO VII.

Parámetros agronómicos de las variedades transgénicas ensayadas en el marco de Genvce las campañas 2009 y 2010.

Variedades	Fecha de floración femenina	Humedad (%)	Peso específico (kg/hl al 14% de humedad)	Altura de la planta (cm)	Altura del nudo de inserción de la mazorca (cm)	Número de larvas de <i>Ostrinia nubilalis</i> por planta	Número de larvas de <i>Sesamia nonagrioides</i> por planta
DKC6451YG*	13 de julio	19,5 ab	73,5 bc	276 b	101 c	0 b	0
DKC6666	13 de julio	19,6 ab	73,4 bc	288 a	118 a	1 a	2
DKC6667YG*	13 de julio	19,6 ab	73,9 b	282 ab	107 bc	0 b	0
LG 37.11 YG*	14 de julio	20,0 a	72,3 c	292 a	111 ab	0 b	1
PR33P67 (T) *	14 de julio	19,1 b	76,8 a	283 ab	108 bc	0 b	0
Media del ensayo	13 de julio	19,6	74,0	284	109	0	0
Nivel de significación de las variedades	-	p=0,0236	p<0,0001	p=0,0014	p<0,0001	p=0,0048	p=0,5728
Nº de ensayos	14	16	8	13	15	7	3
* Variedades transgénicas.							
Las separaciones de medias se han realizado con el test de Edwards & Berry ($\alpha=0,05$).							

FIGURA 7

Contenido en fumonisinas ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de variedades transgénicas y sus isogénicas convencionales obtenidas durante las campañas 2007, 2008, 2009 y 2010.



La variedad LG 37.11YG ha sido la más productiva, sin diferencias significativas con el resto, pero su humedad ha sido también la más elevada de entre todas las variedades ensayadas. Si bien el contenido de humedad ha sido muy parecido entre la variedad DKC6667YG y su isogénica convencional DKC6666, la primera ha mostrado un potencial productivo superior (figura 6).

Parámetros agronómicos

Se han analizado conjuntamente los parámetros agronómicos de las variedades transgénicas de los ensayos realizados durante las dos últimas campañas (cuadro VII).

La variedad LG 37.11YG ha presentado los mayores valores de humedad del grano en el momento de la cosecha, con diferencias significativas con el testigo PR33P67. Este testigo ha mostrado asimismo el mayor peso específico, con diferencias significativas con el resto de variedades ensayadas.

DKC6666 y LG 37.11YG han sido las variedades con una mayor altura de la planta y de inserción de la mazorca; siendo DKC6451YG la más baja en ambos casos. Se han observado diferencias significativas en la altura de inserción de la mazorca de variedades transgénicas y sus isogénicas convencionales, siendo las segundas más altas. Esta diferencia ha sido detectada en múltiples ocasiones, sin conocerse por el momento el motivo.

Como cabía a esperar, la variedad convencional ha presentado el mayor número de larvas de *Ostrinia nubilalis* y de *Sesamia nonagrioides* por planta; si bien los niveles de esta plaga están siendo bastante bajos desde hace unos pocos años.

En la figura 7 se observan los resultados de las analíticas del contenido en fumonisinas de variedades transgénicas y de sus isogénicas convencionales durante las tres últimas campañas. Los contenidos en esta toxina han sido muy bajos durante la última campaña tanto en variedades transgénicas como en sus isogénicas convencionales. Si bien, se observa claramente que las variedades convencionales presentan en todos los casos contenidos superiores a las variedades transgénicas. Los contenidos bajos que se han detectado estas últimas campañas, se explicarían por los bajos niveles de ataque de taladre, plaga muy relacionada con el hongo productor de fumoninas (*Fusarium verticilloides*).