

DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓ I ASESORAMENT AL SECTOR AGROALIMENTARI

N 10 | VARIEDADES DE MAIZ

Febrero 2006

P02 Presentación **P03** Evaluación de nuevas variedades comerciales de maíz **P13** Variedades de maíz genéticamente modificadas (GM), con resistencia a los barrenadores **P19** Coexistencia entre maíz bt y convencional **P24** La Entrevista



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària
i del món rural

www.ruralcat.net



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia i Pesca**
www.gencat.net/darp





PRESENTACIÓN



Josep Tarragó i Colominas
Director General del IRTA

En el presente número del DOSSIER TÈCNIC el lector encontrará diferentes artículos sobre los resultados de la experimentación en variedades de maíz, transgénicas y no transgénicas, así como datos de proyectos de investigación sobre la coexistencia de maíz BT y convencional.

Estos resultados son, en su mayoría, fruto del trabajo de investigadores del IRTA (Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias) que es la empresa pública del Gobierno de la Generalitat que, adscrita al Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca, ejerce la competencia de la gestión de los servicios públicos de investigación y tecnología agroalimentaria en Cataluña.

EL IRTA, a lo largo de los años, ha ido buscando unos grupos de investigación en los diferentes ámbitos en que trabaja, desde la producción vegetal hasta la producción animal pasando por la tecnología de alimentos.

Y en sus orientaciones estratégicas, que vienen marcadas por el propio Gobierno de la Generalitat, tiene la voluntad de ir cubriendo aquellos aspectos de más interés que exigen

una mayor producción de información para el sector al cual dirige su actividad.

En este sentido, es del todo procedente que desde el IRTA se aborden los diferentes aspectos relacionados con la aplicación de nuevas tecnologías como la de la ingeniería genética. La aplicación de estas técnicas ha permitido que hoy en día existan ya en el mercado variedades de maíz transgénicas que han cubierto algunos de los déficits existentes a nivel agronómico (aparición de determinadas plagas) y han aportado una vía de solución a estos problemas. Por lo tanto, con el análisis de estos ensayos y experimentaciones creemos que desde el IRTA contribuimos a difundir una información fehaciente al sector productor que le permita tomar opciones en base a esta información. Por otra parte, en algún caso también la Administración debe disponer de datos para poder desarrollar sus propias normativas. Este es el caso de los estudios de coexistencia. Y por esta razón, los equipos de investigación del IRTA, con financiación pública, han seguido trabajando sobre la polinización cruzada que se puede producir entre variedades transgénicas y no transgénicas.

De esta manera se pueden dar datos precisos y concretos sobre las distancias a las que se deben situar los campos que se cultivan de una u otra variedad. Más tarde, corresponderá a las autoridades administrativas convertir estos datos, obtenidos con la aplicación del método científico y, por lo tanto, con dispositivos experimentales oportunos, en normativas o recomendaciones para los agricultores.

Espero que estos resultados y estos datos sean de interés para los lectores y puedan contribuir a aportar una información rigurosa e independiente sobre esta cuestión.

Dossier Tècnic. Núm. 10 "Variedad de Maíz"

Febrero de 2006

Edición

Dirección General de Producción, Innovación e Industrias agroalimentarias. Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Catalunya.

Consejo de Redacción

Salvador Puig Rodríguez, Ramón Lletjós Castells, Ramón Jové Miró, Santiago Planas de Martí, Ester Peña de las Heras, Francesc Reguant Fosas, Margarida Franch Gallés (DG02), Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Santiago Riera Lloveras (Prensa) y Joan S. Minguet Pla.

Coordinación del presente número

Joan Salvador Minguet Pla

Producción

Teresa Boncompte Ribera y Joan S. Minguet Pla

Corrección estilística y lingüística

Teresa Boncompte Ribera

Asesoramiento lingüístico

Joan Ignasi Elias Cruz

Grafismo y maquetación

Quin Team!

Impresión

Produccions Gràfiques, SL

Coordinación y traducción de la versión en castellano

TRAGSATEC

La versión en castellano de este número de Dossier Tècnic, es fruto de la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino con el Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Catalunya

Depósito legal

B-16786-05

ISSN: 1699-5465

NIPO 770-10-014-0

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. DOSSIER TÈCNIC no se identifica necesariamente. Se autoriza la reproducción total o parcial del artículo citando la fuente y el autor

DOSSIER TÈCNIC se distribuye gratuitamente. Podéis pedir más ejemplares a la dirección: dossier@ruralcat.net

Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca
Gran Vía de les Corts Catalanes, 612, 4a planta
08007 - Barcelona
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02
e-mail: dossier@ruralcat.net

Más recursos, enlaces y la versión electrónica en la web de RuralCat)
www.ruralcat.net

Foto portada

Espiga de maíz en floración. Antoni López. UDL - IRTA.

EVALUACIÓN DE NUEVAS VARIETADES COMERCIALES DE MAÍZ DE CICLO 700 Y 600 EN CATALUÑA



Campo de ensayo de La Tallada d'Empordà (Baix Empodà) Foto: A. Roselló



Campo de ensayo del Palau d'Anglesola. El Pla d'Urgell. Foto: A. López

01 Introducción

La superficie de cultivo de maíz en Cataluña durante el año 2005 ha sido de 38.938 ha, según el avance de datos del DARP. Esta superficie se concentra principalmente en las comarcas de Lleida (64%) y de Girona (29%). Durante la campaña 2005 ha habido una disminución de un 8% en la superficie total del cultivo respecto a la cual se sembraba en los últimos años (Figura 1). Este ligero decrecimiento ha sido provocado por un descenso del 12% de la superficie sembrada en Lleida como consecuencia de la incertidumbre en la disponibilidad de agua de riego en la zona.

Las condiciones y las características de las zonas de regadío de Lleida y Girona, donde se concentra la mayor parte de la producción, permiten lograr rendimientos productivos muy elevados. Uno de los factores que más incide en las producciones de cada parcela es la variedad cultivada. La afluencia de nuevos híbridos de maíz al mercado es muy elevada cada año. Por otra parte, hay una dinámica muy grande de renovación de las variedades y el tiempo que éstas están en el mercado es cada vez más corto. Al fin y al cabo se dificulta la elección de la variedad a sembrar por parte del agricultor, que a la vez se ve sometido a la inevitable presión comercial por parte de las empresas que comercializan la semilla.

Figura 1. Evolución de la superficie (ha) de maíz grano en Cataluña durante el periodo 2001-2005. (Fuente: DARP)

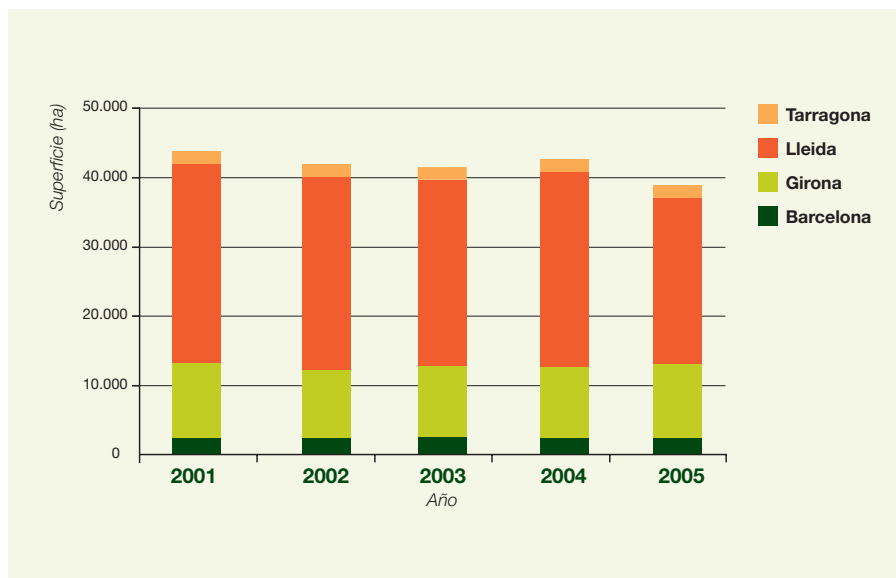


Tabla 1. Fechas de siembra y recolección y número de variedades ensayadas por localidad

LOCALIDAD	Zona Agroclimática	VARIETADES ENSAYADAS		Fecha de siembra	Fecha de recolección
		Ciclo 700	Ciclo 600		
El Palau d'Anglesola	Regadíes de Lleida	25	22	04.04.2005	07.10.2005
La Tallada d'Empordà	Girona litoral	25	23	30.03.2005	30.09.2005

La Red de evaluación de variedades de maíz del IRTA tiene como objetivo evaluar en las condiciones de las principales zonas productoras catalanas las nuevas variedades comerciales de maíz de ciclos 700 y 600 que van apareciendo en el mercado. Por esto se realizan cada año campos de ensayo en los regadíos de Lleida (el Palau d'Anglesola), en los regadíos del litoral de Girona (la Tallada d'Empordà) y a las comarcas interiores de Girona (La Vall d'en Bas). Los ensayos se realizan en parcela pequeña de 24 m² (4 filas de maíz, separadas 75 cm entre sí y de 8 m de largo), con un diseño estadístico de fila-columna latinizado, con 3 ó 4 repeticiones para cada variedad y con una densidad de siembra de 75.000 ó 80.000 plantas/ha.

Tabla 2. Resultados productivos y parámetros agronómicos de las variedades de maíz ensayadas en el Palau d'Anglesola (El Pla d'Urgell), durante el año 2005.

VARIEDAD	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Humedad del grano (%)	Altura del nudo de inserción de la mazorca (cm)	Plantas con podredumbres en la base de los tallos (%)	Plantas infectadas por virosis (MDMV) (%)	EMPRESA COMERCIALIZADORA
CICLO 700							
PR32W86	15.450 A	114,1	18,6	118	2	1	PIONEER HI-BRED
DKC6575*	15.176 A	112,0	20,5	110	1	1	MONSANTO
HELEN	14.878 AB	109,8	19,3	130	1	2	ADVANTA
VARENNE	14.589 ABC	107,7	21,5	115	2	1	AGRAR SEMILLAS
KERMESS	14.436 ABCD	106,6	19,4	127	1	0	KWS
TIETAR	13.799 ABCDE	101,9	20,4	107	3	1	MONSANTO
ELEONORA (T)	13.546 ABCDE	100,0	19,8	105	1	0	PIONEER HI-BRED
DKC6535	13.308 ABCDE	98,2	18,9	102	1	1	MONSANTO
KLAXON	13.183 ABCDE	97,3	21,6	108	0	0	KWS
HELEN Bt*	13.020 ABCDE	96,1	20,6	102	0	4	ADVANTA
GRECALE	12.871 ABCDE	95,0	19,4	113	0	1	KWS
PR32P76*	12.867 ABCDE	95,0	19,5	113	3	4	PIONEER HI-BRED
PR32R42	12.718 ABCDE	93,9	17,5	115	5	1	PIONEER HI-BRED
GOLDIMAX	12.608 ABCDE	93,1	18,4	108	4	1	KOIPESOL SEMILLAS
ALICUNDE	12.561 ABCDE	92,7	19,4	122	5	4	NICKERSON SUR
NK FACTOR	12.460 ABCDE	92,0	18,8	112	6	2	SYNGENTA SEEDS
CODISTAR	12.397 ABCDE	91,5	18,5	100	5	11	ARLESA SEMILLAS
DKC6528	12.387 ABCDE	91,4	18,8	110	9	8	AGRÍCOLA DE LA RIVA
NK ARMA	12.023 BCDE	88,8	20,9	118	4	0	SYNGENTA SEEDS
SAETA	11.926 CDE	88,0	19,4	100	4	4	NICKERSON SUR
CAMPERO*	11.816 CDE	87,2	21,1	113	11	8	ADVANTA
LARIGAL	11.808 CDE	87,2	16,4	97	14	19	SEMILLAS BATLLE
GOLDRAILER	11.565 DE	85,4	16,2	108	9	6	KOIPESOL SEMILLAS
ARISTIS	11.502 DE	84,9	17,3	105	4	11	NICKERSON SUR
ARISTIS Bt*	10.872 E	80,3	20,1	105	10	8	NICKERSON SUR
CICLO 600							
PR33P67*	14.743 ABC	108,8	19,3	120	2	6	PIONEER HI-BRED
PR34N43**	13.127 ABCDE	96,9	18,0	102	1	0	PIONEER HI-BRED
GUADALQUIVIR	13.032 ABCDE	96,2	20,4	115	5	6	ADVANTA
SANCIA	12.967 ABCDE	95,7	17,1	103	11	6	NICKERSON SUR
CUARTAL Bt*	12.713 ABCDE	93,9	16,5	120	6	6	ARLESA SEMILLAS
NESSI CS	12.606 ABCDE	93,1	18,7	105	2	3	SEMILLAS CAUSSADE
COVENTRY	12.406 ABCDE	91,6	19,6	117	3	4	NICKERSON SUR
SQUADRA	12.396 ABCDE	91,5	15,9	117	8	10	AGRAR SEMILLAS
LUGANO	12.376 ABCDE	91,4	17,9	103	4	2	CELDOR
JARAL Bt*	12.202 ABCDE	90,1	19,3	98	4	5	SEMILLAS FITÓ
EVOLIA	12.097 ABCDE	89,3	17,1	97	4	4	ARLESA SEMILLAS
GOLDEXTRA	12.028 BCDE	88,8	18,1	110	4	4	KOIPESOL SEMILLAS
PR33P66	11.935 CDE	88,1	17,3	118	6	4	PIONEER HI-BRED
DKC6040	11.677 CDE	86,2	15,6	117	9	23	MONSANTO
GOLDWEST	11.661 CDE	86,1	15,7	92	15	2	KOIPESOL SEMILLAS
CECILIA	11.272 DE	83,2	17,2	123	27	3	PIONEER HI-BRED
JETA	11.165 DE	82,4	17,0	112	15	9	GOLDEN WEST
AZEMA	10.934 E	80,7	15,1	105	9	11	SEMILLAS FITÓ
KULT	10.860 E	80,2	18,0	123	4	1	KWS
VIRGI	10.813 E	79,8	17,4	120	3	14	PRO.SE.ME
CUARTAL	10.683 E	78,9	16,3	102	6	10	ARLESA SEMILLAS
ASTURIAL	10.660 E	78,7	18,1	103	3	6	NICKERSON SUR

*Variedades transgénicas autorizadas derivadas del MON 810 ** Variedad de ciclo 500
Variedades con la misma letra no difieren significativamente entre sí según el test de Tukey ($\alpha=0.05$)

Sobre estas parcelas se evalúa no sólo la productividad, sino también toda una serie de parámetros agronómicos muy importantes en nuestras condiciones de cultivo, y que intervienen decisivamente en el resultado final de una variedad: la humedad del grano en recolección, la altura de las plantas y de inserción de las mazorcas, el número de plantas rotas antes de recolección, la susceptibilidad a podredumbres de la base de los tallos y a virosis, etc.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta Red durante la campaña 2005, así como la recomendación de variedades para la campaña 2006.

Tabla 3. Resultados productivos y parámetros agronómicos de las variedades de maíz ensayadas en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante el año 2005.

VARIEDAD	Producción (kg/ha 14 % humedad)	Índice productivo (%)	Humedad del grano (%)	Altura del nudo de inserción de la mazorca (cm)	Plantas con podredumbres en la base de los tallos (%)	Plantas rotas (%)	EMPRESA COMERCIALIZADORA
CICLO 700							
HELEN Bt*	18.220 ABC	118,9	21,0	112	0	0	ADVANTA
DKC6575*	17.923 ABCD	117,0	20,6	120	0	1	MONSANTO
PR32W86	17.772 ABCDE	116,0	19,3	133	10	14	PIONEER HI-BRED
CAMPERO*	17.758 ABCDE	115,9	21,5	127	3	2	ADVANTA
GOLDIMAX	17.281 ABCDEF	112,8	20,3	118	4	11	KOIPESOL SEMILLAS
ARISTIS Bt*	16.911 ABCDEFGH	110,4	21,5	139	0	1	NICKERSON SUR
GOLDRAILER	16.867 ABCDEFGH	110,1	19,8	112	8	13	KOIPESOL SEMILLAS
HELEN	16.831 ABCDEFGH	109,9	20,6	131	6	13	ADVANTA
PR32P76*	16.576 ABCDEFGH	108,2	20,8	130	3	0	PIONEER HI-BRED
KERMESS	16.274 ABCDEFGH	106,2	21,3	118	9	9	KWS
DKC6535	16.263 ABCDEFGH	106,2	19,8	122	4	7	MONSANTO
GRECALE	16.089 ABCDEFGHI	105,0	20,4	117	1	6	KWS
TIETAR	15.891 ABCDEFGHI	103,7	20,1	112	8	4	MONSANTO
NK ARMA	15.861 ABCDEFGHI	103,5	20,9	132	5	10	SYNGENTA SEEDS
CODISTAR	15.803 ABCDEFGHI	103,2	19,5	127	8	13	ARLESA SEMILLAS
DKC6528	15.756 ABCDEFGHI	102,9	19,7	113	9	12	AGRÍCOLA DE LA RIVA
SAETA	15.635 CDEFGHI	102,1	21,0	107	6	17	NICKERSON SUR
KLAXON	15.631 CDEFGHI	102,0	21,0	120	4	7	KWS
LARIGAL	15.597 CDEFGHI	101,8	19,7	119	4	13	SEMILLAS BATLLE
PR32R42	15.469 CDEFGHI	101,0	20,2	118	12	12	PIONEER HI-BRED
NK FACTOR	15.427 DEFGHI	100,7	21,0	130	1	7	SYNGENTA SEEDS
ARISTIS	15.411 DEFGHI	100,6	20,2	121	2	6	NICKERSON SUR
ELEONORA (T)	15.318 DEFGHI	100,0	19,8	125	10	19	PIONEER HI-BRED
VARENNE	15.158 EFGHI	99,0	20,7	131	6	20	AGRAR SEMILLAS
ALICUNDE	14.848 EFGHI	96,9	20,0	136	9	15	NICKERSON SUR
CICLO 600							
PR33P67*	18.406 AB	120,2	20,9	125	0	0	PIONEER HI-BRED
JARAL Bt*	16.952 ABCDEFG	110,7	21,0	117	0	0	SEMILLAS FITÓ
CUARTAL Bt*	16.927 ABCDEFGH	110,5	20,3	122	1	1	ARLESA SEMILLAS
SANCIA	16.466 ABCDEFGH	107,5	21,5	115	6	10	NICKERSON SUR
ASTURIAL	16.451 ABCDEFGH	107,4	20,1	115	1	8	NICKERSON SUR
COVENTRY	16.422 ABCDEFGH	107,2	20,1	127	2	5	NICKERSON SUR
GOLDWEST	16.018 ABCDEFGHI	104,6	18,2	95	6	8	KOIPESOL SEMILLAS
JETA	15.975 ABCDEFGHI	104,3	20,1	125	31	28	GOLDEN WEST
GOLDEXTRA	15.914 ABCDEFGHI	103,9	19,8	121	9	11	KOIPESOL SEMILLAS
SQUADRA	15.824 ABCDEFGHI	103,3	19,1	117	9	7	AGRAR SEMILLAS
CUARTAL	15.659 BCDEFGHI	102,2	19,8	111	2	7	ARLESA SEMILLAS
DKC6040	15.635 CDEFGHI	102,1	19,4	120	6	6	MONSANTO
EVOLIA	15.612 CDEFGHI	101,9	20,0	115	7	11	ARLESA SEMILLAS
PR34N43**	15.487 CDEFGHI	101,1	19,1	110	5	4	PIONEER HI-BRED
LUGANO	15.444 DEFGHI	100,8	20,6	105	3	5	CELDOR
SAN ANTONIO	15.187 DEFGHI	99,1	20,0	104	4	3	CELDOR
GUADALQUIVIR	15.007 EFGHI	98,0	19,4	116	6	9	ADVANTA
AZEMA	14.722 FGHI	96,1	19,7	114	1	9	SEMILLAS FITÓ
KULT	14.463 GHI	94,4	18,9	119	2	6	KWS
VIRGI	14.394 GHI	94,0	19,8	123	4	5	PRO.SE.ME
NESSI CS	14.348 HI	93,7	20,4	111	7	8	SEMILLAS CAUSSADE
PR33P66	14.336 HI	93,6	20,1	129	12	12	PIONEER HI-BRED
CECILIA	13.564 I	88,5	18,4	123	25	13	PIONEER HI-BRED

* Variedades transgénicas autorizadas derivadas del MON 810 ** Variedad de ciclo 500
 Variedades con la misma letra no difieren significativamente entre sí según el test de Tukey ($\alpha=0,05$)



Planta de maíz infectada por MRDV.
Foto: A. López Querol

02 Resultados de la campaña 2005

Durante la campaña 2005 se han establecido dos campos experimentales de evaluación de variedades: el Palau d'Anglesola (El Pla d'Urgell) y La Tallada d'Empordà (Baix Empodà) (Tabla 1). Las producciones medias de los ensayos realizados han estado entre 12.545 kg/ha y 16.043 kg/ha, respectivamente. En ambas localidades se han observado diferencias significativas de producción entre variedades.

En la Tabla 2 se pueden observar los resultados obtenidos en el ensayo del Palau d'Anglesola. Este se ha caracterizado por la incidencia bastante importante de virosis (MDMV), que se ha manifestado principalmente en las variedades DKC 6040, LARIGAL, VIRGI, AZEMA, CODISTAR, ARISTIS, CUARTAL, SQUADRA, JETA, CAMPERO, DKC 6528 y ARISTIS Bt, todas ellas con más del 7% de plantas con síntomas de infección. La mayor parte de estos híbridos se encuentran entre los menos productivos del ensayo. Aunque la media de plantas afectadas por podredumbres de la base de los tallos en el ensayo ha sido del 5%, hay variedades que han mostrado una especial sensibilidad a esta patología, con niveles de afección superiores al 10%: CECILIA, GOLDWEST, JETA, LARIGAL, CAMPERO y SANCIA se encuentran entre las más afectadas.

Los fuertes vientos que afectaron a la zona a finales del mes de junio provocaron daños muy leves por "green-snap" o rotura en verde del tallo en HELEN, PR32W86 y HELEN Bt. Aunque el número de plantas afectadas tan sólo osciló entre un 1 y un 2%, podría haber una predisposición varietal a sufrir daños por este accidente poco frecuente,

directamente relacionada muy probablemente con la altura de planta propia de estas variedades.

En la Tallada d'Empordà las variedades GM, todas ellas derivadas del MON 810 y con resistencia a los barrenadores, han estado entre las más productivas (Tabla 3). Este hecho se explica por el fuerte ataque de barrenadores; se han contabilizado una media de 3 larvas/planta en los híbridos convencionales, principalmente de *Sesamia nonagrioides* Lef. Posteriormente, el fuerte viento de tramontana de mediados de septiembre ha provocado la rotura de las cañas en muchas variedades. Entre las que destacan JETA, ELEONORA y VARENNE. Los híbridos GM han mostrado un nivel de rotura muy bajo. El

porcentaje de rotura de cañas está habitualmente relacionada con el de plantas afectadas por podredumbres de la base de los tallos y que ha mostrado a JETA, CECILIA, PR33P66, PR32R42, PR32W86 y ELEONORA como variedades más afectadas.

03 Resultados productivos plurianuales

El análisis conjunto de los resultados de los ensayos del Palau d'Anglesola y La Tallada d'Empordà durante las campañas 2004 y 2005 muestra un comportamiento significativamente diferente de las variedades según la localidad de ensayo (Figura 2).

Figura 2. Índices productivos medios de las variedades de maíz ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell) y en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante los años 2004 y 2005.

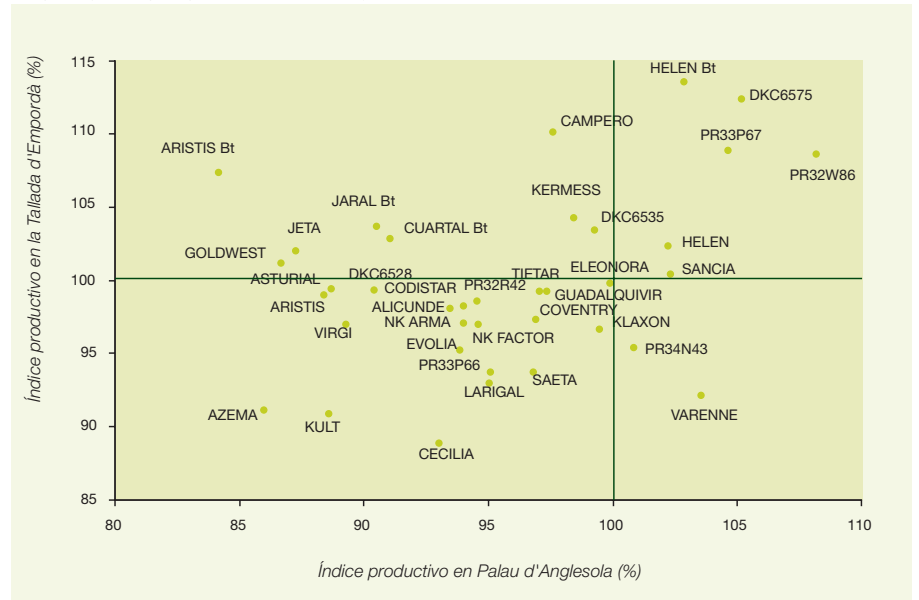


Figura 3. Relación entre el índice productivo y la humedad del grano medios de las variedades de maíz ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell), durante los años 2003, 2004 y 2005.

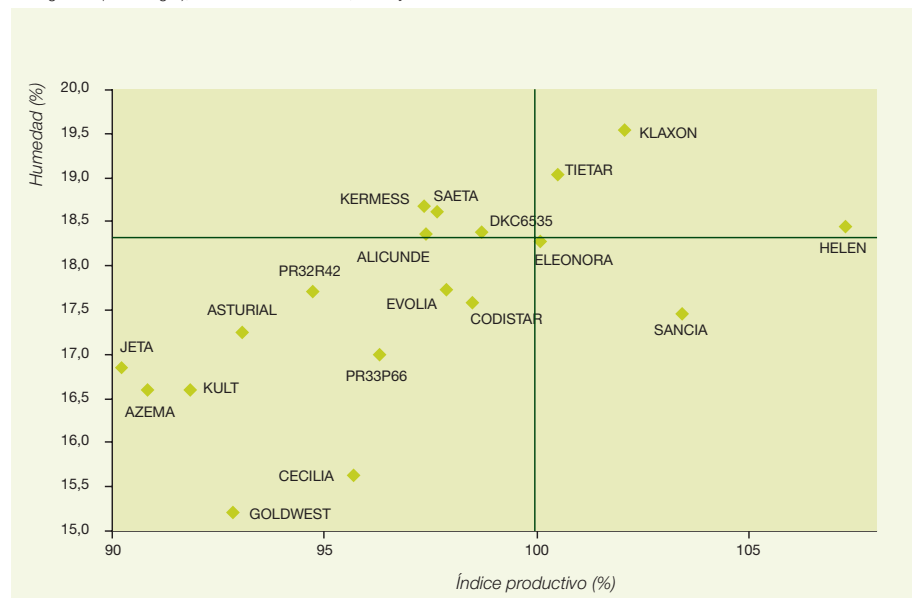


Tabla 4. Resultados productivos plurianuales medios de las variedades de maíz ensayadas en Palau d'Anglesola (El Pla d'Urgell), en función del número de años de ensayo.

VARIEDAD	5 AÑOS DE ENSAYO (2001 al 2005)		4 AÑOS DE ENSAYO (2002 al 2005)		3 AÑOS DE ENSAYO (2003 al 2005)		2 AÑOS DE ENSAYO (2004 y 2005)	
	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)
CICLO 700								
HELEN	15.361 A	112,9	15.500 A	115,3	15.492 A	107,3	14.690 ABC	103,7
ELEONORA (T)	13.604 A	100,0	13.439 BC	100,0	14.437 ABCDE	100,0	14.172 ABCDE	100,0
TIETAR			14.508 AB	108,0	14.513 ABCD	100,5	13.948 ABCDEF	98,4
DKC 6535			14.187 ABC	105,6	14.256 ABCDE	98,7	14.270 ABCDE	100,7
KERMESS			13.875 BC	103,2	14.063 ABCDE	97,4	14.149 ABCDE	99,8
PR32R42			13.739 BC	102,2	13.685 BCDE	94,8	13.592 BCDEFG	95,9
SAETA			13.553 BC	100,8	14.099 BCDE	97,7	13.473 BCDEFG	95,1
KLAXON					14.735 ABC	102,1	14.088 ABCDE	99,4
ALICUNDE					14.066 ABCDE	97,4	13.435 BCDEFG	94,8
CODISTAR					14.222 ABCDE	98,5	13.263 BCDEFG	93,6
DKC6528					13.616 CDE	94,3	12.995 CDEFG	91,7
PR32W86							15.481 A	109,2
DKC6575*							15.057 AB	106,2
HELEN Bt*							14.785 ABC	104,3
VARENNE							14.747 ABC	104,1
CAMPERO*							14.024 ABCDEF	99,0
LARIGAL							13.661 ABCDEFG	96,4
NK FACTOR							13.596 BCDEFG	95,9
NK ARMA							13.509 BCDEFG	95,3
ARISTIS							12.706 EFG	89,7
ARISTIS Bt*							12.099 G	85,4
CICLO 600								
PR33P66			13.917 BC	103,6	13.908 BCDE	96,3	13.667 ABCDEFG	96,4
ASTURIAL			13.611 BC	101,3	13.445 BCDE	93,1	12.751 EFG	90,0
KULT			13.172 C	98,0	13.269 CDE	91,9	12.732 EFG	89,8
SANCIA					14930 AB	103,4	14.354 ABCD	101,3
EVOLIA					14126 BCDE	97,8	13.169 BCDEFG	92,9
CECILIA					13822 BCDE	95,7	13.371 BCDEFG	94,3
GOLDWEST					13413 CDE	92,9	12.457 EFG	87,9
AZEMA					13121 DE	90,9	12.357 FG	87,2
JETA					13031 E	90,3	12.543 EFG	88,5
PR33P67*							14.874 AB	105,0
PR34N43**							14.496 ABCD	102,3
GUADALQUIVIR							13.990 ABCDEF	98,7
COVENTRY							13.927 ABCDEFG	98,3
CUARTAL Bt*							13.089 CDEFG	92,4
JARAL Bt*							13.008 CDEFG	91,8
VIRGI							12.831 DEFG	90,5

*Variedades transgénicas autorizadas derivadas del MON 810 ** Variedad de ciclo 500
Variedades con la misma letra no difieren significativamente entre sí según el test de Tukey ($\alpha=0,05$)

Tabla 5. Resultados productivos medios de las variedades de maíz ensayadas en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), en función del número de años de ensayo.

VARIEDAD	6 AÑOS DE ENSAYO (1999, 2000, 2001, 2002, 2004 y 2005)		4 AÑOS DE ENSAYO (2001, 2002, 2004 y 2005)		3 AÑOS DE ENSAYO (2002, 2004 y 2005)		2 AÑOS DE ENSAYO (2004 y 2005)	
	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)
CICLO 700								
ARISTIS	15.562 A	100,3	15.178 A	97,3	15.346 AB	96,2	15.307 BCDEFGH	99,0
ELEONORA (T)	15.514 A	100,0	15.604 A	100,0	15.951 AB	100,0	15.467 ABCDEFGH	100,0
HELEN			16.196 A	103,8	16.339 A	102,4	15.817 ABCDEFGH	102,3
ALICUNDE			15.457 A	99,1	15.658 AB	98,2	15.169 BCDEFGH	98,1
KERMESS					16.611 A	104,1	16.122 ABCDEFG	104,2
PR32R42					16.054 AB	100,6	15.238 BCDEFGH	98,5
TIETAR					15.969 AB	100,1	15.340 ABCDEFGH	99,2
HELEN Bt*							17.556 A	113,5
DKC6575*							17.375 AB	112,3
PR32P76*							17.094 ABC	110,5
CAMPERO*							17.030 ABCD	110,1
PR32W86							16.787 ABCDE	108,5
ARISTIS Bt*							16.601 ABCDEF	107,3
DKC6535							15.984 ABCDEFGH	103,3
DKC6528							15.363 ABCDEFGH	99,3
CODISTAR							15.023 CDEFGH	97,1
NK ARMA							15.008 CDEFGH	97,0
NK FACTOR							14.995 CDEFGH	96,9
KLAXON							14.801 CDEFGH	95,7
SAETA							14.483 FGH	93,6
LARIGAL							14.374 GH	92,9
VARENNE							14.247 GH	92,1
CICLO 600								
ASTURIAL					15.785 AB	99,0	15.372 ABCDEFGH	99,4
CUARTAL					15.512 AB	97,2	15.536 ABCDEFGH	100,4
PR33P66					15.250 AB	95,6	14.499 ABCDEFGH	93,7
KULT					14.295 B	89,6	14.052 ABCDEFGH	90,9
PR33P67*							16.835 ABCDEFGH	108,8
JARAL Bt*							16.029 ABCDEFGH	103,6
CUARTAL Bt*							15.905 ABCDEFGH	102,8
JETA							15.774 ABCDEFGH	102,0
GOLDWEST							15.642 ABCDEFGH	101,1
SANCIA							15.524 ABCDEFGH	100,4
GUADALQUIVIR							15.344 ABCDEFGH	99,2
COVENTRY							15.049 CDEFGH	97,3
VIRGI							14.948 CDEFGH	96,6
PR34N43**							14.749 DEFGH	95,4
EVOLIA							14.729 DEFGH	95,2
AZEMA							14.090 GH	91,1
CECILIA							13.742 H	88,8

*Variedades transgénicas autorizadas derivadas del MON 810 ** Variedad de ciclo 500
Variedades con la misma letra no difieren significativamente entre sí según el test de Tukey ($\alpha=0.05$)



Planta de maíz infectada por MDMV.
Foto: A. López Querol

La localidad del Palau d'Anglesola es mucho más selectiva que La Tallada d'Empordà como consecuencia de la mayor presencia de virosis (MDMV y MRDV) que puede limitar gravemente la productividad de las variedades sensibles. En general, variedades productivas con una buena tolerancia a los virus (PR32W86, DKC6575, PR33P67, HELEN, entre otros) muestran una buena adaptación en las dos localidades (Figura 2). Por el contrario, híbridos productivos, pero sensibles a los virus (CAMPERO, ARISTIS Bt, entre otros), muestran una mejor adaptación en La Tallada d'Empordà.

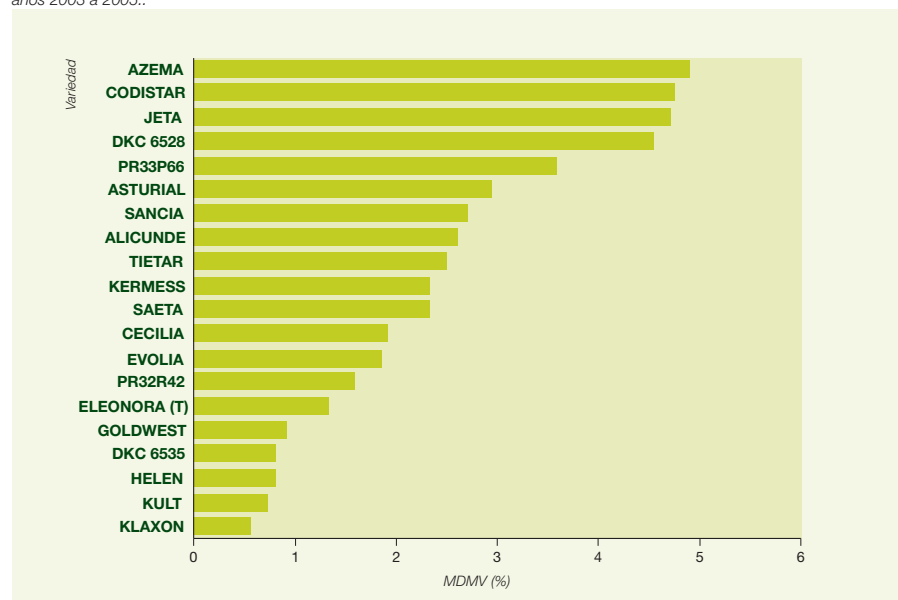
En las Tablas 4 y 5 se presentan los resultados productivos de las variedades ensayadas en Palau d'Anglesola y en La Tallada d'Empordà en función del número de años de ensayo. Se observa que cuanto mayor es el número de años de ensayo, mayor es la posibilidad de separar los híbridos en base a su comportamiento productivo.

El interés de un híbrido viene dado principalmente por su productividad. Ésta va unida en parte a su ciclo, de forma que los híbridos de ciclo más largo normalmente son más productivos. Un ciclo demasiado largo, puede representar un retardo excesivo de la fecha de recolección o una humedad en cosecha más elevada. Por esto, a menudo se analiza conjuntamente la producción y la humedad en cosecha, de tal forma que los híbridos más interesantes serían aquellos que presentan un equilibrio adecuado entre estos dos parámetros. En las Figuras 3 y 4 se pueden observar los resultados de producción y la humedad en cosecha medias de todas las variedades que se han ensayado durante los tres últimos años.

Figura 4. Relación entre el índice productivo y la humedad del grano medio de las variedades de maíz ensayadas en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante los años 2002, 2004 y 2005.



Figura 5. Número medio (%) de plantas infectadas por MDMV en las variedades ensayadas en Palau d'Anglesola durante los años 2003 a 2005.



04 Resistencia a enfermedades y accidentes

A la hora de tomar la decisión sobre la variedad de maíz a sembrar, no solo deberemos tener en cuenta el comportamiento productivo demostrado por una u otra variedad en la zona, sino que también es importante conocer y valorar la resistencia de las variedades de maíz a algunas enfermedades y accidentes que pueden condicionar de forma importante el éxito del cultivo, principalmente en aquellas zonas más propensas a su aparición. En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan los datos disponibles sobre el comportamiento de las variedades ensayadas durante los últimos 3 años frente a tres de las enfermedades y accidentes más importantes: virosis, podredumbres de la base de los tallos y rotura de las cañas.

04.01 Resistencia a virosis

El virus MDMV (Maize Dwarf Mosaic Virus) es un problema importante en el cultivo del maíz en la zona de regadíos de Lleida y se puede decir que hoy en día es endémico en todo el valle del Ebro. Aunque la intensidad de sus daños ha ido disminuyendo en los últimos años, la siembra de variedades que no sean tolerantes a este virus puede comprometer seriamente el éxito del cultivo en esta zona en años en que las posibilidades de infección sean mayores. La Figura 5 muestra el porcentaje medio de plantas infectadas para los híbridos ensayados en Palau d'Anglesola durante las campañas 2003 a 2005. Las variedades KLAXON, KULT, HELEN y DKC 6535 han mostrado una práctica ausencia de sintomatología (< 1%) de infección durante estos tres años.



EN LA ZONA DE REGADÍOS DE LLEIDA LA SENSIBILIDAD A VIROSIS (MDMV) PUEDE CONDICIONAR EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE UNA VARIEDAD. EN EL LITORAL DE GIRONA LA RESISTENCIA A LA ROTURA DE CAÑAS ES UNO DE LOS CARACTERES PRINCIPALES A TENER EN CUENTA.

Por el contrario, sobre AZEMA, CODISTAR, JETA y DKC 6528 se ha evaluado alrededor de un 5% de plantas infectadas en el mismo periodo.

En los últimos años, se ha constatado también un incremento de parcelas de maíz con infecciones por el virus MRDV (Maize Rough Dwarf Virus) en la zona más occidental de los regadíos de Lleida y la Franja de Poniente. Esta patología es habitualmente conocida como "virus del enanismo" y, en casos de ataque importante, puede poner en grave peligro la producción.

04.02 Resistencia a podredumbres de la base de los tallos

Esta alteración parasitaria está causada por la infección por hongos (mayoritariamente del género *Fusarium*) de la parte inferior de los tallos del maíz, en su zona más próxima al suelo. Los tejidos internos de esta zona del tallo se destruyen, y éste queda vacío en mayor o menor grado. Aparte de los daños directos sobre el potencial productivo de las plantas afectadas, estas son mucho más sensibles a sufrir roturas de la caña.

Aunque hay factores externos que favorecen este tipo de infección fúngica, como es por ejemplo un deficiente drenaje del terreno, la mayor o menor sensibilidad de un híbrido a esta patología obedece mayoritariamente a factores de resistencia unidos a sus características genéticas. CECILIA, JETA, PR33P66 y DKC 6528 se muestran entre las variedades potencialmente más sensibles en la zona de regadíos de Lleida, mientras que HELEN, KULT y KLAXON han mostrado buenos niveles de resistencia.

La Figura 6 muestra en porcentaje, el número medio de plantas con podredumbres en la base de la caña en los híbridos ensayados en la zona de regadíos de Lleida durante los años 2003 a 2005.

Figura 6. Número medio de plantas con podredumbres de la base de los tallos (*Fusarium* sp.) registrado en las variedades ensayadas en la zona de Regadíos de Lleida durante los años 2003 a 2005.

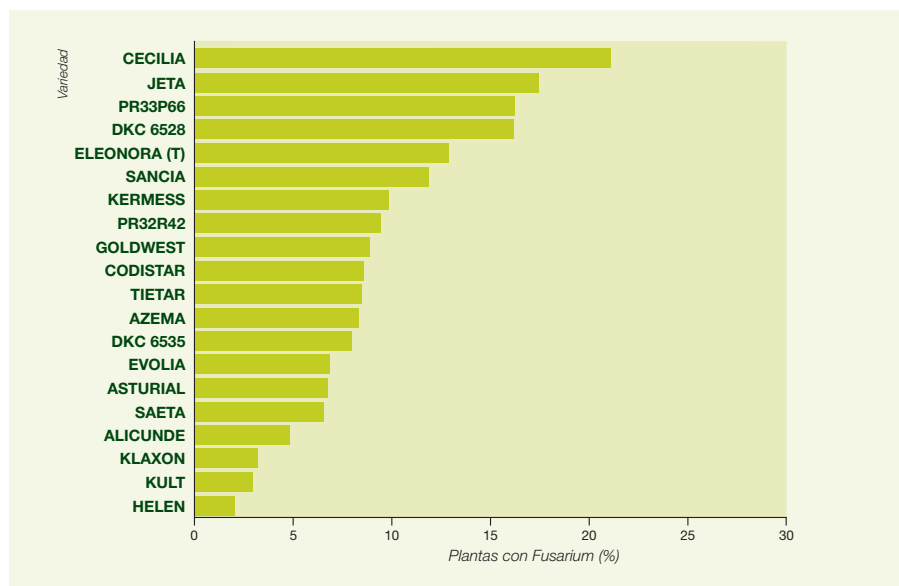
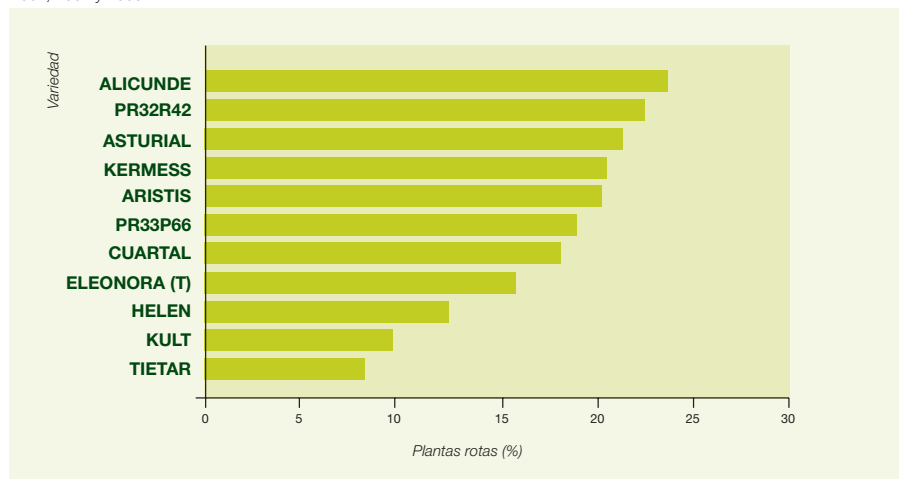


Figura 7. Número medio de plantas rotas registradas en las variedades ensayadas en la zona de Girona litoral durante los años 2002, 2004 y 2005.



04.03 Resistencia a la rotura de la caña

La resistencia a la rotura de las cañas es una característica fundamental a tener en cuenta a la hora de escoger la variedad a sembrar en zonas sometidas a vientos fuertes y/o frecuentes. Hace falta también tener presente que esta resistencia a la rotura puede verse bastante reducida en caso de ataque de barrenadores y/o infecciones por *Fusarium* sp. (podredumbres de la base de los tallos). Es básicamente por este motivo que las variedades GM muestran un nivel de resistencia muy elevado.

Las variedades TIETAR, KULT y HELEN se muestran entre las más resistentes; todo esto y tener ésta última una notable altura de planta y de inserción de mazorca. La Figura 7 muestra los niveles medios de rotura grabados en las variedades ensayadas durante los años 2002, 2004 y 2005 en la zona de Girona Baja.

05 Recomendación de variedades para la campaña 2006

El comportamiento productivo de una variedad puede variar entre localidades. Dentro de una misma localidad también puede variar entre años. Teniendo en cuenta que los factores temporales, como el año, no son controlables, es conveniente tomar como base los resultados del número más elevado posible de campañas, con tal de poder hacer una recomendación fiable.

La base de esta recomendación es el análisis del comportamiento productivo plurianual (tablas 4 y 5) junto con la evaluación de los niveles de sensibilidad o resistencia a las principales enfermedades y accidentes de nuestras condiciones de cultivo. Las recomendaciones que se formulan acto seguido incluyen sólo variedades que se han evaluado en ensayos al menos durante



Campo de ensayo de La Tallada d'Empordà (Baix Empodà) Foto: A. Roselló



EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO MOSTRADO EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS DE ENSAYO POR ALGUNAS VARIEDADES GM AUTORIZADAS DE CICLO 700 (DKC 6575 Y HELEN Bt) Y LA VARIEDAD CONVENCIONAL PR32W86 DEJA ENTREVER UN POTENCIAL DE PRODUCCIÓN SUPERIOR AL DE ELEONORA

las tres últimas campañas, aunque se apunta también el interés de algunos híbridos ensayados sólo durante los dos últimos años.

05.01 Variedades recomendadas de ciclo 700

La mayor parte de los híbridos de mayor interés presentan una buena adaptación tanto en el regadío de Lleida como en el litoral de Girona. En las dos zonas la variedad testigo ELEONORA todavía continúa siendo una muy buena referencia y, en el conjunto de los tres últimos años, no ha sido superada de forma significativa por ninguna de las nuevas variedades. Entre estas, HELEN es ahora mismo el híbrido que parece mostrar un potencial productivo más alto; supera la productividad media de ELEONORA en un 12,9% en la zona de regadíos de Lleida en los últimos 5 años, y en un 3,8% al litoral gerundense en las últimas 4 campañas. También destacan otros híbridos como TIETAR, DKC 6535, KERMESS y PR32R42, entre otros, los cuales presentan unos niveles productivos similares o ligeramente

superiores a los de ELEONORA, normalmente sin diferencias significativas.

Entre las variedades que se han ensayado únicamente durante los últimos dos años hace falta destacar las variedades transgénicas autorizadas HELEN Bt y DKC6575 (ambas derivadas del MON 810) y la variedad convencional PR32W86, con resultados que sugieren un potencial de producción superior a ELEONORA tanto en la zona de los regadíos de Lleida como del litoral de Girona. En esta última zona también se puede destacar el comportamiento de los híbridos transgénicos autorizados CAMPERO y ARISTIS Bt. Esta última, sin embargo, con una adaptación mucho peor al regadío de Lleida, que puede ser debida, muy probablemente, a su sensibilidad a virosis (MDMV).

DKC 6535

Variedad de ciclo 700 recomendada tras 4 años de ensayo en la zona de regadíos de Lleida, donde se ha comportado a un nivel productivo similar al de los mejores híbridos ensayados en la zona.

Aunque las plantas son altas, la altura de inserción de la mazorca es proporcionalmente más baja. En estos años se ha mostrado ligeramente sensible a *Fusarium*, resistente a virosis (MDMV) y con una humedad del grano en recolección también media. El peso específico del grano es alto (Empresa comercializadora: Monsanto Agricultura España, SL).

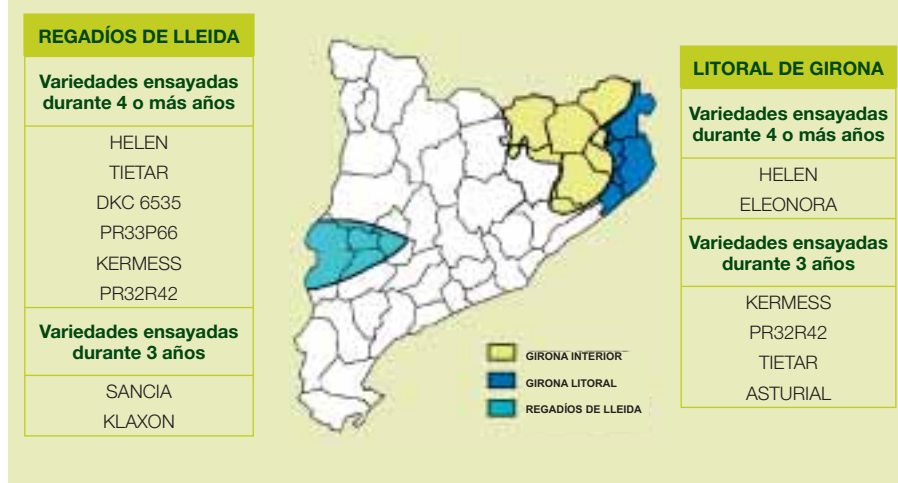
ELEONORA

Es considerada la variedad testigo tanto en los regadíos de Lleida como en el litoral de Girona, y muestra un elevado potencial de producción. Aunque empiezan a desplazarla varios híbridos, todavía es una variedad ampliamente cultivada en estas dos zonas. La planta es de talla mediana, con una inserción de la mazorca media-alta; es una de las variedades ensayadas de floración femenina más tardía. Muestra una buena resistencia a las virosis, pero es medianamente sensible a *Fusarium*. Presenta un muy buen "stay-green", indicador de su buena sanidad. La mazorca es característica, con un número bajo de granos por fila; normalmente presenta la punta sin rellenar. El grano suele ser de peso elevado y su peso específico también es alto (Empresa comercializadora: Pioneer -Bred Spain, SL).

HELEN

En los cuatro últimos años esta variedad ha superado la producción media de ELEONORA, tanto en la zona de regadíos de Lleida, como en la del litoral de Girona; ha logrado resultados productivos excelentes, superiores en un 15,3% y 3,8%, con respecto a los de la variedad testigo. Se trata de un híbrido de ciclo 700 FAO alto, con una altura de inserción de la mazorca principal también alta. Su buena resistencia a podredumbres de la base del tallo la hace bastante resistente, a la rotura de la caña. Según las evaluaciones realizadas hasta esta campaña en la zona de regadíos de Lleida, HELEN se ha mostrado, por el momento, como resistente a virosis (MDMV). Muestra un buen

Recomendaciones de variedades para la campaña 2006



“stay-green” y la humedad del grano en recolección es relativamente alta (Empresa comercializadora: Nickerson Sur, S.A).

KERMESS

Varietal recomendada por primera vez tanto en la zona de Girona litoral como en la de regadíos de Lleida, con 3 y 4 años de ensayo respectivamente. Su comportamiento productivo en ambas zonas es similar al de la variedad testigo ELEONORA. Es un híbrido de talla media, pero de una altura de inserción de la mazorca proporcionalmente más alta, que la hace relativamente sensible a la rotura de la caña. Esta posibilidad se puede ver incrementada en casos de infección por *Fusarium*, al cual se muestra medianamente sensible. Presenta un buen “stay-green” y una elevada humedad del grano en recolección, superior a la de ELEONORA (Empresa comercializadora: KWS Semillas Ibérica, SL).

KLAXON

Híbrido recomendado por primera vez en la zona de regadíos de Lleida tras 3 años de ensayo, en que su media productiva supera la de ELEONORA en un 2,1%, aun cuando sin la suficiente significación en la diferencia. Es una variedad de planta bastante alta y de muy buena sanidad en conjunto, lo que se observa en su buen “stay-green”. En estos 3 años se ha mostrado muy resistente a virosis (MDMV), aunque deja entrever una ligera sensibilidad a rotura de cañas. Su humedad del grano en recolección es la más alta de entre las ensayadas durante las 3 últimas campañas (Empresa comercializadora: KWS Semillas Ibérica, SL).

PR32R42

Híbrido 700 recomendado tras 4 campañas de ensayo en la zona de regadíos de Lleida y por primera vez también en la zona de Girona Litoral. En ambos casos se ha mostrado al mismo nivel productivo que ELEONORA. Parece manifestar una cierta sensibilidad a infecciones por *Fusarium*, que la hace relativamente sensible a la rotura de cañas. No aparece, sin embargo, como especialmente sensible a virosis (MDMV)



ELEONORA CONTINÚA SIENDO UNA BUENA REFERENCIA ENTRE LAS VARIETADES DE CICLO 700. LOS HÍBRIDOS MÁS PRODUCTIVOS ENSAYADOS EN LAS ÚLTIMAS TRES CAMPAÑAS PRESENTAN NIVELES DE PRODUCCIÓN SIMILARES.

y muestra un buen peso específico del grano. Es de talla mediana, pero la inserción de mazorca es baja por término medio (Empresa comercializadora: Pioneer -Bred Spain, SL).

TIETAR

Esta variedad parece bien adaptada a los regadíos de Lleida, zona que ha superado en producción a ELEONORA en un 8% como media en los últimos 4 años. En la zona de Girona litoral ha mostrado un comportamiento productivo similar al de ELEONORA en los últimos 3 años. Se trata de un híbrido de ciclo 700 de floración bastante precoz, de altura mediana, pero con una inserción de mazorca bastante baja que la hace resistente a la rotura de cañas. Muestra una ligera sensibilidad tanto a podredumbres de la base del tallo como a infecciones por virosis (MDMV) (Empresa comercializadora: Monsanto Agricultura España, SL).

05.02 Variedades recomendadas de ciclo 600

Con tres años de ensayo, en la zona del regadío de Lleida, destaca especialmente SANCIA, que es la única variedad ensayada de este ciclo que presenta producciones similares al testigo ELEONORA y a los mejores híbridos 700.

La adaptación de la variedad ASTURIAL ha sido mejor en el litoral de Girona. Las producciones de este híbrido, junto con CUARTAL y PR33P66, no difieren significativamente del testigo tras tres años de ensayo en esta zona.

Según los resultados de las dos últimas campañas, hace falta destacar especialmente el nivel productivo que muestran algunas variedades transgénicas autorizadas resistentes a los barrenadores, similar o ligeramente superior al del testigo ELEONORA. En este sentido, destaca PR33P67 en todas las zonas estudiadas.

Hace falta hacer mención especial a la variedad PR34N43 que, pese a ser la de ciclo más corto entre las ensayadas (ciclo 500) y la que presenta una de las humedades más bajas en cosecha, ha mostrado un nivel productivo que no difiere significativamente del de muchas de las mejores variedades de ciclo 700 y 600, según los datos obtenidos los dos últimos años.

ASTURIAL

Varietal recomendada en la zona de Girona Litoral, aun cuando en ambas zonas de ensayo se ha mostrado a niveles productivos similares a los de ELEONORA. Es un híbrido de ciclo 600, de floración muy precoz y talla mediana. Se muestra sensible a virosis (MDMV) y medianamente sensible a *Fusarium* (Empresa comercializadora: Nickerson Sur, S.A).



Eleonora sigue siendo una buena referencia entre las variedades de ciclo 700. Foto: A. López Querol

PR33P66

Híbrido de ciclo 600 recomendado en la zona de regadíos de Lleida. En esta zona ha superado la media de la variedad testigo en un 3,6%, aun cuando esta diferencia no sea significativa. Se muestra sensible a *Fusarium* y medianamente sensible también a virosis (MDMV). Su considerable altura de planta y de inserción de mazorca y no demasiada buena sanidad hacen que sea poco resistente a la rotura de cañas. El grano tiene un elevado peso específico y una humedad por término medio a baja recolección (Empresa comercializadora: Pioneer -Bred Spain, SL).

SANCIA

Varietal recomendada por primera vez en la zona de regadíos de Lleida, donde ha superado la media productiva de ELEONORA en un 3,4% durante las 3 últimas campañas. Es un ciclo 600 de floración precoz, que se ha mostrado medianamente sensible a virosis (MDMV) y sensible a podredumbres de la base de los tallos. Presenta una resistencia mediana a la rotura de las cañas (Empresa comercializadora: Nickerson Sur, SA).

06 Participantes y colaboradores

Josep A. Betbesé i Lucas

Centro UdL - IRTA
josepanton.betbese@irta.es

Jordi Salvia i Fuentes

IRTA - Estación Experimental Agrícola Mas Badia
jordi.salvia@irta.es

Antoni López i Querol

Centro UdL - IRTA
antoni.lopez@irta.es

Joan Serra i Gironella

IRTA - Estación Experimental Agrícola Mas Badia
joan.serra@irta.es

Ensayos realizados con el apoyo de las empresas de semillas participantes

VARIETADES DE MAÍZ GENÉTICAMENTE MODIFICADAS (GM), CON RESISTENCIA A LOS BARRENADORES: PRODUCTIVIDAD Y OTROS PARÁMETROS AGRONÓMICOS



Foto 1.- Tallo de maíz convencional atacado por barrenadores (arriba) y de maíz OMG, derivado del MON 810, sin ataque (abajo). Foto: J. Serra

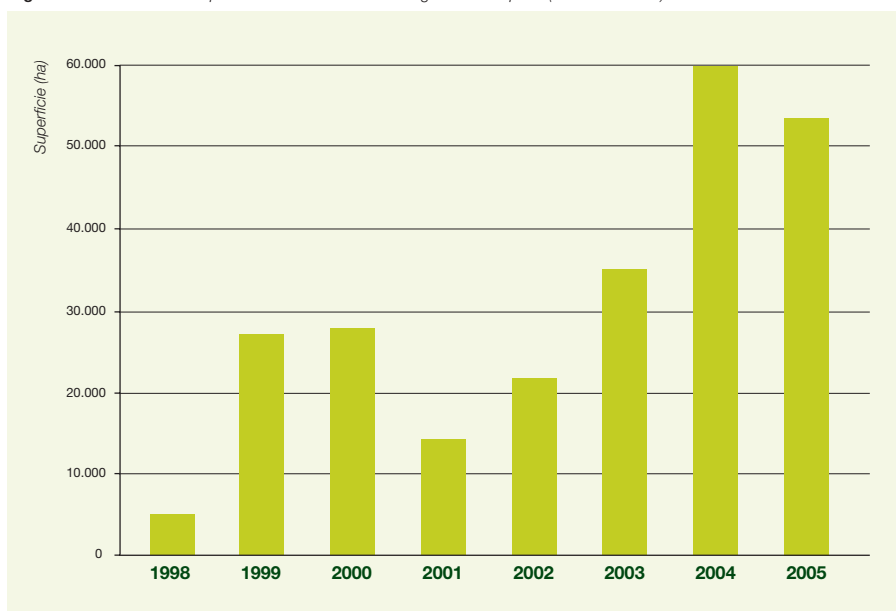


Foto 2.- Larva de *Sesamia nonagrioides* Lef. en el interior de un tallo de maíz. Foto: J. Serra

01 Introducción

El cultivo de variedades de maíz transgénicas se inició en España en el año 1998 tras la inscripción en el Registro de Variedades Comerciales español de las variedades COMPA CB y JORDI CB (BOE núm. 73, de 26/03/98) y con la consecuente autorización de su cultivo. Desde entonces, la superficie cultivada de maíz genéticamente modificado (GM) ha aumentado notablemente (Figura 1) con un total de 53.225 ha, en el año 2005. Este año, Cataluña ha sido la segunda comunidad autónoma en superficie de organismos genéticamente modificados (OGM), con 16.830 ha, y aproximadamente un 42% de superficie de maíz transgénico respecto al total cultivado. Estimaciones realizadas por el DARP en base a las ventas de semilla de variedades GM muestran que su cultivo se concentra en las comarcas de Lleida (88%) y de Girona (12%), dónde representan respectivamente el 60% y el 18% del maíz sembrado. Las variedades con una mayor superficie de cultivo en Cataluña durante el año 2005 han sido PR33P67 (45%) y DKC6575 (22%) (Figura 2), ambas con la modificación genética MON 810. Durante el 2005 el 95% de la superficie de maíz GM ha correspondido a variedades con esta modificación, frente a sólo un 5% de la CG00256-176.

Figura 1.- Evolución de la superficie cultivada de maíz transgénico en España (Fuente: MAPYA).



En este momento hay 31 variedades de maíz transgénicas autorizadas para la siembra en España, todas ellas con la modificación genética MON 810. La mayor parte de estas están inscritas en el Registro de Variedades Comerciales español (BOE núm. 60, del 11/03/03, BOE núm. 40, del 16/02/04 y BOE núm. 191, del 11/08/05) y el resto en el Catálogo Comunitario (Diario Oficial de la Unión Europea de 17/09/04).

En la Tabla 1 se muestran todas las variedades GM de ciclo 700, 600 y 500 registradas, si bien es probable que algunas de ellas no se comercialicen. Hace falta recordar que en campañas anteriores también estaba autorizado el cultivo de variedades que contenían la modificación CG 00256-176, como por ejemplo COMPA CB y BERREA, pero recientemente han sido excluidas del Registro de Variedades Comerciales español (BOE núm. 191, de 11/08/05).

Todas las variedades que contienen la modificación genética MON 810 muestran resistencia a las larvas de los barrenadores del maíz (*Sesamia nonagrioides* Lef. y *Ostrinia nubilalis* Hbn.) (Foto 1), por su capacidad de expresar en todas las partes de la planta y durante todo su ciclo vegetativo la proteína Cry1A(b), que es una toxina para las citadas larvas. Esta también la produce de forma natural la bacteria *Bacillus thuringiensis* y de aquí la denominación de variedades Bt.

02 Los barrenadores del maíz

En Cataluña, hay dos larvas de lepidópteros que se desarrollan en el interior de los tallos del maíz (barrenadores): la nocturna *Sesamia nonagrioides* Lef. (foto 2) y el piral *Ostrinia nubilalis* Hbn. Estas larvas producen pérdidas directas de producción y también indirectas como consecuencia de la rotura de plantas y el ataque de hongos, entre otras.

Figura 2.- Variedades de maíz transgénicas cultivadas durante el 2005 en Cataluña (Fuente: DARP)..

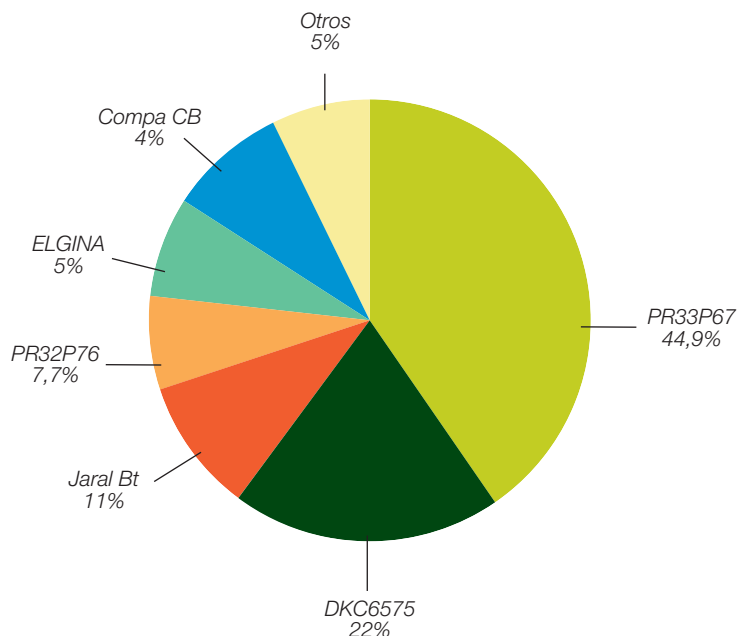


Tabla 1.- Variedades de maíz transgénicas de ciclos 700, 600 y 500, inscritas en el Registro de Variedades Comerciales español y comunitario.

VARIEDAD	EMPRESA COMERCIALIZADORA	PAIS DE REGISTRO	FECHA DE INSCRIPCIÓN
CICLO 700			
ARISTIS Bt	Nickerson Sur, S.A.	España	11/03/03
DKC6575	Monsanto Agricultura España, S.L.	España	11/03/03
CAMPERO	Advanta Ibérica	España	16/02/04
DKC6550	Monsanto Agricultura España, S.L.	España	16/02/04
PR32P76	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	España	16/02/04
FOGGIA	Agrar Semillas, S.A.	España	11/08/05
HELEN Bt	Advanta Ibérica	España	11/08/05
PR32R43	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	España	11/08/05
PR32W04	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	España	11/08/05
RIGLOS Bt	Arlesa Semillas, S.A.	España	11/08/05
SF1035T	Semillas Fitó, S.A.	España	11/08/05
SF1036T	Semillas Fitó, S.A.	España	11/08/05
SF1112T	Semillas Fitó, S.A.	España	11/08/05
CICLO 600			
PR33P67	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	España	11/03/03
CUARTAL Bt	Arlesa Semillas, S.A.	España	16/02/04
GAMBIER Bt	Nickerson Sur, S.A.	España	16/02/04
JARAL Bt	Semillas Fitó, S.A.	España	16/02/04
PROTECT	Golden Harvest	España	16/02/04
ELGINA	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	Francia	17/09/04
DKC5784YG	Monsanto Agricultura España, S.L.	España	11/08/05
DKC6041YG	Monsanto Agricultura España, S.L.	España	11/08/05
CICLO 500			
ALIACAN Bt	Nickerson Sur, S.A.	España	11/03/03
LEVINA	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	Francia	17/09/04
PR34N44	Pioneer Hi-Bred Spain, S.L.	España	11/08/05

La magnitud de estas pérdidas depende principalmente del número de orugas por planta y del estadio vegetativo en que se producen los ataques. Los ataques de los barrenadores varían de una parcela a otra por diferentes factores, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

02.01 La zona de cultivo.

Los ataques más importantes se dan normalmente en las comarcas litorales de Girona y de la zona de regadíos de Lleida, con valores medios muchas veces superiores a 1 larva/planta (equivalente aproximadamente a 75.000 larvas/ha). Por el contrario, otras zonas de clima más frío, como por ejemplo Fraga, se ven mucho menos afectadas (Tabla 2).

02.02 El año

En una misma zona de cultivo el ataque de barrenadores puede variar notablemente según la campaña (Tabla 3).

02.03 La fecha de siembra

Las siembras más tardías se ven normalmente más afectadas por los barrenadores en comparación con las siembras más precoces (Tabla 4).

02.04 La variedad

La resistencia a los barrenadores varía notablemente en función del híbrido. Las variedades GM que incorporan la modificación genética MON 810 presentan una resistencia prácticamente total a los barrenadores (Tabla 5). Los híbridos convencionales son sensibles a su ataque, si bien pueden darse diferentes niveles de susceptibilidad. En los ensayos de evaluación de variedades es difícil determinar las más resistentes debido a la gran variabilidad observada entre plantas de un mismo híbrido y entre zonas de un mismo ensayo.

Tabla 3.- Número medio de larvas de barrenadores por planta determinado, antes de la recolección, en las variedades de maíz convencional ARISTIS, CECILIA, CUARTAL, ELEONORA, HELEN, PR33P66, PR34N43 y TIETAR, en la localidad de La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante los años 2004 y 2005.

	2004	2005
<i>Sesamia nonagrioides</i>	0,5	2,8
<i>Ostrinia nubilalis</i>	0,2	0,3
Total	0,7	3,1

Tabla 4.- Número medio de larvas de barrenadores por planta determinado, antes de la recolección, en las variedades de maíz convencional ELEONORA, GAMBIER, OROPESA y PR33P66, durante el año 2005, en la localidad de La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), en función de la fecha de siembra

	7 de abril	27 de abril	20 de mayo
<i>Sesamia nonagrioides</i>	1,6	2,2	2,5
<i>Ostrinia nubilalis</i>	0,4	0,4	0,7
Total	2,0	2,6	3,2

Tabla 5.- Número medio de larvas de barrenadores por planta en función de la variedad determinado, antes de la recolección, en los ensayos realizados en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante los años 2004 y 2005.

VARIETADES	<i>Sesamia nonagrioides</i> (larvas/planta)	<i>Ostrinia nubilalis</i> (larvas/planta)	Total (larvas/planta)
VARIETADES CONVENCIONALES			
PR33P66	2,4	0,3	2,7
TIETAR	2,3	0,3	2,6
ELEONORA	2,0	0,2	2,2
CECILIA	1,5	0,3	1,8
HELEN	1,5	0,2	1,7
PR34N43	1,4	0,1	1,5
CUARTAL	1,1	0,3	1,4
ARISTIS	0,8	0,3	1,1
Media	1,6	0,3	1,9
VARIETADES MG CON LA MODIFICACIÓN GENÉTICA MON 810			
HELEN Bt	0,1	0,1	0,2
ARISTIS Bt	0,1	0	0,1
CUARTAL Bt	0	0	0
DKC6575	0	0	0
PR33P67	0	0	0
Media	0	0	0,1

Tabla 2.- Número medio de larvas de barrenadores por planta determinado antes de la recolección en las variedades de maíz convencional DK626, DRACMA, MARZIA y SENEGAL, durante el año 2000, en las localidades de Palau d'Anglesola, La Tallada d'Empordà y La Vall d'en Bas.

	El Palau d'Anglesola (EL PLA D'URGELL)	La Tallada d'Empordà (EL BAIX EMPORDÀ)	La Vall d'en Bas (LA GARROTXA)
<i>Sesamia nonagrioides</i>	0,6	0,9	0
<i>Ostrinia nubilalis</i>	2,0	0,7	0,2
Total	2,6	1,6	0,2



TODAS LAS VARIETADES QUE CONTIENEN LA MODIFICACIÓN GENÉTICA MON 810 MUESTRAN RESISTENCIA A LAS LARVAS DE LOS BARRENADORES DEL MAÍZ EN TODAS LAS PARTES DE LA PLANTA Y DURANTE TODO EL CICLO VEGETATIVO



LAS LARVAS DE BARRENADORES CAUSAN PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN TANTO POR SUS DAÑOS DIRECTOS COMO INDIRECTOS (ROTURA DE TALLOS, INFECCIONES FÚNGICAS, Etc.).

03 Productividad

El interés de las variedades de maíz Bt va unido a la presencia de barrenadores y en consecuencia será potencialmente mayor en aquellas zonas con una mayor probabilidad de ataques importantes.

Durante los años 2000 y 2001 se plantearon tres ensayos cada campaña, en las localidades del Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell), La Tallada d'Empordà (Baix Empordà) y La Vall d'en Bas (Garrotxa), donde se comparó la producción de tres variedades transgénicas derivadas del MON 810 con sus isogénicas no transgénicas (Figura 3).

En las localidades con una elevada presión de barrenadores, caso del Palau d'Anglesola y La Tallada d'Empordà con un ataque medio de barrenadores superior a 1 larva/planta, se observó una producción superior de los híbridos GM en 751 y 1056 kg/ha, respectivamente. Por el contrario, en la localidad de La Vall d'en Bas, con una muy baja presión de barrenadores, no se observaron diferencias significativas de producción entre las variedades transgénicas respecto sus isogénicas.

En las zonas del regadío de Lleida y del litoral de Girona, durante los años 2004 y 2005, se han planteado ensayos para evaluar la adaptación de las nuevas variedades MG derivadas del MON 810 (ARISTIS Bt, CAMPERO, CUARTAL Bt, DKC6575, HELEN Bt, JARAL Bt y PR33P67) en comparación con variedades convencionales, algunas son isogénicas de las anteriores (ARISTIS, CUARTAL, TIETAR, HELEN y PR33P66 son isogénicas de ARISTIS Bt, CUARTAL Bt, DKC6575, HELEN Bt y PR33P67, respectivamente) y otros testigos de referencia (CECILIA, ELEONORA y PR32W86). En el conjunto de los cuatro ensayos realizados no se observan diferencias significativas de producción entre variedades (tabla 6), si

Figura 3.- Producción media de variedades de maíz transgénicas con resistencia a los barrenadores, en comparación con sus isogénicas, obtenida los años 2000 y 2001 en las localidades de Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell), la Tallada d'Empordà (Baix Empordà) y la Vall d'En Bas (Garrotxa)

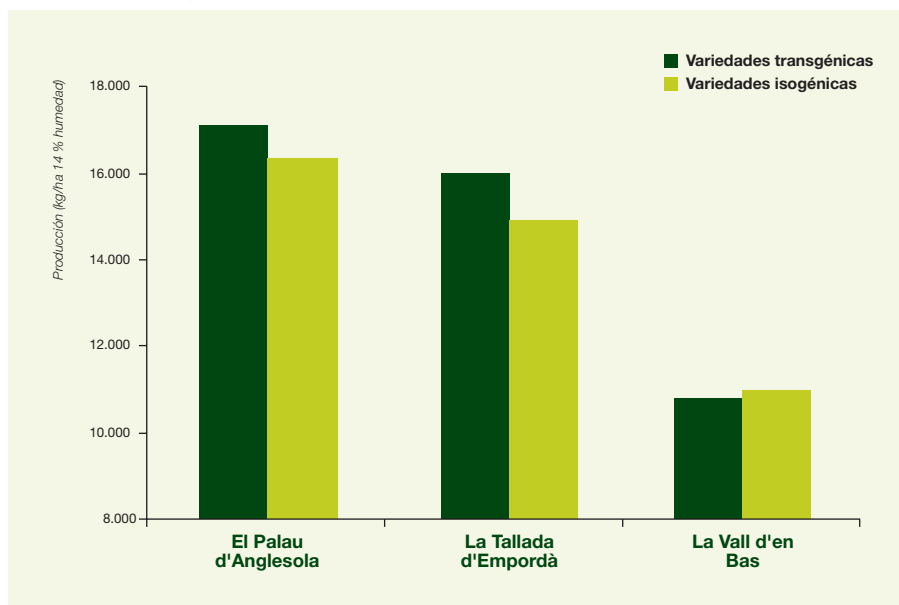


Tabla 6.- Producción de las variedades de maíz transgénicas y convencionales ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell) y en la Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante las campañas 2004 y 2005.

VARIEDAD	PRODUCCIÓN (kg/ha 14 % de humedad)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS (Test Tukey $\alpha=0.05$)
DKC6575*	16.204	109,7	A
HELEN Bt*	16.183	109,5	A
PR32W86	16.090	108,9	A
PR33P67*	15.880	107,5	A
CAMPERO*	15.544	105,2	A
HELEN	15.235	103,1	A
ELEONORA	14.774	100,0	A
TIETAR	14.630	99,0	A
JARAL Bt*	14.536	98,4	A
CUARTAL Bt*	14.510	98,2	A
ARISTIS Bt*	14.396	97,4	A
PR33P66	14.080	95,3	A
ARISTIS	14.016	94,9	A
CUARTAL	13.940	94,4	A
CECILIA	13.523	91,5	A

Producción media del ensayo

Nivel de significación de las variedades

Nivel de significación de la interacción variedad por localidad

14.903 kg /ha (14 % humedad)

p-valor = 0.0523

p-valor = 0.0511

bien cuando se compara el rendimiento conjunto de los híbridos Bt con el de sus isogénicas convencionales, presentan una producción media superior en 1.055 kg/ha (tabla 7).

La Figura 4 combina gráficamente el índice productivo medio de las variedades ensayadas, en función de la localidad. El gráfico sugiere un comportamiento diferente de las variedades en función de la localidad de ensayo. Así, se observan algunas variedades GM (DKC6575, HELEN

Bt y PR33P67) y convencionales (PR32W86) que presentan un índice superior al del testigo ELEONORA, en las dos localidades. En otras variedades, principalmente GM (CAMPERO y ARISTIS Bt), este índice es superior sólo en la localidad de La Tallada d'Empordà. Finalmente, en algunas variedades convencionales (CECILIA y PR33P66) de ciclo más corto que ELEONORA es inferior en las dos localidades. Todas las variedades más productivas en el Palau d'Anglesola también lo son en La Tallada d'Empordà, pero no a la inversa.

En el regadío de Lleida hay un factor que incide sobre el comportamiento de los híbridos de maíz, tanto o más que la presencia de barrenadores, que es la presencia de virosis, principalmente MDMV (mosaic) y MRDV (enanismo). Aquellas variedades más sensibles a los virus (ARISTIS, CUARTAL, ARISTIS Bt, entre otros), con independencia de que sean convencionales o GM, presentan un peor comportamiento productivo en esta zona (Figura 5).

04 Floración femenina y humedad del grano

No se observan diferencias en la fecha de floración femenina entre las variedades GM con la modificación MON 810 y sus isogénicas convencionales (tabla 8). Por el contrario, las variedades Bt presentan una mayor humedad en cosecha en comparación con sus isogénicas convencionales, probablemente como consecuencia de una mayor sanidad en los últimos estadios vegetativos. En el caso de fechas de siembra de inicios de abril y de cosecha durante la primera quincena de octubre, esta diferencia de humedad es aproximadamente de un 1%.

05 Componentes del rendimiento

En determinadas circunstancias, el número de mazorcas en el momento de la cosecha puede ser más elevado en las variedades GM con resistencia a los barrenadores, que en sus isogénicas convencionales, como consecuencia de un menor número de mazorcas que caen al suelo por daños indirectos del ataque de barrenadores. Estas también presentan un peso del grano significativamente más elevado (Tabla 9), al no verse limitado el proceso de engorde del grano por el ataque de esta plaga. Por el contrario, los datos también muestran un menor número de filas por mazorca en las variedades GM derivadas del MON 810.

En el momento que se fija este componente del rendimiento, los ataques de barrenadores normalmente son poco importantes; por lo tanto, la ex-

presión de la resistencia, en el caso de las plantas GM que contienen la modificación genética MON 810 (hay que recordar que presentan un promotor de tipo constitutivo), podría representar más un inconveniente que una ventaja, en comparación con las plantas de variedades convencionales.

En caso de darse ataques importantes de barrenadores, este menor número de filas por mazorca queda compensado posteriormente por un mayor peso del grano, y el resultado final es un incremento del rendimiento.

Tabla 7.- Producción media de las variedades de maíz GM en comparación con sus isogénicas convencionales ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell) y en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante las campañas 2004 y 2005.

VARIETADES	PRODUCCIÓN (kg/ha 14 % d'humedad)	ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	SEPARACIÓN DE MEDIAS (Test Tukey $\alpha=0.05$)
MG	15.435	107,3	A
CONVENCIONALES	14.380	100,0	B

Nivel de significación del contraste MG/convencionales p-valor = 0.0117

Figura 4.- Índices productivos de las variedades GM y convencionales ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell) y en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà) durante las campañas 2004 y 2005, en función de la localidad de ensayo.

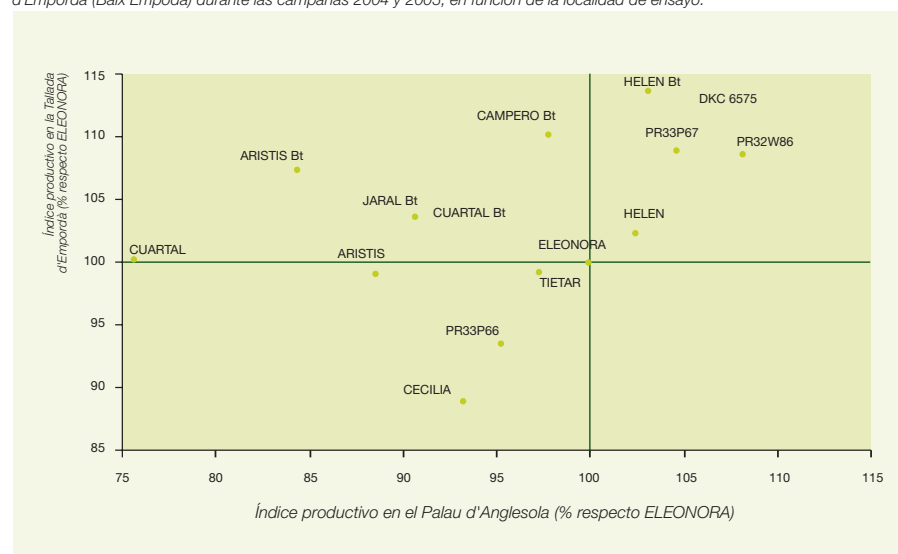
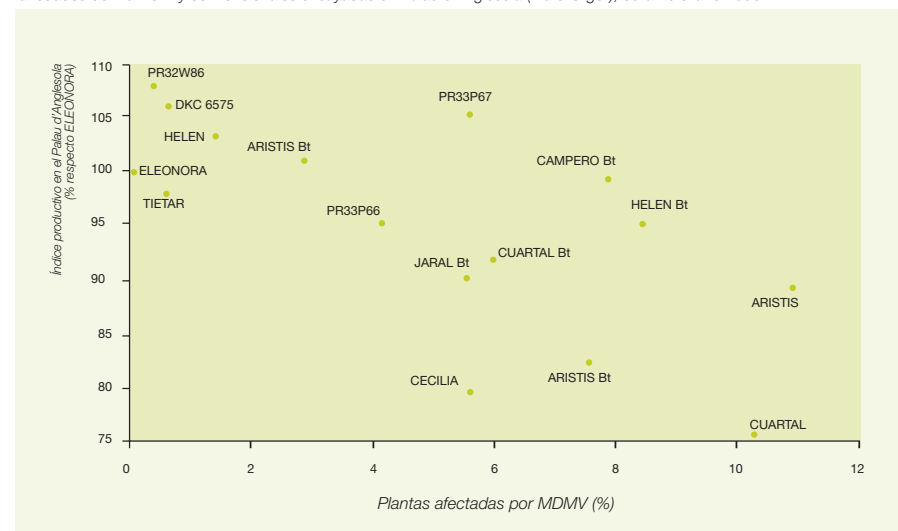


Figura 5.- Índice productivo respecto el testigo ELEONORA en función del porcentaje de plantas afectadas por el virus MDMV de las variedades de maíz GM y convencionales ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell), durante el año 2005.



EN CATALUÑA EN LOS ATAQUES DE BARRENADORES MÁS IMPORTANTES SE DAN EN EL REGADÍO DE LLEIDA Y EN EL LITORAL DE GIRONA, PRINCIPALMENTE EN LAS SIEMBRAS MÁS TARDÍAS.



LA SIEMBRA DE VARIEDADES DE MAÍZ GM CON RESISTENCIA A LOS BARRENADORES SOLO SE JUSTIFICA EN AQUELLAS SITUACIONES CON ATAQUES IMPORTANTES DE ESTAS PLAGAS



Foto 3.- Granos de maíz atacados por hongos en comparación con granos sanos. Foto: J. Salvia.



Foto 4.- Plantas de maíz con podredumbres en la base de los tallos. Foto: J. Serra.

Tabla 8.- Fecha de floración femenina y humedad del grano de las variedades de maíz GM en comparación con sus isogénicas convencionales ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla d'Urgell) y en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante las campañas 2004 y 2005.

VARIEDADES	FLORACIÓN FEMENINA	HUMEDAD (%)
GM	11 de julio	21,9 A
CONVENCIONALES	11 de julio	20,8 B

Nivel de significación del contraste GM/convencionales p-valor = 0,0108

Varietades con la misma letra no difieren significativamente entre sí según el test de Tukey ($\alpha=0,05$).

Tabla 9.- Componentes del rendimiento de las variedades de maíz GM en comparación con sus isogénicas convencionales ensayadas en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante las campañas 2004 y 2005.

VARIEDADES	Número de mazorcas/m ²	Número de filas/mazorca	Número de granos/fila	Peso de 1000 granos (g)
GM	7,26 A	16,0 B	40,7	405 A
CONVENCIONALES	6,75 B	16,5 A	41,0	379 AB
Nivel de significación del contraste MG/convencionales	p-valor = 0,0001	p-valor = 0,0011	p-valor = 0,5089	p-valor = 0,0002

Tabla 10.- Enfermedades, accidentes y nivel de fumonisinas en las variedades de maíz GM, en comparación con sus isogénicas convencionales, ensayadas en Palau d'Anglesola (Pla de Urgell) y en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante las campañas 2004 y 2005.

VARIEDADES	Plantas afectadas por podredumbres en la base de los tallos (%)	Plantas rotas (%)	Granos atacados por hongos (%)	Fumonisina (B ₁ +B ₂ +B ₃) (% respecto convencionales)
GM	2,2 B	4,4 B	1,2 B	17
CONVENCIONALES	6,1 A	11,8 A	2,5 A	100
Nivel de significación del contraste MG/convencionales	p-valor = 0,0026	p-valor = 0,0282	p-valor < 0,0001	

Observaciones: Varietades con la misma letra no difieren significativamente entre sí según el test de Tukey ($\alpha=0,05$). La valoración del porcentaje de granos afectados por hongos y del nivel de fumonisinas en la cosecha se ha realizado únicamente en el ensayo de La Tallada d'Empordà del año 2005. El análisis de fumonisinas ha sido realizado por Anna Coll, Anna Nadal y Maria Pla, del Instituto de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad de Girona.

06 Enfermedades y accidentes

Las heridas causadas en los tallos y en los granos por los barrenadores favorecen la aparición de podredumbres en la base de las plantas (foto 3), la rotura de las cañas y las infecciones por hongos en el grano (foto 4). En consecuencia, las variedades que presentan resistencia a los barrenadores se encuentran también indirectamente más protegidas frente a estas problemáticas (Foto 10). La resistencia a la rotura de las cañas es especialmente importante en las zonas más ventosas, como por ejemplo el Empordà.

El ataque de hongos en el grano contribuye a aumentar el nivel de micotoxinas en el momento de la cosecha. En consecuencia, las variedades GM que al no sufrir ataques de barrenadores, se ven menos afectadas por hongos en el grano, presentan también unos niveles menores de micotoxinas, principalmente de fumonisinas (Tabla 10). El ataque de barrenadores en las mazorcas es uno de los factores que más favorece la presencia de esta micotoxina.

07 Participantes y colaboradores

Joan Serra i Gironella
IRTA - Estación Experimental Agrícola Mas Badia
joan.serra@irta.es

Antoni López i Querol
Centro UdL - IRTA
antoni.lopez@irta.es

Jordi Salvia i Fuentes
IRTA - Estación Experimental Agrícola Mas Badia
jordi.salvia@irta.es

COEXISTENCIA ENTRE MAÍZ BT Y CONVENCIONAL



Foto 1. Rebrotos: plantas procedentes de semillas que cayeron en el campo durante la cosecha anterior. Foto: IRTA



Foto 2. Mazorca de una planta de maíz blanco con granos amarillos resultado de la polinización con polen de una variedad amarilla. En este ensayo la variedad amarilla es una variedad híbrida transgénica por lo que sólo la mitad de los granos amarillos llevan el transgen. Foto: IRTA

01 Concepto de coexistencia

La Unión Europea define la coexistencia como el derecho que tienen los agricultores para escoger entre la producción de cultivos convencionales, ecológicos o modificados genéticamente (transgénicos), siempre que cumplan con las obligaciones legales que marcan las normativas sobre etiquetado y trazabilidad. Entre éstas, hace falta destacar que el reglamento de etiquetado (1830/2003) establece un umbral de 0.9% del contenido de transgénicos, por encima del contenido de los productos que se han de etiquetar como tales.

De acuerdo con este reglamento, la presencia accidental de OGM (organismos genéticamente modificados) que supere el umbral de 0,9%, en un cultivo inicialmente no transgénico, determina que este cultivo se deba etiquetar como transgénico, hecho que en algún caso puede perjudicar económicamente al agricultor. Por lo tanto, de acuerdo con la Unión Europea, hay que establecer una serie de normas que ayuden a disminuir al máximo la mezcla entre OGM y no GM. De hecho, la coexistencia tiene que ver con el posible efecto económico de la mezcla de cultivos GM y no GM, con la determinación de medidas de gestión viables para reducir las mezclas y con el coste de estas medidas. El

concepto de coexistencia no incluye aspectos de bioseguridad para la salud humana o el medio ambiente, puesto que los cultivos transgénicos autorizados comercialmente ya han pasado toda una serie de pruebas analíticas para demostrar que son seguros y sensiblemente iguales a los no transgénicos.

La presencia de material transgénico puede venir determinada por varios factores, como por ejemplo la pureza de la semilla, el flujo de genes, la presencia de rebrotos (foto 1) y finalmente las posibles mezclas durante la cosecha y la postcosecha. Aún así el flujo de genes es el que despierta más preocupación, puesto que en condiciones de campo es difícil controlar la polinización cruzada.

02 El flujo de genes

El maíz se fecunda mayoritariamente por polinización cruzada, y el viento favorece que el polen de una planta fecunde las plantas de alrededor. Puesto que esta característica es propia de la especie, también se da en el maíz transgénico. Sin embargo, el flujo de genes, es decir la dispersión mediante el polen de los transgenes (genes introducidos en la planta transgénica) puede tener una cierta influencia a la hora de aplicar las normativas sobre trazabilidad y etiquetado.

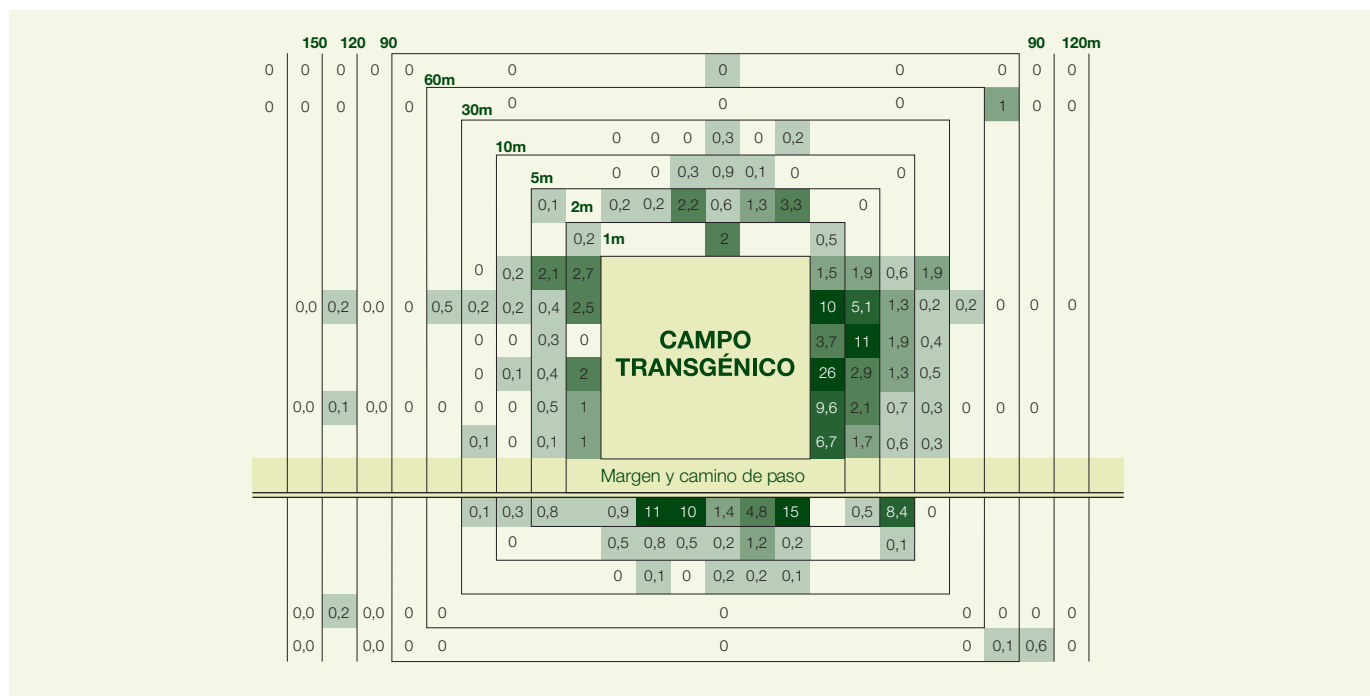
Así, el grado de polinización cruzada entre un campo transgénico y un campo no transgénico podría determinar si el producto final se ha de etiquetar como transgénico o no.

03 Ensayo de coexistencia 2003

Este primer ensayo se realizó en Ivars d'Urgell, y consistía en un núcleo de 50 x 50 m de maíz transgénico Bt de la variedad Compa CB, rodeado de la variedad convencional Brasco. La superficie total del ensayo era de 7,5 ha. El objetivo era cuantificar el flujo de genes en función de los vientos dominantes en la zona y de la distancia entre el maíz transgénico y el convencional; al final del cultivo se cogieron muestras de cajas (mazorcas) a diferentes distancias y se analizaron para determinar la proporción de ADN transgénico. Éste se habría originado a partir de la polinización del maíz convencional por el polen producido por la variedad transgénica. El ensayo fue subvencionado por el IRTA, el DARP e IrtaGen, y se contó con la colaboración de Syngenta Seeds.

Las dos variedades florecieron simultáneamente. En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos. Se ve claramente que el contenido de ADN, y por lo tanto el flujo de genes, decrece rápidamente con la distancia y que hay una clara

Figura 1. % OMG detectados en las muestras presas alrededor del campo transgénico. Las distancias no están representadas a escala. Las distancias reales están señaladas verde.



influencia de los vientos dominantes de la zona. Así, en la orilla noreste, dirección favorecida por los vientos dominantes, la media del contenido de ADN transgénico era inferior al 0,9% a 10 m de distancia mientras que en la dirección encontrada en los vientos dominantes, la tasa inferior al 0,9% se obtenía ya a 2 m de distancia del campo transgénico.

A efectos prácticos es muy conveniente distinguir entre valores puntuales, valores medios a una distancia determinada y valores medios aplicados al área total de un campo adyacente.

En este ensayo se detectó un valor puntual superior al 0,9% a 40 m de distancia en la dirección del viento dominante. Pese a esto, la

media de las muestras evaluadas a 10 m del campo transgénico dio sólo un 0,6% en la esquina a favor del viento y menos de 0,1 en el contrario. Alrededor de los campos se pueden encontrar valores muy altos pero que disminuyen rápidamente a medida que nos adentramos en el campo. El valor medio de una cosecha dependerá en gran medida de las dimensiones del campo no transgénico (Melé et. al., 2004; Messeguer et. al., 2004). Con los valores obtenidos en este ensayo, la cosecha global del campo no transgénico no se habría de etiquetar como transgénico, puesto que tiene un valor de 0,11% por término medio. En cambio, una parte del campo, pongamos un cuarto de hectárea, situada a la derecha a partir del transgénico, se habría de etiquetar como transgénico, puesto que superaría por poco el umbral del 0,9%.

04 Ensayo de coexistencia 2004

El segundo ensayo de coexistencia se realizó en la Serra de Daró (Baix Empordà) y consistía en un núcleo de 4 variedades de maíz Bt de grano amarillo, que ocupaban un total de 4 ha, rodeadas de maíz convencional de grano blanco, con una superficie total de 27 ha. Se escogieron este tipo de variedades porque la tasa de polinización cruzada se puede cuantificar contando los granos amarillos que aparecen en las mazorcas blancas (Foto 2).

Esto permite analizar un número muy elevado de muestras, puesto que este sistema es mucho más fácil y económico que hacer los análisis del contenido de ADN transgénico. Los objetivos del ensayo eran determinar la influencia de la medida del campo transgénico en la tasa de polinización cruzada detectada en campos adyacentes y estudiar más adecuadamente el efecto de una zona tampón en el control del flujo de genes. El ensayo fue subvencionado por el IRTA y el proyecto PORTA.

En este ensayo también hubo una coincidencia en la floración muy buena entre las variedades transgénicas y el maíz blanco. Se analizaron más de 700 muestras de 3 mazorcas cada una. El flujo de genes fue más elevado en la dirección del viento dominante, hecho que confirma los resultados del primer ensayo.

Además, el flujo también decrecía con la distancia de tal manera que en las zonas del campo de maíz blanco adyacentes al núcleo transgénico se observó que el maíz blanco actuaba como una zona tampón y que a los 10-15 m de distancia la media de las muestras tenía una tasa inferior al 0,9%. En cambio, en la zona del ensayo donde un camino de paso de 10 m de anchura separaba el maíz transgénico del blanco, la tasa de polinización cruzada detectada en la línea del borde del camino era mucho mayor a 0,9% (Melé et. al., 2005; Pla et. al., 2006).



EL FLUJO GENÉTICO SE ACUMULA EN LOS BORDES DE LOS CAMPOS Y DISMINUYE RÁPIDAMENTE HACIA EL INTERIOR. EL FLUJO GENÉTICO ES MÁS FUERTE EN LA DIRECCIÓN DEL VIENTO DOMINANTE.

05 Ensayo de coexistencia 2005

Los dos ensayos anteriores se planificaron de tal manera que las variedades transgénicas y convencionales florecieran al mismo tiempo con tal de detectar el máximo nivel de flujo de genes que se podría producir. Ahora bien, como en determinadas zonas de nuestro país es posible hacer siembras muy tempranas o muy tardías, hay que averiguar si el flujo de genes se podía controlar mejor si se hace disminuir dentro de lo posible la coincidencia de la floración.

Así pues, se diseñó un ensayo donde se combinaban tres fechas de siembra de maíz transgénico amarillo con tres fechas de siembra de blanco no transgénico (31 de marzo la primera, 20 de abril la segunda y 11 de mayo la tercera). Se escogió un diseño que favoreciera al máximo la polinización cruzada, de forma que la distancia media entre plantas transgénicas y no transgénicas fuera inferior a dos metros. El ensayo se hizo en la zona de Foixà (Baix Empordà) y lo financiaron el IRTA y el DARP.

Pese a la diferencia de tres semanas entre la primera y la segunda siembra, las floraciones se produjeron con muy poca diferencia de tiempo (2 ó 3 días). En cambio, entre la segunda y la tercera se produjo un intervalo en la floración de poco más de 10 días.

Los resultados son provisionales, puesto que se están haciendo todavía los análisis para poder asegurar la equivalencia de los recuentos en granos amarillos con el porcentaje de

transgénico. En principio, como se trata de variedades transgénicas híbridas, sólo la mitad de los granos amarillos de las mazorcas blancas son transgénicos, pero hace falta evaluar también la probable interferencia del polen amarillo procedente de los campos vecinos.

06 Estudio de coexistencia en condiciones reales

Los ensayos descritos anteriormente estaban diseñados de una manera muy concreta para evaluar mejor los efectos del viento, la distancia o la coincidencia de la floración. Esto ha permitido detectar qué puede pasar en estas condiciones de cultivo que normalmente se han buscado que favorecieran el flujo genético para poderlo estudiar mejor. Así pues, en una situación real de coexistencia como la que tenemos en nuestro país desde 1998, cada labrador decide qué quiere plantar y cuándo. Esto significa que dentro de una zona puede haber varios campos transgénicos repartidos o no entre campos convencionales, de medidas diferentes y además, que las fechas de siembra pueden ser coincidentes o no. Era necesario estudiar alguna zona concreta y analizar en condiciones reales de coexistencia qué tasas de polinización cruzada que producen y cuáles son los factores más importantes que las determinan. Esta tarea es la que estamos llevando a cabo dentro del proyecto europeo SIGMEA, que se inició en marzo de 2004 y tiene una duración de 3 años.

Durante la campaña de 2004 se escogieron dos zonas, una en Tèrmens (Noguera) y la otra en



EL EFECTO DE LA DISTANCIA PARA IMPEDIR EL FLUJO DE GENES DEPENDE MUCHO DE QUÉ HAY EN ESTA DISTANCIA. UNA ZONA TAMPÓN DE MAÍZ NO TRANSGÉNICO DE 15 M ES MUY EFECTIVA, MIENTRAS QUE UN CAMPO DE CEREAL O UN CAMPO BALDÍO LO SON MUY POCO.

Foixà (Baix Empordà). Se construyó un mapa que situaba los diferentes tipos de cultivo y las barreras físicas que podían modificar el movimiento del polen. Gracias a la gran colaboración de la cooperativa de Tèrmens y de los agricultores de ambas zonas, se pudo identificar el tipo de maíz sembrado en cada campo (si era convencional, ecológico o transgénico) y las fechas de siembra de cada uno de ellos. Posteriormente, se determinaron las fechas de floración. A partir de estos datos se pueden elegir una serie de campos que a priori podían tener diferentes grados de polinización cruzada con los campos transgénicos vecinos y se analizó detalladamente el contenido de OMGs en las diferentes partes del campo (30-40 muestras de tres mazorcas según la medida y la forma del campo).



Foto 3. Detalle del campo de ensayo. En primer plano en color verde claro está la siembra conjunta de transgénico y no transgénico de la tercera fecha todavía sin florecer. Foto: IRTA



EL INTERVALO ENTRE LAS FECHAS DE SIEMBRA TEMPRANAS (MARZO, ABRIL) PRODUCEN POCAS DIFERENCIAS ENTRE LAS FLORACIONES. EN CAMBIO, LAS DIFERENCIAS DE SIEMBRA ENTRE FECHAS MÁS TARDÍAS (MAYO) SON MÁS EFECTIVAS EN EL DESFASE DE LAS FLORACIONES.

De los quince campos analizados, se encontraron tres con un contenido superior al 0,9% y que por lo tanto, se habrían de etiquetar como transgénicos.

En otros tres no se detectó la presencia de flujo transgénico, porque no coincidieron en la floración con los campos transgénicos de alrededor.

Los resultados obtenidos en este estudio ponen de manifiesto que en condiciones reales de coexistencia, el viento dominante no tiene

tanto efecto como en el caso de los ensayos descritos anteriormente. Este resultado es lógico, puesto que los campos transgénicos y no transgénicos están “mezclados” y distribuidos en varias orientaciones. En cambio, los factores más importantes que determinan el grado de flujo de genes son la coincidencia de la floración y la distancia entre los campos. Si se combinan estos dos parámetros en una fórmula sencilla se puede explicar en todos los casos y de manera muy ajustada, los valores de flujo genético que se han encontrado en los campos estudiados. De acuerdo con estos resultados se puede concluir que en el caso de una coincidencia de floración total, la distancia de separación entre los campos debería ser de unos 15-20 m para que el contenido de OGM fuera inferior al 0,9 %. Este año también se ha hecho un estudio parecido y está previsto hacer algunas comprobaciones más para encontrar un sistema que permita predecir de manera fiable el flujo de genes a partir de la situación de los cultivos transgénicos y de las fechas de floración.

07 Conclusiones

Tanto en los ensayos planificados para estudiar el flujo de genes como en el estudio llevado a cabo en dos zonas para evaluar una situación

real, se puede concluir que una distancia de seguridad (zona tampón) entre 10-20 m sería suficiente para mantener el umbral de contenido de OGM en la producción del campo por debajo del 0,9%. Este resultado concuerda con el de otros ensayos realizados en Alemania e Inglaterra (Henry et. al., 2003; Weber et. al., 2005). Cuando varios campos transgénicos y no transgénicos coexisten en una zona, los factores más importantes que determinan el contenido de OGM debido a la polinización cruzada son la coincidencia de la floración y la distancia entre los campos.

Por otra parte, la normativa sobre coexistencia deberá prever otros aspectos para evitar la mezcla accidental con el maíz transgénico causada por la impureza de las semillas de siembra, la presencia de rebrotes de un cultivo anterior transgénico, la limpieza de la maquinaria y de utillaje empleado para el transporte y el almacenamiento del grano.

Cada una de estas posibles causas requiere de unas precauciones y una normativa específica para minimizar el riesgo de mezclas no deseadas.

A menudo se argumenta, en defensa de distancias de seguridad más largas, que de esta manera se rebajará el nivel total de OGM, ya que además del flujo genético existen estos

Tabla 1. Contenido global de OGM en los campos analizados en el estudio de coexistencia en las zonas de Tèrmens y Foixà. En la zona elegida de Foixà no había plantaciones del transgénico Bt 176

Campos analizados			% GM-DNA/total DNA		
Zona	Parcela	Área (ha)	Mon 810	Bt 176	Total
Foixà	A	1,07	0	-	0
Foixà	B	0,58	0	-	0
Foixà	C	4,63	0	-	0
Foixà	D	1,89	0,05	-	0,05
Foixà	E	3,56	0,11	-	0,11
Foixà	F	1,1	1,22	-	1,22
Foixà	G	1,5	1,89	-	1,89
Tèrmens	H	0,5	0,03	0,01	0,04
Tèrmens	I	3,08	0,02	0,51	0,53
Tèrmens	J	0,97	0,04	0,03	0,07
Tèrmens	K	1,89	0,01	2,28	2,29
Tèrmens	L	2,55	0,01	-	0,01



Foto 4. Vista general de los campos escogidos para el estudio de coexistencia de 2004. Foto: IRTA

factores que se acaban de mencionar. Probablemente, habrá que evaluarlos y controlarlos uno por uno; aumentar las distancias de seguridad, por ejemplo hasta cincuenta metros, equivaldría a una prohibición de hecho en zonas como las estudiadas, donde el tamaño medio de las parcelas es pequeño

08 Referencias

Henry C, Morgan D, Weekes R, Daniels R & Boffey C. (2003) Farm scale evaluations of GM crops: monitoring gene flow from GM crops to non-GM equivalent crops in the vicinity. Contract reference EPG 1/5/138. Final Report 2000/2003.

Melé E, Ballester J, Peñas G, Folch I, Olivar J, Alcalde, E & Messeguer J (2004) First Results of Co-existence Study. Euro / Biotech / News, 4: 8

Melé E, Peñas, G, Serra, J, Salvia J, Ballester J, Bas, M, Palau-del-màs M & Messeguer J. (2005) Quantification of pollen gene flow in large maize

fields by using kernel colour trait. Proc. II Int.. Conference on Co-existence between GM and non-GM based agricultural supply chains. 14-15 Nov 2005, Montpellier (France) Antoine Messéan Ed.. Published by Agropolis Productions Montpellier: pp 289-291.

Messeguer J., Ballester J, Peñas G, Folch I, Olivar J, Alcalde E & Melé E. (2004). Avaluació del flux de gens en un camp comercial de blat de moro. <http://www.ruralcat.net/ruralcatApp/>

Plan M, La Paz JL, Peñas G, García N, Palau-del-màs M, Esteban T, Messeguer J & Melé E. Assessment of real-time PCR based methods for quantification of pollen-mediated gene flow from GM to conventional maize in a field study. Transgenic Research (In press)

Weber WB, Bringezu T, Broers Y, Holz F Eder B y Eder J. (2005) Coexistence of genetically modified and conventional maize. Results of the pre-commercial planting with silage in 2004. Mais: Die fachzeitschrift fuer den maisanbauer. 1-2/2005 :1-6.

09 Participantes y colaboradores

Enric Melé i Grau

Consorcio IRTA - CSIC. Departamento de Genética Vegetal. Centro de Cabris. IRTA.
enric.mele@irta.es

Joaquima Messeguer i Peypoch

Consorcio IRTA - CSIC. Departamento de Genética Vegetal. Centro de Cabris. IRTA.
joaquima.messeguer@irta.es

Montserrat Palau-del-màs

Consorcio IRTA - CSIC. Departamento de Genética Vegetal. Centro de Cabris. IRTA.
montserrat.palau-del-mas@irta.es

Gisela Peñas i Civit

Consorcio IRTA - CSIC. Departamento de Genética Vegetal. Centro de Cabris. IRTA.
gisela.penas@irta.es

Jordi Salvia i Fuentes

IRTA - Estación Experimental Agrícola Mas Badia
jordi.salvia@irta.es

Joan Serra i Gironella

IRTA - Estación Experimental Agrícola Mas Badia
joan.serra@irta.es



CUANDO, CON DIECISÉIS AÑOS, JOSEP TORRENT COMENZÓ A TRABAJAR EN LA EXPLOTACIÓN AGRARIA DE SU FAMILIA EN BELLCAIRE D'URGELL, ESTA TENIA 8 HECTÁREAS DE TERRENO. ACTUALMENTE, LA FINCA TIENE CERCA DE 30 HECTÁREAS, LA MAYORÍA DE RIEGO EN LA ZONA DEL CANAL D'URGELL, DONDE CULTIVA MAÍZ, TRIGO Y GARROFA. JOSEP SIEMPRE HA ESTADO VINCULADO CON EL MUNDO COOPERATIVO; HA SIDO PRESIDENTE DE LA COOPERATIVA DEL CAMPO DE BELLCAIRE, DE LAS COOPERATIVAS DE SEGUNDO GRADO TRANSALFALS Y LA VISPESA, CON SEDE EN BELLCAIRE, Y D'ACTEL, CON SEDE EN LLEIDA. EN ESTA ENTREVISTA, JOSEP NOS HABLA DEL CULTIVO DEL MAIZ EN SU EXPLOTACIÓN Y DE COMO SACAR EL MÁXIMO PROVECHO.

¿Qué tipos de productos gestiona en su explotación?

En la explotación gestionamos maíz, trigo, veza y barbecho. La rotación de cultivos que realizamos en nuestra explotación sería la siguiente: cuatro años de maíz y uno de trigo. En las fincas donde hemos cultivado el trigo sembramos veza en septiembre para enterrarla a finales de marzo antes de volver a cultivar maíz e iniciar así otra vez la rotación. El otro "cultivo" que gestionamos es barbecho, impuesto por la normativa europea, la PAC. A medida que nos adaptamos a los cambios de la PAC, tendremos que alterar nuestra rotación, ya que el margen de beneficio del maíz se verá más afectado que el del trigo.

¿De las diversas variedades de maíz existentes en el mercado ¿cuáles están presentes en sus cultivos?

Nosotros sembramos variedades de ciclo 600 y 700. Este año sembraremos solo dos variedades, como convencional la Pioneer R42, y como transgénica la Pioneer P67.

LA ENTREVISTA

Josep Torrent Tarré

Agricultor.

Bellcaire d'Urgell (La Noguera)

“LA PRODUCTIVIDAD NO ES INCOMPATIBLE CON EL RESPETO AL MEDIO AMBIENTE”

¿Qué criterios tiene en cuenta a la hora de escoger estas variedades?

En este aspecto disponemos de información privilegiada, ya que hace muchos años que colaboramos con la casa de semillas Pioneer, y ya hace varias campañas que realizamos ensayos de diversas variedades comerciales de esta firma dentro de nuestra explotación, por lo que sabemos cuáles son las variedades que se adaptan mejor a nuestros terrenos. Uno de los criterios más importantes es el rendimiento, pero no es el único. Tenemos en cuenta también la humedad en recolección, la resistencia a enfermedades y el ciclo; escogemos ciclos cortos para las fincas donde después hemos de sembrar trigo.

¿Tiene en cuenta las recomendaciones de variedades que anualmente publica el IRTA para su zona?

Conocemos las recomendaciones del IRTA y muchas veces coinciden con las que obtenemos en nuestros campos.

“Uno de los criterios más importantes es el rendimiento, pero no es el único”

¿Cuándo cree que es adecuado aplicar el abonado nitrogenado de cobertura?

El mejor momento para aplicar este tipo de abonado es cuando el maíz tiene entre 50 y 60 centímetros de altura

Más adelante es difícil entrar con las máquinas dentro del campo de maíz sin dañarlas. Si dispusiéramos de riego por aspersión, este abono se podría fraccionar mucho más, se podría aplicar hasta la floración y aproximarse a las necesidades de la planta.

¿Conoce la herramienta de Plan de abonado de RuralCat?

Conocemos la herramienta de plan de abonado, pero no la utilizamos de momento, ya que tengo un hijo que es ingeniero agrónomo y junto con él preparamos el abonado, en función del cultivo anterior y de si hemos enterrado o no los residuos (paja o cañas). No descartamos, en un futuro próximo, la posibilidad de utilizarla.

¿Qué proceso de comercialización sigue para las producciones de su explotación?

Comercializamos nuestras producciones a través de la cooperativa del pueblo. Con esta opción creo que conseguimos un buen precio de venta, y tenemos confianza en ella en cuanto a la medida de la cantidad de kilogramos y la humedad de la producción.

¿Cómo se compagina la productividad y la competitividad con las medidas medioambientales de obligado cumplimiento?

Creemos que la productividad no es incompatible con el respeto al medio ambiente.

Realizar un abonado equilibrado y razonado, además de ser mejor para el medio, es más rentable para la explotación.

Hay que ajustar mucho los costes, y por tanto racionalizar las dosis de abonado con herbicida.

Nosotros aplicamos de manera diferenciada el fósforo, el potasio y el nitrógeno, así se pueden ajustar las dosis y ser más eficientes.

RuralCat.
redaccio@ruralcat.net