

# DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓ I ASESORAMENT AL SECTOR AGROALIMENTARI

## N19 | NUEVAS VARIEDADES DE MAÍZ EN CATALUÑA

Febrero 2007

**P03** Contribución de la mejora genética al incremento de los rendimientos del maíz en Cataluña **P11** Resultados obtenidos en la Red de Evaluación durante la campaña 2006 **P18** Resultados plurianuales y recomendación de variedades para la campaña 2007 **P25** Coexistencia entre maíz convencional y transgénico **P32** La entrevista



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària  
i del món rural

[www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)



Generalitat de Catalunya  
Departament d'Agricultura,  
Alimentació i Acció Rural



# PRESENTACIÓN



**Ramon Lluís Lletjós i Castells**  
Subdirector General de Agricultura

Tenéis en vuestras manos el número 19 de la colección de Dossier Tècnic, que en esta ocasión está dedicado a analizar el comportamiento de las nuevas variedades de maíz en Cataluña. Este dossier, además de dar a conocer las experiencias que se están llevando a cabo en nuestro territorio para ver como se adaptan y comportan las nuevas variedades, y de esta manera ser una guía para el productor de cara a tomar sus decisiones, también incluye un capítulo dedicado a estudiar la coexistencia de maíz convencional y transgénico.

En primer lugar, querría destacar que se trata de una publicación muy oportuna en unas fechas en que el empresario agrario debe tomar las decisiones de siembra. Ahora es cuando le conviene tener al alcance todo el abanico de variedades que existen y saber cómo se adaptan a sus condiciones de explotación, tanto con respecto a las variables edafoclimáticas del territorio como a los resultados y objetivos que pretende obtener.

En lo referente a las variedades de maíz más productivas, los resultados de los ensayos realizados por el IRTA nos demuestran que en los últimos años, la introducción de variedades híbridas ha hecho aumentar las producciones por hectárea entre 1.500 y 3.000 kg, hecho que ha contribuido a acercarnos a los rendimientos que tienen otros países europeos como Francia y, por lo tanto, a mejorar nuestra competitividad.

Además, la Red de Evaluación llevada a cabo durante el año 2006 por el IRTA, permite ver el comportamiento de diferentes variedades de maíz en diferentes condiciones agronómicas y climáticas y, en consecuencia, ayuda a escoger aquellas que mejor se adaptan a cada explotación y que permiten obtener un mejor resultado productivo y económico.

Para acabar, querría resaltar muy especialmente los ensayos que se están realizando para estudiar la coexistencia de siembras de maíz convencional y transgénico y en particular, el que hace referencia a la fecha de siembra y a la coincidencia en la floración. Las conclusiones permiten afirmar que la separación de las fechas de siembra puede ser una herramienta útil para regular la coexistencia, y que separar las floraciones un mínimo de 10 días es una buena estrategia para el control del flujo genético.

Deseo que este DOSSIER TÈCNIC pueda ser de vuestro interés, y que os permita tomar decisiones de explotación con las mejores garantías de rentabilidad económica y productiva.

**Dossier Tècnic. Núm. 19**  
**"Nuevas variedades de maíz en Cataluña"**  
Febrero de 2007

#### **Edición**

Dirección General de Agricultura, Ganadería e Innovación. Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural de la Generalitat de Catalunya.

#### **Consejo de Redacción**

Montserrat Gil de Bernabé Sala, Ramon Lletjós Castells, Ramon Jové Miró, Jaume Sió Torres, Elisabet Cardoner Martí, Xavier Esteve Guiu (DG02), Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Santiago Riera Lloveras (Prensa), Joan S. Minguet Pla y Josep M. Masses Tarragó.

#### **Coordinación del presente número**

Josep Maria Masses Tarragó

#### **Producción**

Teresa Boncompte Ribera y Josep Maria Masses Tarragó

#### **Corrección estilística y lingüística**

Teresa Boncompte Ribera.

#### **Asesoramiento lingüístico**

Joan Ignasi Elias Cruz

#### **Grafismo y maquetación**

Quin Team

#### **Impresión**

El Tinter (empresa certificada ISO 14001 y EMAS)

#### **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 de artículos citando la fuente y el autor.

DOSSIER TÈCNIC se distribuye gratuitamente. Puedes pedir más ejemplares a la dirección: [dossier@ruralcat.net](mailto:dossier@ruralcat.net)

Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca  
Gran Via de les Cortes Catalanas, 612, 4ª planta  
08007 - Barcelona  
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02  
e-mail: [dossier@ruralcat.net](mailto:dossier@ruralcat.net)

Más recursos, enlaces y la versión electrónica en la web de RuralCat: [www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)

#### **Foto portada**

Parcela experimental de evaluación de variedades de maíz en la zona de Regadíos de Lleida. Foto: A. López Querol

# CONTRIBUCIÓN DE LA MEJORA GENÉTICA AL INCREMENTO DE LOS RENDIMIENTOS DEL MAÍZ EN CATALUÑA



Campo de ensayo de variedades de maíz de la Tallada d'Empordà a principios de los años 90. Foto: J. Serra.



Planta afectada por el virus MDMV. Las virosis son uno de los principales factores a considerar en algunas zonas del Regadío de Lleida. Foto: J. Serra

## 01 La evolución de los rendimientos del maíz

En Cataluña, el maíz es el cereal que presenta unas mayores producciones de grano por unidad de superficie. Así, a modo de ejemplo, el rendimiento medio de este cultivo en el año 2003 fue de 8.662 kg/ha, cifra que superó en más del doble los de trigo, cebada, avena, centeno y sorgo (Tabla 1). Este hecho es debido al alto potencial de producción que tiene la especie, pero también a otros factores, como el hecho que se cultiva mayoritariamente en parcelas de regadío.

**Tabla 1. Rendimientos de los cereales para grano en Cataluña el año 2003 (Fuente: DAR).**

Cereal	Rendimiento (kg/ha)
Trigo	3.275
Cebada	2.933
Avena	2.046
Centeno	2.105
Arroz	5.554
Maíz	8.662
Sorgo	2.359

Durante el siglo XX se produjo un incremento muy importante de los rendimientos del maíz. En el caso de los Estados Unidos de América, el primer productor mundial, datos del USDA (United States Department of Agriculture), muestran que el rendimiento medio a comienzos de siglo era próximo a 1.700 kg/ha; durante el primer tercio de éste, prácticamente no se incrementó; pero, a partir de mediados de los años 30 y hasta el final, se produjo un aumento anual superior a 100 kg/ha,

resultando a finales de los años 1990 un rendimiento medio próximo a 9.000 kg/ha (Figura 1). Inicialmente se cultivaban poblaciones que se multiplicaban por polinización libre, en que la mejora realizada resultó poco efectiva desde un punto de vista productivo. El aumento más importante de los rendimientos se produjo con la aparición de las variedades híbridas, en los años 30. En primer lugar, se cultivaron híbridos dobles con un incremento anual del rendimiento de 63 kg/ha; pero, a partir

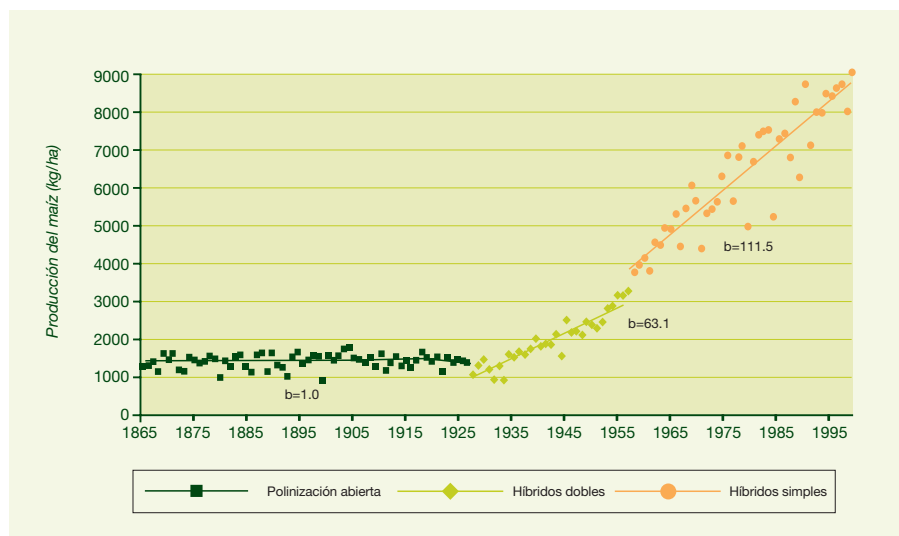


Figura 1. Rendimiento medio del maíz en Estados Unidos (Forrest, 2004).

de los años 60, con la introducción de los híbridos simples, el aumento anual pasó a ser de 112 kg/ha.

En España y en Cataluña el aumento del rendimiento del maíz ha sido similar al de los Estados Unidos, si bien con un rasgo diferencial destacable, puesto que éste no se inició hasta los años 50 (Figuras 2 y 3), debido a la introducción más tardía de las variedades híbridas. En el caso español, durante la primera mitad del siglo XX los rendimientos se mantuvieron estables, con un valor medio de 1.455 kg/ha; entre los años 1950 y 1967 se produjo un incremento anual de 44 kg/ha; y a partir de este último año, de 193 kg/ha. En el caso de Cataluña la evolución ha sido la misma, con un rendimiento medio de 1.355 kg/ha entre 1905 y 1950; un incremento anual de 54 kg/ha entre 1950 y 1967; y de 198 kg/ha a partir de este último año.

El aumento de las producciones es debido tanto a adelantos en la mejora genética, como en las prácticas culturales (control de malas hierbas, fertilización y riego, entre otras). No es fácil determinar la contribución de la mejora genética en el incremento total de los rendimientos, debido al gran número de factores implicados. Duvick (1992) estudió el progreso observado en las producciones de los híbridos de maíz entre 1930 y 1986 y concluyó que una media del 47% del incremento total era debida al progreso genético. Esta mayor capacidad de producción se explicaría principalmente por una mejor adaptación a condiciones de estrés tanto abióticos (calor, déficit de agua y altas densidades, entre otras) como bióticos (virosis, podredumbres de la base de los tallos y barrenadores, entre otras). La contribución de otros factores (fertilizantes, fitosanitarios y trabajo de suelo, entre otras) es muy variable. La mejora de algunas características genéticas (por ejemplo la aptitud por producir a altas densidades de plantas), ha permitido el cambio de prácticas culturales (aumento de la densidad de siembra), ha contribuido a que el cultivo sea más eficiente en la captación y en el uso de los recursos (luz, agua y nutrientes) y ha comportado un incremento de los rendimientos.

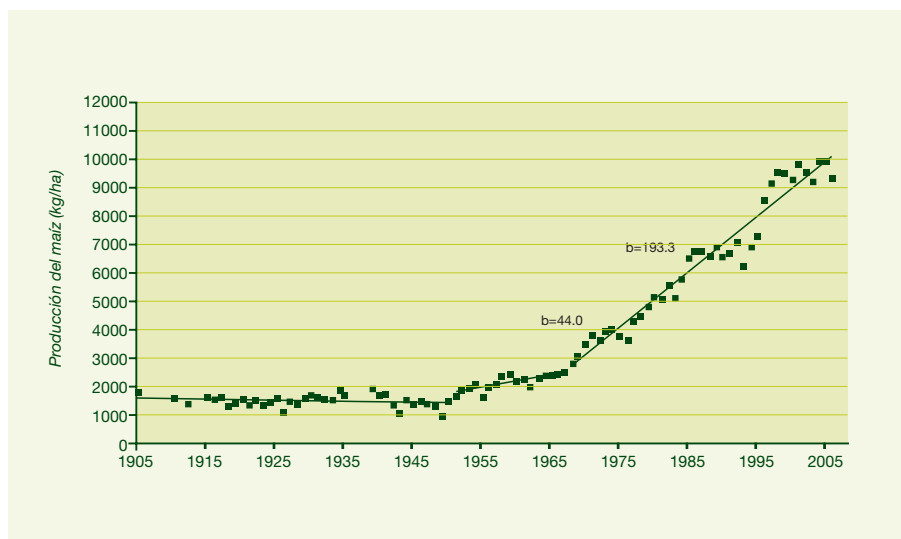


Figura 2. Rendimiento medio del maíz en España (Fuente: INE).



Figura 3. Rendimiento medio del maíz en Cataluña (Fuente: INE).

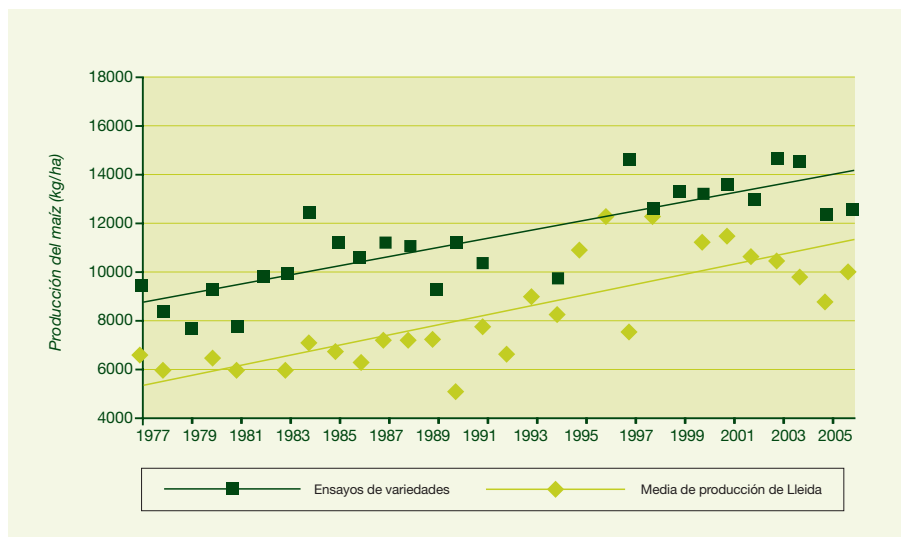


Figura 4. Producción media de los ensayos de evaluación de variedades de maíz realizados en las comarcas de Lleida, en comparación con la producción media de esa misma zona.

## 02 Los ensayos de evaluación de variedades en Cataluña

Desde el año 1977 varias instituciones del ámbito público han realizado ensayos de evaluación de variedades, en las zonas productoras catalanas. Inicialmente, hace falta destacar el trabajo realizado por el antiguo Servicio de Extensión Agraria (SEA) del DARP en todo Cataluña y, en el litoral de Girona por la Fundación Mas Badia. Posteriormente, a partir del año 1995 el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA) tomó el relevo y ahora es la institución que lleva a cabo esta experimentación. El número de ensayos realizados en todo este periodo es elevado (sólo en el periodo 1988-2006, más de sesenta). Aún así, se ha observado una disminución en el número que se hace por año; se ha pasado de los 8-10 a finales del año 1980, a los dos o tres que se realizan en la actualidad.

El rendimiento medio de los ensayos ha aumentado a medida que han pasado los años. Si consideramos el periodo 1977-2006 en la zona de regadíos de Lleida, el aumento anual ha sido de 185 kg/ha (Figura 4); mientras que entre 1983 y 2006 en Girona litoral, de 225 kg/ha (Figura 5). En los dos casos los incrementos observados han sido ligeramente menores que en los rendimientos medios comerciales de cada zona. Por otra parte, las producciones medias de los ensayos del Regadío de Lleida y del Litoral de Girona han sido superiores a las medias de producción comercial de cada zona. Esta diferencia se da porque los ensayos se han realizado normalmente en parcela pequeña, en terrenos de regadío de alta fertilidad y con un mayor cuidado en las prácticas culturales.

## 03 Variedades evaluadas

A lo largo de esta serie de campañas se han ensayado más de 350 variedades de ciclos 800, 700, 600 y 500. En la tabla 2 se puede ob-

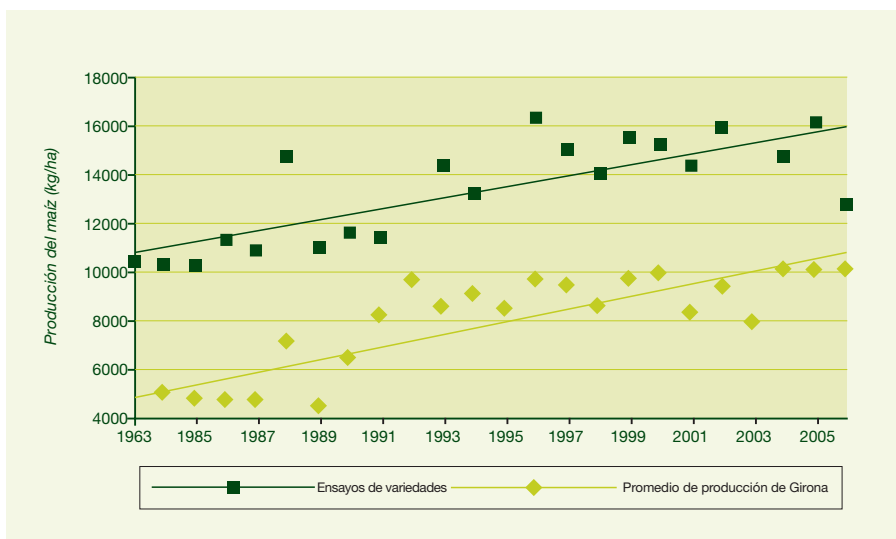


Figura 5. Producción media de los ensayos de evaluación de variedades de maíz realizados en las comarcas de Girona, en comparación con la producción media de esa misma zona.

servar una muestra de las variedades de ciclo 700 y 800 evaluadas entre el 1988 y el 2006. Todas ellas son híbridos simples y COMPA CB, DKC6575, HELEN Bt y PR32P76 son transgénicas, la primera de las cuales con la modificación CG 00256-176 y el resto con la MON 810. En este periodo las que se han ensayado más tiempo han sido DRACMA y ELEONORA, con 14 y 11 años, respectivamente. En Tabla 3 se muestran algunas de las variedades de ciclo 500 y 600 que se han evaluado en esta serie de años; destaca CECILIA como la que se ha ensayado durante más campañas (12). Todas ellas también son híbridos simples, y JARAL Bt y PR33P67 son las únicas transgénicas con la modificación MON 810.

Más de la mitad de los híbridos evaluados se han ensayado sólo durante un año, por el hecho de presentar producciones marcadamente inferiores a las variedades de referencia. Una de las contribuciones más importantes de los ensayos de evaluación varietal ha sido el filtra-

do del nuevo material comercial, que recomienda sólo aquellos híbridos que han expresado un mayor potencial de producción en las zonas productoras catalanas.

## 04 Rendimiento de las variedades

Se ha hecho un estudio para comparar estadísticamente los resultados productivos de los híbridos que se han ensayado durante un mínimo de tres años. Por esto, se han tratado conjuntamente todos los ensayos de la serie histórica mediante el análisis de la varianza multiambiente utilizando varios modelos mixtos de efectos fijos y aleatorios. Como efectos fijos de los diferentes modelos se han considerado el ensayo individual (combinación de año y localidad de ensayo), la zona de cultivo (Regadío de Lleida, Girona litoral e Interior de Girona), el ciclo (800, 700, 600 y 500), así como el tipo de variedad (convencional o transgénica); y como efectos aleatorios la variedad y sus interacciones con el ensayo y la zona de cultivo. Los me-

Variedad COSTANZA, que se caracterizaba por tener las puntas de la mazorca sin rellenar. Foto: J. Serra.



La variedad DRACMA se ensayó entre 1989 y 2004. Foto: J. Serra.



La Red de Evaluación de Variedades de Maíz ha permitido conocer la productividad de los nuevos híbridos, y ha descartado los menos interesantes

**Tabla 2. Muestra de algunas de las variedades de maíz de ciclo 800 y 700 que se han evaluado en Cataluña durante un mínimo de tres años, en ensayos oficiales realizados a partir de 1988, así como los años de ensayo.**

VARIETADES CICLO 700-800	AÑOS																		
	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
ADOUR 640	x	x	x	x		x	x												
AE 703	x	x	x	x															
ALIOS	x	x	x	x		x	x												
BIANCA	x	x	x	x		x	x												
IVANA	x	x	x	x															
M-770	x	x	x	x															
NEPRIS	x	x	x	x		x													
P-3183	x	x	x	x		x	x												
PRISMA	x	x	x	x															
XL-72	x	x	x	x															
DRACMA		x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		
JUANITA				x		x	x			x	x	x							
COSTANZA				x		x	x		x	x	x	x							
OROPESA							x		x	x	x								
CHAMACO							x			x	x	x							
PEGASO							x		x	x	x	x	x	x	x				
DOÑANA									x	x	x	x	x						
ELEONORA									x	x	x	x	x	x	x	x	x		
SELE									x	x	x	x	x	x	x	x	x		
COMPA CB*											x	x	x	x	x	x			
PREGIA											x	x	x	x					
ARISTIS												x	x	x	x		x	x	x
ALICUNDE														x	x	x	x	x	
HELEN														x	x	x	x	x	x
DKC6535															x	x	x	x	
KERMESS															x	x	x	x	x
PR32R42															x	x	x	x	x
TIETAR															x	x	x	x	x
DKC6575*																	x	x	x
HELEN Bt*																	x	x	x
NK-FACTOR																	x	x	x
PR32P76*																	x	x	x
PR32W86																	x	x	x
VARENNE																	x	x	x

\* Variedades transgénicas.

jores predictores lineales no sesgados (BLUPs, “best linear unbiased predictors”) del rendimiento medio de cada variedad se han obtenido del ajuste de los mencionados modelos mixtos. La aplicación de esta metodología ha permitido comparar directamente variedades ensayadas en años y condiciones diferentes, y obtener la mejor predicción no sesgada de cada híbrido con independencia de su año de introducción en la red de experimentación y del número de ensayos en que ha sido probada.

El número de variedades que se han incluido en el análisis ha sido de 102, de las cuales 8 corresponden a ciclo 800, 58 a 700, 28 a 600 y 8 a 500.

El número de ensayos considerados ha sido de 63, correspondientes a 17 años y 19 localidades diferentes. Los ensayos se han realizado en los años comprendidos entre el 1988 y 2006; y las localidades más representadas han sido la Tallada d’Empordà (Baix Empordà) con 15 ensayos y el Palau d’Anglesola (Pla de Urgell) con 11. En la agrupación de los ensayos en zonas productoras, 29 corresponden al Regadío de Lleida, 27 al Litoral de Girona y 7 al Interior de Girona, todos ellos en la localidad del Vall d’en Bas.

La cuantificación de la varianza asociada a los efectos aleatorios “variedad” y “variedad por ensayo” ha permitido detectar una importante

variabilidad productiva entre variedades, así como un comportamiento variable de estas en función del ensayo. Tal y como era previsible, los rendimientos también han variado de forma significativa entre los ensayos ( $p < 0.0001$ ). Las producciones medias más bajas se han obtenido en los ensayos de Castellserà 1989, Tèrrens 1989 y les Borges Blanques 1991, con 6.962, 7.781 y 7.942 kg/ha, respectivamente; y las más altas en Vall d’en Bas 2004 y la Tallada d’Empordà 2004 y 1988, con 18.115, 17.310 y 16.788 kg/ha, respectivamente.

En la Figura 6 se pueden observar los rendimientos comparativos de algunas

**Tabla 3. Muestra de algunas de las variedades de maíz de ciclo 600 y 500 que se han evaluado en Cataluña durante un mínimo de tres años, en ensayos oficiales realizados a partir de 1988, así como los años de ensayo.**

VARIETADES CICLO 700-800	AÑOS																		
	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
LUANA	x	x	x	x															
HIDRA						x	x		x	x	x	x							
CECILIA							x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MARZIA							x		x	x	x	x	x	x					
LERIDIS									x	x	x	x	x						
LUCE									x	x	x	x	x	x	x	x	x		
DK626									x		x	x	x	x	x				
GAMBIER										x	x	x	x						
GIUBILEO										x	x	x	x	x					
TUNDRA										x	x	x	x						
CUARTAL											x	x	x		x		x	x	x
SENEGAL											x	x	x	x	x	x	x		
GOLDUCA												x	x	x	x	x	x		
PR34B23													x	x	x	x	x		
ASTURIAL															x	x	x	x	x
PR33P66															x	x	x	x	x
SANCIA																x	x	x	x
GUADALQUIVIR																	x	x	x
JARAL Bt*																	x	x	x
PR33P67*																	x	x	x
PR34N43																	x	x	x

\* Variedades transgénicas.

variedades de ciclo 700 y 800 a partir de las mejores predicciones (BLUPs). Los menores rendimientos se han observado en las variedades más antiguas AE 703, XL-72 y ADOUR 640, que se empezaron a ensayar a finales de los años 70. La aparición en el mercado de P-3183, a inicios de los años 80, representó un incremento muy destacable de los rendimientos (entre 1.500 y 3.000 kg/ha). Durante esta década pocas variedades superaron claramente a P-3183; en todo caso, se podría destacar BIANCA. No será hasta los años 90, donde DRACMA fue un híbrido de referencia, cuando aparecieron algunas variedades (COSTANZA, ELEONORA y SELE) que superaron los rendimientos de P-3183 en más de 500 kg/ha. A finales de los años 90 se cultivó el primer híbrido transgénico (COMPA CB) que mostró rendimientos similares o algo inferiores a los híbridos de referencia de aquel momento. A partir del año 2000 hace falta destacar las variedades HELEN y PR 32W86 y también las transgénicas DKC6575 , PR32P76 y HELEN Bt con rendimientos que han superado a P-3183 en más de 1.000 kg/ha.

Entre las variedades de ciclo 500 y 600 se han observado diferencias de potencial de pro-

ducción más pequeñas que entre las de ciclo 700 y 800, en parte porque no se han considerado variedades tan antiguas (la más vieja es LUANA, que se empezó a ensayar el año 1984). Durante la mayor parte de la década de los años 1990 la referencia ha sido CECILIA, que ha sido superada por pocos híbridos, destacando SENEGAL y GIUBILEO (Figura 7). A partir del año 2000 han aparecido un número importante de variedades más productivas, entre las que han destacado PR33P67, SANCIA, PR34N43, JARAL Bt, PR33P66 y GUADALQUIMIR. Entre estas hace falta hacer especial mención a PR 33P67, que es una variedad transgénica que ha superado las producciones de CECILIA en más de 1.500

kg/ha y ha mostrado un potencial productivo similar en las mejores variedades de ciclo 700. La autorización de la comercialización de las variedades transgénicas, primero las derivadas del CG 00256-176 el año 1998 (COMPA CB, entre otras), y más adelante las derivadas del MON 810 (PR33P67, DKC6575, entre otras) a partir del 2003, ha representado uno de los cambios más importantes en la oferta varietal. Entre los híbridos transgénicos comerciales, los rendimientos más elevados los han aportado los derivados del MON 810. Comparando estos con los híbridos convencionales, en el conjunto de todas las zonas productoras, no se han observado diferencias significativas de producción, aunque la

**VARIETADES MÁS SIGNIFICATIVAS EN EL TIEMPO EN LOS CICLOS 700-800**

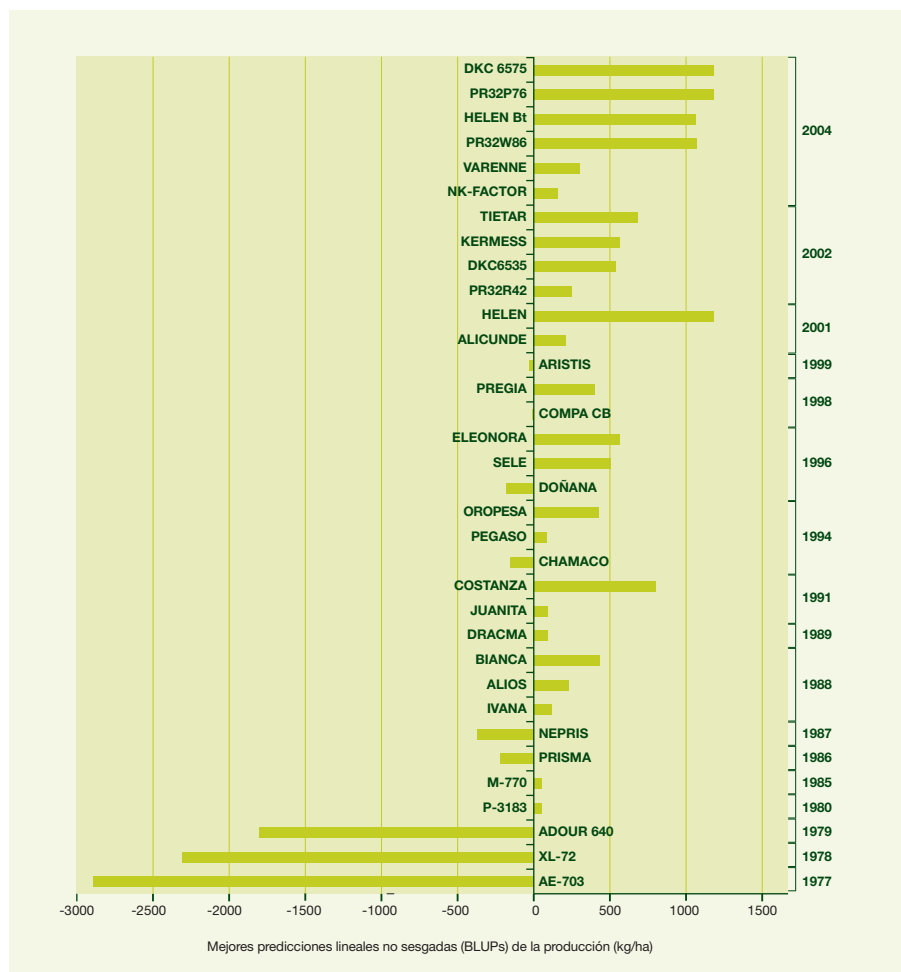
**P-3183.** Representó el avance genético más importante de los últimos treinta años y fue la referencia durante los años 80.

**DRACMA.** Fue ampliamente cultivada sobre todo los años 90 y es la que se ha ensayado durante más años.

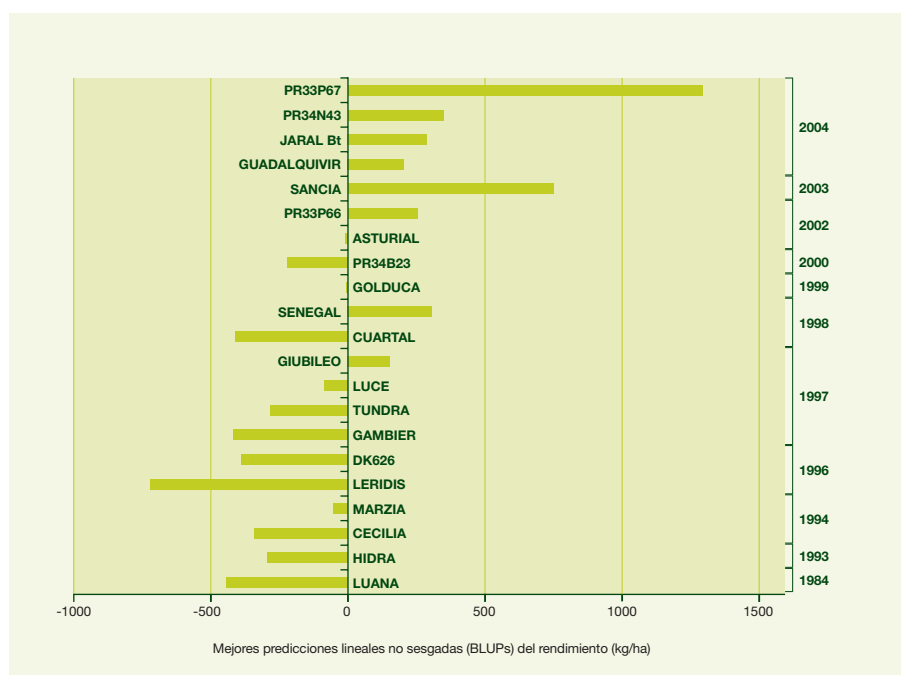
**COSTANZA.** Destacó por su potencial de producción y grano de buena calidad, pero con la punta de las mazorcas sin rellenar.

**COMPA CB.** La primera variedad transgénica con resistencia parcial a los barrenadores.

**ELEONORA.** Todavía hoy es la referencia y se ve superada por pocas variedades.



**Figura 6.** Mejores predicciones lineales no sesgadas del rendimiento de las variedades de maíz de ciclo 700 y 800 más representativas, obtenidas a partir de los ensayos realizados en Cataluña entre el año 1988 y 2006. Se indica también el año de introducción de cada variedad en la red de experimentación.



**Figura 7.** Mejores predicciones lineales no sesgadas del rendimiento de las variedades de maíz de ciclo 500 y 600 más representativas, obtenidas a partir de los ensayos realizados en Cataluña entre el año 1988 y 2006. Se indica también el año de introducción de cada variedad en la red de experimentación.

probabilidad asociada ha sido muy próxima a la significación ( $p=0,06$ ). Pese a esto, sólo algunos pocos híbridos convencionales, entre los cuales hace falta destacar PR32W86 y HELEN (Figura 6), han presentado una capacidad de producción similar a los mejores híbridos transgénicos. Así, los datos sugieren una productividad superior de las variedades transgénicas vs. las convencionales en 1103 kg/ha, que hace falta valorar como importante desde un punto de vista agronómico y económico. Considerando sólo las variedades de ciclos 500 y 600, se han observado producciones significativamente superiores de las variedades transgénicas ( $p=0,004$ ), sobre todo por la alta capacidad de producción que ha mostrado PR33P67 (Figura 7).

Se ha estudiado también el comportamiento de las variedades por zonas productoras. En primer lugar, se han observado diferencias de rendimiento en función de la zona ( $p<0,001$ ), con unos valores medios de 13.359, 13.653 y 12.005 kg/ha en el Interior de Girona, Girona litoral y Regadío de Lleida, respectivamente. Se ha observado un comportamiento diferente de las variedades en función de la zona productiva ( $p<0,001$ )

En la Figura 8 se presentan los índices productivos de algunas variedades de ciclo 700 y 800, respecto a la variedad de referencia P-3183, en las zonas del Regadío de Lleida y del Litoral de Girona, y el año de introducción en los ensayos. De forma similar, en la Figura 9 se presentan los índices productivos de algunas variedades de ciclo 500 y 600, respecto a CECILIA. Si bien el comportamiento de muchas variedades ha sido similar en las dos zonas, en otras no ha sido así. La principal explicación la podemos encontrar en la mayor afectación por la problemática de la virosis que se da en algunas de las zonas productoras del Regadío de Lleida, hecho que implica que las más susceptibles tengan una peor adaptación. La comercialización de la variedad P-3183 representó un incremento muy importante de los rendimientos en las dos zonas, pero proporcionalmente más en el Regadío de Lleida. Muchas de las variedades cultivadas hasta aquel momento (AE 703, ADOUR 640, XL72, entre otras) eran sensibles a virosis, mientras que P-3183 se comportó como un híbrido más tolerante. Así, por ejemplo, el aumento de rendimiento que representó P-3183 respecto a ADOUR 640 en el Regadío de Lleida, estimado en 2297 kg/ha, fue muy superior al observado en el Litoral de Girona (1375 kg/ha). Esta diferente adaptación, la han





Entre los híbridos de ciclo 500 y 600, CECILIA ha sido la referencia desde mediados de los años 90. En la actualidad ya se empieza a ver superada por otras variedades (se indica el año en que se ensayaron por primera vez).

En la Figura 11 se muestra la evolución de los rendimientos de las variedades de maíz separadas entre ciclos 700-800 y 500-600.

No se han observado diferencias significativas de producción entre los dos grupos de ciclos ( $p=0,8890$ ), probablemente debido al efecto negativo de las variedades de ciclo 700-800 anteriores a P-3183. De hecho, muchas variedades de ciclo 500-600 se han mostrado menos productivas que las de ciclo 700-800. En el periodo 1984 a 2006 se ha observado un mayor incremento anual del rendimiento en el grupo de variedades de ciclos 500 y 600, en comparación con las de 700-800 (62 vs.

Mazorca y grano de las variedades P-3183 y M-770, que se cultivan los años 80. Foto: J. Serra



Las mejores variedades transgénicas derivadas del MON 810 se sitúan actualmente entre las más productivas

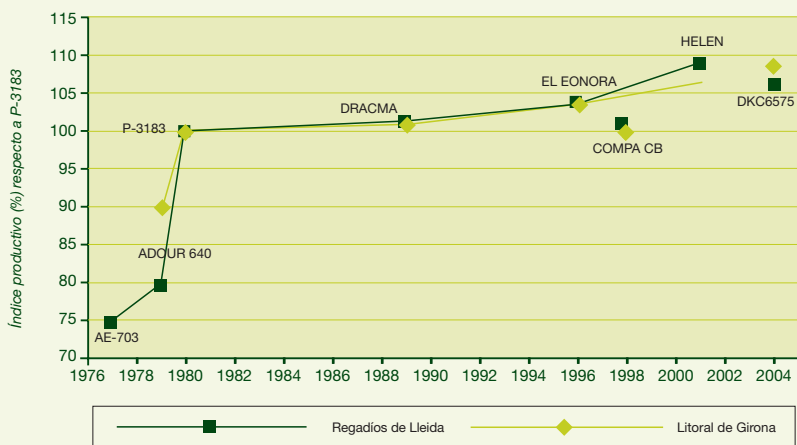


Figura 8. Índice productivo respecto a P-3183 de variedades de maíz de ciclos 700 y 800 en función de la zona productora (se indica el año que se ensayaron por primera vez).

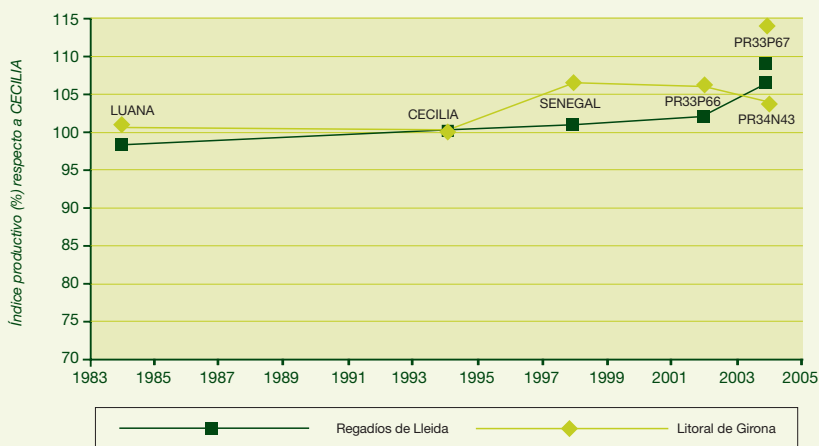


Figura 9. Índice productivo respecto a CECILIA de variedades de maíz de ciclos 500 y 600 en función de la zona productora (se indica el año que se ensayaron por primera vez).

mostrado otras muchas variedades como por ejemplo SENEGAL (Figura 9).

### 05 Incremento de rendimiento atribuible al progreso genético

En la Figura 10 se muestra la tendencia general de los rendimientos del maíz en función del año de introducción de los nuevos híbridos. Se ha observado un primer periodo, entre los años 1977 y 1980, año que se empieza a ensayar la variedad P-3183, con un incremento espectacular del rendimiento, de 936 kg/ha y año ( $R^2=0,90$ ). A partir del año 1980 la productividad ha continuado aumentando de manera constante; si bien de forma más moderada, 36 kg/ha y año ( $R^2=0,22$ ). Estas tendencias no se corresponderían con la evolución de los ren-

dimientos medios en Cataluña, donde se han observado incrementos más importantes en la década de los años 90 que en la de los 80.

Si consideramos todo el periodo 1977 a 2006, el aumento de los rendimientos atribuible a la mejora genética ha sido de 70 kg/ha y año ( $R^2=0,47$ ). En este mismo intervalo de tiempo el aumento que se ha observado en Cataluña ha sido de 210 kg/ha y año. De esta forma, podemos concluir que la mejora genética, a través de la introducción de nuevas variedades, explicaría aproximadamente un 33% del aumento de los rendimientos que se ha observado en los últimos treinta años. La resta se debería atribuir a otros factores, principalmente la modernización que se ha producido en las técnicas de cultivo.

36 kg/ha), con una tendencia a disminuir la diferencia de productividad entre los dos grupos de ciclos de precocidad.

## 06 Consideraciones finales

La introducción de nuevos híbridos de maíz, con un mayor potencial de producción, es uno de los factores que más ha contribuido a aumentar los rendimientos del maíz en Cataluña, y esto explica el 33% del aumento total observado los últimos treinta años. En este marco, las redes de evaluación de variedades de maíz, han sido un elemento clave para el conocimiento de la adaptación del nuevo material. El resultado más destacable de estas ha sido, en primer lugar, descartar los híbridos menos productivos (más de la mitad de las variedades ensayadas no han continuado un segundo año en la red), pero también a la vez recomendar el cultivo de aquellos que han mostrado un mayor interés, entre los cuales encontramos prácticamente todos los que han sido más cultivados por los productores (P-3183, DRACMA, COSTANZA, CECILIA, ELEONORA, entre otras). También hace falta destacar otros resultados más específicos, como la contribución en la mejora de la problemática de las virosis durante los años 70 y 80, que representó un incremento de los rendimientos del orden de 1.500 a 3.000 kg/ha; así como el conocimiento del interés agronómico de las variedades transgénicas con resistencia a los barrenadores (se ha estimado un mayor rendimiento de estas del orden de 1.100 kg/ha en comparación con las convencionales), entre otras. Por esto, se han realizado numerosos ensayos en las principales zonas

→

En los últimos treinta años, la introducción de nuevas variedades ha contribuido a aumentar los rendimientos del maíz en Cataluña en 70 kg/ha y año, lo que explica el 33% del aumento total de las producciones

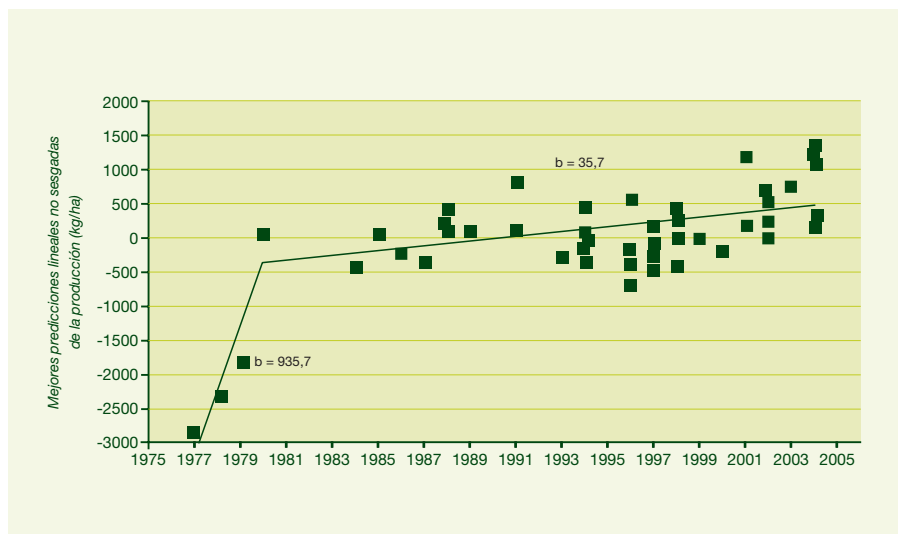


Figura 10. Aumento del rendimiento del maíz entre los años 1977 y 2006 en los ensayos de Cataluña atribuible al progreso genético.

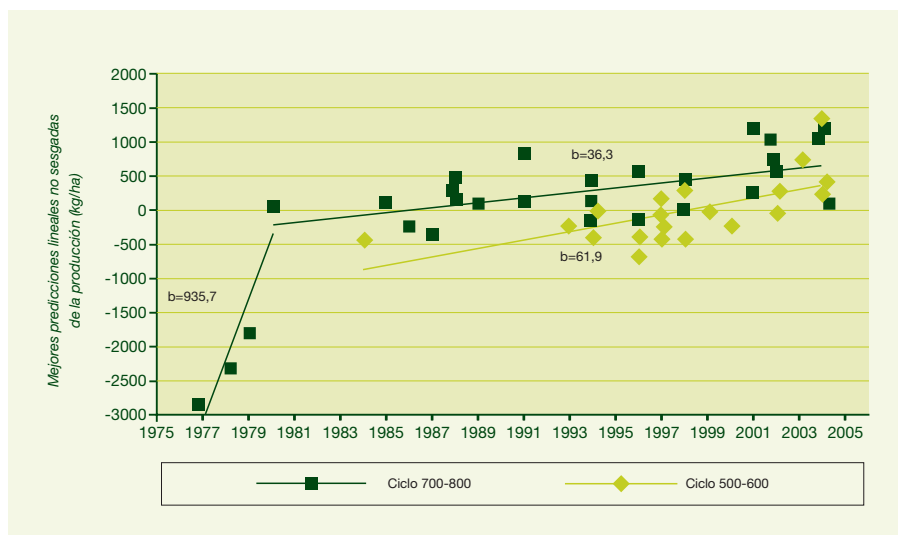


Figura 11. Aumento del rendimiento del maíz entre los años 1977 y 2006 en los ensayos de Cataluña atribuible al progreso genético, en función del ciclo.

productoras y se han transferido los resultados con publicaciones y jornadas dirigidas principalmente a los productores.

## 07 Bibliografía

DUVICK G.N. (1992) "Genetic contribution to advances in yield of U.S. maize" *Maydica*, 37, págs. 69-79.

FORREST, A. (2004) "Background of U.S. Hybrid Corn II" *Breeding, Climate, and Food. Crop Sci*, 44, págs. 370-380.

## 08 Autores



Serra Gironella, Joan  
IRTA Mas Badia.  
joan.serra@irta.es

**Voltas Velasco, Jordi**  
Universidad de Lleida  
jvoltas@pvf.udl.es

**López Querol, Antoni**  
IRTA Lleida  
antoni.lopez@irta.es

**Capellades Pericas, Gemma**  
IRTA Mas Badia  
gemma.capellades@irta.es

**Salvia Fuentes, Jordi**  
IRTA Mas Badia  
jordi.salvia@irta.es

# RESULTADOS OBTENIDOS EN LA RED DE EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ DEL IRTA DURANTE LA CAMPAÑA 2006



Campo experimental de variedades de maíz 2006 en La Tallada de Empordà (Baix Empordà). Foto: J. Salvia.



Campo experimental de evaluación de variedades de maíz 2006 en el Palau d'Anglesola (Pla de Urgell). Foto: A. López Querol.

## 01 Introducción

La superficie de cultivo de maíz en Cataluña durante el año 2006 ha sido de 38.273 ha, según el adelanto de datos del Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural (DAR). Como es habitual, esta superficie se concentra principalmente en las comarcas de regadío de Lleida (69%) y de Girona (24%). En las dos últimas campañas se ha producido un descenso de un 10,36% respecto a la superficie sembrada en 2004 (Figura 1). Durante la campaña 2006 la disminución de superficie respecto a la campaña anterior no parece haber sido tan notable como se predecía y parece haberse estabilizado en poco más de 38.000 ha.

Los precios relativamente bajos percibidos por el productor durante estos últimos años (alrededor de 120 €/t), la necesidad de lograr buenas producciones, con tal de hacer atractiva la rentabilidad del cultivo, junto con la incertidumbre de la disponibilidad normal de agua de riego en las últimas dos campañas en la zona de Regadíos de Lleida y la aplicación de la nueva Política Agraria Común con la puesta en marcha del sistema de pago único durante esta pasada cam-

paña 2006, han podido influir en este descenso gradual de la superficie sembrada.

Una adecuada elección de la variedad a sembrar es fundamental a la hora de planificar el cultivo de maíz y tratar de lograr las máximas producciones en una determinada parcela. Así, en suelos mal drenados, por ejemplo, es más

probable la presencia de infecciones por hongos de la base de los tallos (*Fusarium* spp.). En estas condiciones, haría falta concentrar la elección varietal entre los híbridos que ofrezcan una mayor resistencia a esta patología fúngica. En parcelas situadas en zonas con endemismos, como por ejemplo determinados tipos de virosis (MDMV y/o MRDV), habría que

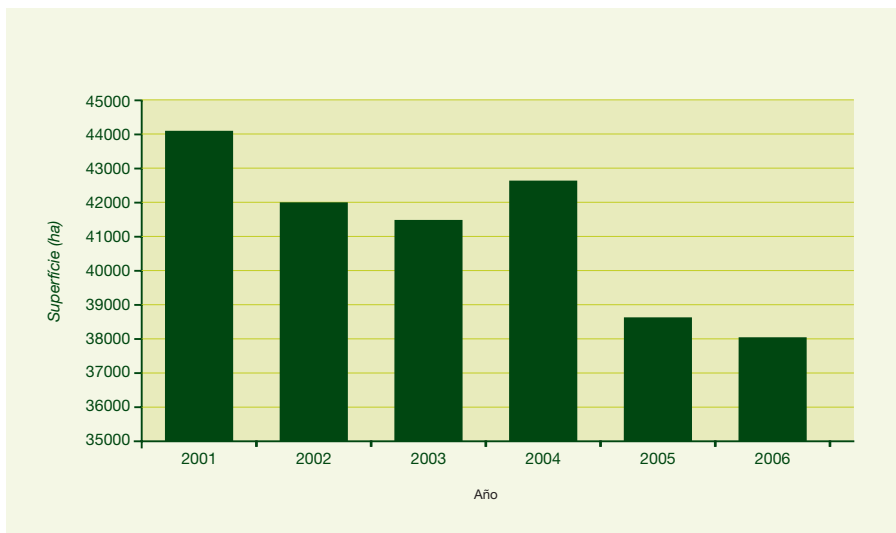


Figura 1. Evolución de la superficie de maíz para grano en Cataluña durante el periodo 2001-2006. (Fuente: DAR).



En las dos últimas campañas se ha producido un descenso de un 10% respecto a la superficie de maíz sembrado en Cataluña el año 2004

prestar atención a la información sobre niveles de sensibilidad mostrados por las diferentes variedades y delimitar la elección varietal a aquel material vegetal que se haya mostrado más tolerante. Otro ejemplo puede ser el de parcelas localizadas en zonas con probabilidad elevada de fuertes vientos a finales de verano, como por ejemplo las comarcas litorales de Girona, en las cuales, las variedades más resistentes a la rotura de la caña serían, en principio, más atractivas a la hora de decidir la variedad a sembrar.

Resulta, pues, muy importante poder disponer de todo este tipo de información y valorarla adecuadamente antes de tomar la decisión de siembra del material vegetal más adecuado en cada caso. Esta consideración toma todavía más importancia si tenemos en cuenta la constante y acelerada renovación en la oferta de nuevas variedades a comercializar que las diferentes empresas van introduciendo en nuestras zonas productoras.

Además de las experiencias personales de los propios productores y de la información techni-



Las condiciones y características de cada parcela son importantes a la hora de elegir la variedad a sembrar. Una adecuada elección es fundamental para alcanzar la máxima productividad

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

Localidad	Zona Agroclimática	Variedades ensayadas		Fecha de siembra	Fecha de recolección
		Ciclo 700	Ciclo 600		
El Palau d'Anglesola	Regadíos de Lleida	25	22	13.04.2006	09.10.2006
La Tallada d'Empordà	Litoral de Girona	23	24	03.04.2006	26.09.2006

co comercial de las propias empresas, la generación de este tipo de información por parte de entes públicos al servicio del sector resulta muy importante. En este sentido, el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), como empresa pública del DAR, intenta con la cofinanciación de las propias empresas de semillas, aportar cada año información actualizada sobre el comportamiento del nuevo material vegetal de maíz en nuestras principales zonas productoras, de forma que la información generada pueda resultar de utilidad a todos los productores a la hora de tomar la decisión sobre la variedad a sembrar en cada campaña.

La Red de Evaluación de Variedades de Maíz del IRTA tiene como objetivo evaluar las nuevas variedades comerciales de maíz de ciclos 700 y 600 que van apareciendo en el mercado en las condiciones de las principales zonas productoras catalanas. Por esto, se realizan cada año campos experimentales de ensayo

en los regadíos de Lleida (Palau d'Anglesola), en los regadíos del litoral de Girona (la Tallada d'Empordà).

Los ensayos se realizan en parcela pequeña (microparcelas) de 24 m<sup>2</sup> (4 filas de 8 m de largo separadas 75 cm entre si), 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 o 80.000 semilla/ha en función de la localidad. 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, como hemos mencionado anteriormente, 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 sensibilidad a podredumbres de la base de los tallos y a virosis, etc.



Figura 2. Temperatura media y pluviosidad mensuales durante el ciclo de cultivo. Localidad: Palau d'Anglesola (Pla de Urgell). Campaña: 2006 y serie plurianual.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta Red durante la campaña 2006.

## 02 Condiciones meteorológicas de la campaña 2006

Las Figuras 2 y 3 resumen las características principales de la meteorología de la campaña 2006 durante el ciclo de cultivo del maíz, a cada una de las dos zonas agroclimáticas en que se han localizado los ensayos.

Cada gráfico incluye la temperatura media mensual y la precipitación durante los meses de abril a octubre de 2006, refiriéndolas a la serie media plurianual para ambas medidas en cada una de las dos zonas.

La época de siembra ha venido marcada por la baja pluviometría del mes de abril. En el caso del ensayo localizado en el Palau d'Anglesola (zona de Regadíos de Lleida), fue necesaria la realización de un riego para dar humedad al terreno antes de la siembra, mientras que en el caso del ensayo de la Tallada d'Empordà (Girona litoral) ésta se pudo llevar a cabo con la humedad propia del terreno en aquella fecha.

La pluviometría a lo largo del ciclo de cultivo ha sido excepcionalmente baja, continuando así el régimen de sequía que viene afectando desde hace un par de campañas. En los 7 meses que van de abril a octubre se han registrado tan sólo 102 mm de pluviometría en la zona del Palau d'Anglesola (Regadíos de Lleida). Esto representa un 42% de lo que venía siendo habitual en la zona durante este periodo. En el

caso de la Tallada d'Empordà (Girona litoral) se han registrado 72 mm durante los meses de abril a agosto hecho que supone tan sólo un 29% de la pluviometría media habitual en la zona en el mismo periodo.

Esta carencia de lluvias ha obligado a adelantar a los primeros días de junio el calendario de riegos en la zona Girona litoral, y se ha aportado en conjunto más dotación de agua que en otras campañas. En el caso del Palau d'Anglesola (Regadíos de Lleida), la campaña de riegos se ha podido llevar a cabo con normalidad, aun cuando los niveles de almacenamiento de agua en los embalses de los cuales se nutren los canales de riego eran inferiores a los de campañas anteriores. La parte final del ciclo se ha visto caracterizada en la zona Girona litoral por una elevada pluviometría durante los meses de septiembre y octubre (313 mm), que ha podido favorecer la infección del grano por hongos.

Con respecto al régimen térmico, todo el ciclo de cultivo ha transcurrido con temperaturas marcadamente superiores a las normales en ambas zonas; este verano ha sido el más cálido desde que se dispone de registros de temperaturas. En la zona de Regadíos de Lleida y ya desde finales de abril, las temperaturas máximas lograron valores próximos a los 30°C, y desde mediados de mayo hasta finales de junio, las máximas superaban ya los 35°C.

En la zona Girona baja litoral, las temperaturas medias de abril y julio han superado en 2°C los valores de la serie histórica para ambos meses. Este régimen térmico marcadamente cálido ha

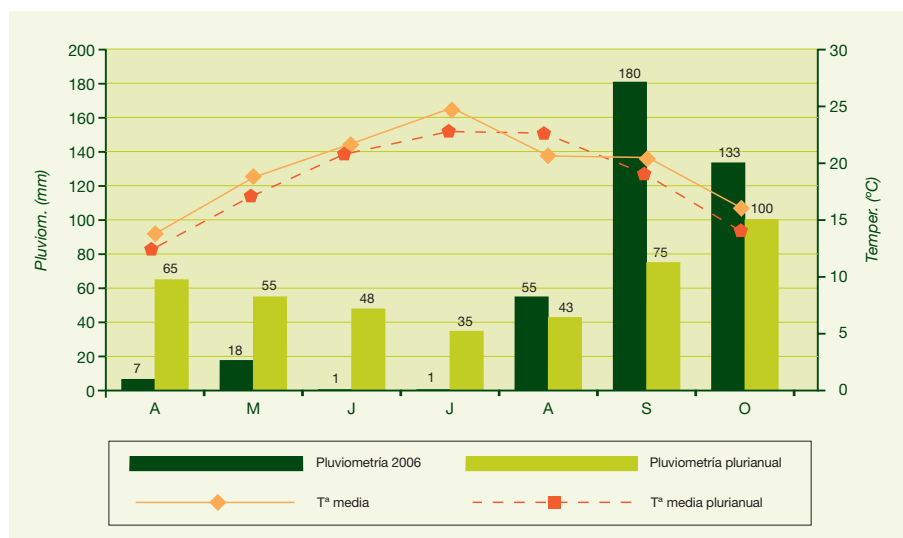


El IRTA aporta cada año al sector productor información actualizada sobre el comportamiento del nuevo material vegetal de maíz en las principales zonas productoras de Cataluña

*Variedad ELEONORA. Es la variedad de referencia o testigo y no ha sido superada de forma significativa en ninguno de los dos ensayos. Foto: A. López Querol.*



Las elevadas temperaturas registradas desde la siembra han podido favorecer el adelanto de la fecha de floración y el acortamiento del período de crecimiento vegetativo del cultivo



**Figura 3.** Temperatura media y pluviometría mensuales durante el ciclo de cultivo. Localidad: La Tallada d'Empordà (Baix Empordà). Campaña: 2006 y serie plurianual

favorecido un claro adelantamiento del ciclo del cultivo por todas partes, que se ha visto reflejado en unas fechas de floración y madurez fisiológica especialmente precoces. Se ha sufrido también un corto periodo con las sedas tiernas debido al intenso calor, que las ha marchitado en pocos días.

*Planta de maíz infectada por virosis (MRDV). En zonas con presencia endémica de virosis habría que delimitar la elección varietal a aquel material vegetal que se haya mostrado más tolerante. Foto: A. López Querol*



En el ensayo de la Tallada d'Empordà ha habido incidencia de infecciones por virosis (MRDV) y por podredumbres de la base de los tallos (*Fusarium spp.*)

Las elevadas temperaturas desde el inicio de la campaña han podido provocar también un menor desarrollo vegetativo de las plantas, que han logrado este año alturas claramente inferiores a las habituales en las respectivas zonas. Algunas variedades, ya de por sí bajas, se han visto especialmente afectadas por esta circunstancia, sobre todo las siembras más precoces. Durante esta campaña 2006, y de forma excepcional, no ha habido campo de ensayo en la zona interior de Girona, tradicionalmente localizado en el Vall d'en Bas.

### 03 Resultados de la campaña 2006

Durante esta pasada campaña 2006 se han llevado a cabo dos campos de evaluación de variedades, localizados en el Palau d'Anglesola (el Pla de Urgell) en la zona de Regadíos de Lleida y en la Tallada d'Empordà (el Baix Empordà) en la zona Girona litoral. En ambos ensayos se han evaluado híbridos de ciclos 600 y 700 FAO, incluyendo un híbrido de ciclo 500 largo (PR34N43) y algunas de las variedades modificadas genéticamente actualmente autorizadas.

Los resultados obtenidos en los dos campos experimentales se muestran en las Tablas 2 y 3, donde se puede observar los rendimientos medios (kg/ha) que han logrado las diferentes variedades ensayadas, equiparadas todas al 14% de humedad del grano. También figura el índice productivo respecto a la variedad testigo ELEONORA (Índice 100) correspondiente a las producciones antes mencionadas, junto con el test de separación de medias que nos define cuáles son las diferencias de producción entre variedades que podemos aceptar como realmente significativas desde un punto de vista estadístico. Toda esta información sobre los resultados productivos obtenidos viene clasificada según ciclos de precocidad de las variedades ensayadas.

La producción media obtenida en los ensayos ha sido de 12.790 kg/ha en la Tallada d'Empordà (Girona litoral) y de 12.652 kg/ha en el Palau d'Anglesola (Regadíos de Lleida). En esta última zona, los rendimientos obtenidos tanto en los ensayos como a nivel comercial no han sido especialmente elevados si los comparamos con los de campañas anteriores. El acortamiento del ciclo vegetativo de las plantas por las elevadas temperaturas sufridas en esta zona durante todo el ciclo de cultivo ha podido influir en esta menor productividad.

La presencia de alteraciones parasitarias en el campo experimental del Palau d'Anglesola (el Pla de Urgell) ha sido prácticamente despreciable. La presión de virosis (MDMV y MRDV) ha sido este año muy poco importante y tan sólo la variedad GRECALE ha mostrado niveles de infección importantes (15% de plantas infectadas). La presencia de plantas infectadas por podredumbres de la base de los tallos (*Fusarium spp.*) ha sido también prácticamente nula. Este hecho y la ausencia de vientos fuertes a final del ciclo han hecho que no se haya producido rotura de plantas y que el estado sanitario del conjunto del ensayo haya sido muy bueno durante todo el ciclo de cultivo.

En el caso del ensayo localizado en la Tallada d'Empordà (el Baix Empordà), ha habido presencia de plantas infectadas por virosis (MRDV), y se han detectado algunas variedades que se han mostrado especialmente sensibles a su infección: VIVANI CS (15% de plantas infectadas), COVENTRY (14%), ARISTIS (12%) y SAN ANTONIO (10%). El nivel de infección por podredumbres de la base del tallo (*Fusarium spp.*) también ha sido especialmente destacable con un 20% por término medio de plantas infectadas en el ensayo. Hace falta destacar la sensibilidad mostrada por PR33A46 (58% de plantas infectadas), ES COLOSSE (50%),

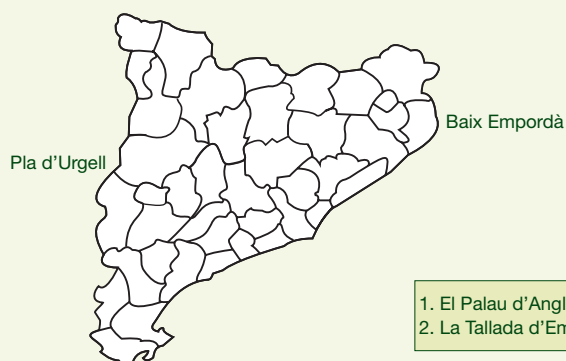


Figura 4. Localización geográfica de los campos de evaluación de variedades de maíz realizados durante la campaña 2006.

Tabla 2. Resultados productivos y de parámetros agronómicos de las variedades de maíz ensayadas en el Palau d'Anglesola (Pla de Urgell) durante la campaña 2006.

VARIEDAD	PRODUCCIÓN (kg/ha 14% humedad)		ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	HUMEDAD DEL GRANO (%)	ALTURA DEL NUDO DE INSERCIÓN DE LA MAZORCA (cm)	PLANTAS CON MOSAICOS (virus MDMV) (%)	EMPRESA COMERCIALIZADORA
<b>CICLO 700</b>							
GUADIANA	13677	ABC	110.7	20.1	98	1	LIMAGRAIN IBÉRICA
DKC 6666	13573	ABC	109.9	20.3	94	1	MONSANTO
ARISTIS Bt *	13405	ABCD	108.5	20.1	103	1	LIMAGRAIN IBÉRICA
PR32P76 *	13341	ABCDE	108.0	20.3	88	1	PIONEER HI-BRED
CAMPERO *	13148	ABCDEF	106.4	21.5	94	1	LIMAGRAIN IBÉRICA
HELEN Bt *	13126	ABCDEF	106.2	21.2	80	2	LIMAGRAIN IBÉRICA
HELEN	13116	ABCDEF	106.1	20.2	92	2	LIMAGRAIN IBÉRICA
TIETAR	13114	ABCDEF	106.1	20.3	86	2	MONSANTO
KARATE	13026	ABCDEFG	105.4	19.9	91	2	K.W.S.
LARIGAL	12985	ABCDEFG	105.1	19.9	89	2	SEMILLAS BATLLE
PR32R43 *	12933	ABCDEFG	104.7	20.4	99	1	PIONEER HI-BRED
NK-ARMA	12865	ABCDEFG	104.1	21.1	96	2	SYNGENTA SEEDS
KERMESS	12835	ABCDEFG	103.9	19.6	84	1	K.W.S.
DKC 6575 *	12667	ABCDEFGH	102.5	21.2	78	1	MONSANTO
ES BRONCA	12650	ABCDEFGH	102.4	20.4	82	2	ARLESA SEMILLAS
NK-FACTOR	12595	ABCDEFGH	101.9	20.9	99	2	SYNGENTA SEEDS
PR32R42	12582	ABCDEFGH	101.8	19.3	86	2	PIONEER HI-BRED
APEX	12429	ABCDEFGH	100.6	18.5	101	4	GOLDEN WEST
ELEONORA (T)	12356	ABCDEFGH	100.0	19.7	104	1	PIONEER HI-BRED
GRECALE	12272	ABCDEFGH	99.3	19.0	76	15	K.W.S.
VARENNE	12167	ABCDEFGH	98.5	23.7	88	1	MAISADOUR
PR32W86	11982	ABCDEFGH	97.0	19.3	84	0	PIONEER HI-BRED
ARISTIS	11901	BCDEFGH	96.3	19.4	87	4	LIMAGRAIN IBÉRICA
DKC 6530	11484	EF GH	92.9	19.2	98	1	MONSANTO
ABILIO	10851	H	87.8	24.0	96	0	MAISADOUR
<b>CICLO 600</b>							
BELES SUR *	13855	A	112.1	20.4	88	6	LIMAGRAIN IBÉRICA
PR33P67 *	13794	AB	111.6	19.3	86	5	PIONEER HI-BRED
SANCIA	13573	ABCD	109.8	20.1	83	1	LIMAGRAIN IBÉRICA
DKC6041YG *	13377	ABCDE	108.3	17.2	86	2	MONSANTO
KLIMIT	13157	ABCDEF	106.5	17.2	94	0	K.W.S.
ES COLOSSE	13100	ABCDEF	106.0	19.1	95	1	ARLESA SEMILLAS
PR34N43 **	13049	ABCDEF	105.6	17.2	84	1	PIONEER HI-BRED
COVENTRY	12781	ABCDEFG	103.4	20.5	86	1	LIMAGRAIN IBÉRICA
ARKAM	12776	ABCDEFG	103.4	17.6	92	0	MAISADOUR
PR33P66	12608	ABCDEFGH	102.0	18.9	101	1	PIONEER HI-BRED
CECILIA	12536	ABCDEFGH	101.5	16.8	98	1	PIONEER HI-BRED
GUADALQUIVIR	12535	ABCDEFGH	101.4	18.7	94	3	LIMAGRAIN IBÉRICA
VIVANI CS	12500	ABCDEFGH	101.2	19.2	82	1	SEMILLAS CAUSSADE
CUARTAL Bt *	12486	ABCDEFGH	101.1	20.3	92	3	ARLESA SEMILLAS
JARAL Bt *	12210	ABCDEFGH	98.8	19.6	78	2	SEMILLAS FITÓ
GOLDEXTRA	12000	ABCDEFGH	97.1	19.0	93	1	KOIPESOL SEMILLAS
SUNDI	11944	BCDEFGH	96.7	19.8	133	2	SEMILLAS BATLLE
PR33A46	11928	BCDEFGH	96.5	15.9	67	2	PIONEER HI-BRED
AZEMA	11761	CDEFGH	95.2	18.6	79	5	SEMILLAS FITÓ
CUARTAL	11700	DEFGH	94.7	17.9	74	1	ARLESA SEMILLAS
VIRGI	11165	FGH	90.4	19.4	109	5	PRO.SE.ME
AUCARIA	11143	GH	90.2	18.3	78	3	CELDOR

Producción media del ensayo: 12652 kg/ha (14% humedad). Coeficiente de variación: 3,81%. Variedad testigo: ELEONORA. Nivel de significación de las variedades: p-valor < 0,0001. Nivel de significación de los bloques: p-valor = 0,8736.

Variedades con la misma letra no se diferencian significativamente entre sí según el test de Edwards & Berry ( $\alpha=0.05$ ). \* Variedades GM derivadas de MON 810. \*\* Variedad de ciclo 500.

**Tabla 3. Resultados productivos y de parámetros agronómicos de las variedades de maíz ensayadas en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà) durante la campaña 2006.**

VARIEDAD	PRODUCCIÓN (kg/ha 14% humedad)		ÍNDICE PRODUCTIVO (%)	HUMEDAD DEL GRANO (%)	ALTURA DEL NUDO DE INSERCIÓN DE LA MAZORCA (cm)	PLANTAS CON MOSAICOS (virus MRDV) (%)	PLANTAS CON PODREDUMBRE EN LA BASE DE LOS TALLOS (%)	PLANTAS ROTAS (%)	EMPRESA COMERCIALIZADORA
<b>CICLO 700</b>									
PR32P76 *	14543	A	104.4	19.5	113	1	6	1	PIONEER HI-BRED
DKC6666	14011	ABC	100.6	19.4	103	1	6	1	MONSANTO
ELEONORA (T)	13925	ABCD	100.0	18.4	117	1	12	11	PIONEER HI-BRED
PR32R43 *	13924	ABCDE	100.0	19.4	99	1	1	0	PIONEER HI-BRED
HELEN	13744	ABCDEF	98.7	18.1	112	0	13	10	LIMAGRAIN IBÉRICA
PR32W86	13718	ABCDEF	98.5	16.8	108	1	34	30	PIONEER HI-BRED
GRECALE	13697	ABCDEF	98.4	17.7	100	3	8	3	K.W.S.
DKC6575 *	13580	ABCDEFG	97.5	19.7	93	5	2	1	MONSANTO
TIETAR	13415	ABCDEFGH	96.3	18.8	100	1	17	10	MONSANTO
VARENNE	13211	ABCDEFGHI	94.9	20.1	118	2	13	20	MAISADOUR
ES BRONCA	13183	ABCDEFGHI	94.7	19.2	106	9	7	7	ARLESA SEMILLAS
NK-ARMA	13074	ABCDEFGHI	93.9	20.2	113	1	15	12	SYNGENTA SEEDS
NK-FACTOR	12911	ABCDEFGHIJ	92.7	19.1	118	2	13	14	SYNGENTA SEEDS
HELEN Bt *	12744	ABCDEFGHIJ	91.5	19.5	91	3	10	1	LIMAGRAIN IBÉRICA
ARISTIS Bt *	12689	ABCDEFGHIJ	91.1	18.6	120	9	29	17	LIMAGRAIN IBÉRICA
GUADIANA	12641	ABCDEFGHIJ	90.8	17.1	121	1	8	9	LIMAGRAIN IBÉRICA
ABILIO	12610	ABCDEFGHIJ	90.6	19.4	112	2	8	9	MAISADOUR
PR32R42	12231	BCDEFGHIJ	87.8	17.9	98	2	23	17	PIONEER HI-BRED
APEX	12219	BCDEFGHIJ	87.8	17.1	111	2	22	3	GOLDEN WEST
ARISTIS	12212	BCDEFGHIJ	87.7	18.3	98	12	17	8	LIMAGRAIN IBÉRICA
LARIGAL	12190	BCDEFGHIJ	87.5	17.1	88	6	16	5	SEMILLAS BATLLE
KARATE	12103	CDEFGHIJ	86.9	18.1	103	3	13	13	K.W.S.
CAMPERO *	12014	CDEFGHIJ	86.3	18.9	111	1	40	12	LIMAGRAIN IBÉRICA
<b>CICLO 600</b>									
PR33P67 *	14211	AB	102.1	18.2	115	1	9	4	PIONEER HI-BRED
DKC6041YG *	13471	ABCDEFGH	96.7	17.3	100	1	16	1	MONSANTO
BELES SUR *	13435	ABCDEFGH	96.5	19.1	101	4	8	6	LIMAGRAIN IBÉRICA
ARKAM	13412	ABCDEFGH	96.3	17.5	115	2	9	6	MAISADOUR
JARAL Bt *	13362	ABCDEFGH	96.0	19.7	101	7	11	3	SEMILLAS FITO
CUARTAL Bt *	13237	ABCDEFGHI	95.1	18.0	117	5	26	5	ARLESA SEMILLAS
ASTURIAL Bt *	13170	ABCDEFGHI	94.6	18.3	104	5	23	5	LIMAGRAIN IBÉRICA
PR33P66	13165	ABCDEFGHI	94.5	18.3	101	0	31	21	PIONEER HI-BRED
SUNDI	13024	ABCDEFGHIJ	93.5	17.6	137	2	18	11	SEMILLAS BATLLE
KLIMIT	13004	ABCDEFGHIJ	93.4	16.3	106	3	32	25	K.W.S.
SANCIA	12929	ABCDEFGHIJ	92.8	19.0	107	1	17	17	LIMAGRAIN IBÉRICA
ASTURIAL	12680	ABCDEFGHIJ	91.1	17.4	111	4	28	14	LIMAGRAIN IBÉRICA
GUADALQUIVIR	12584	ABCDEFGHIJ	90.4	17.0	105	1	36	12	LIMAGRAIN IBÉRICA
GOLDEXTRA	12474	ABCDEFGHIJ	89.6	17.9	116	6	22	15	KOIPESOL SEMILLAS
VIRGI	12279	BCDEFGHIJ	88.2	17.2	113	3	26	4	PRO.SE.ME
PR34N43 **	12191	BCDEFGHIJ	87.5	17.1	94	3	19	9	PIONEER HI-BRED
VIVANI CS	12151	BCDEFGHIJ	87.3	18.3	107	15	16	12	SEMILLAS CAUSSADE
ES COLOSSE	12015	CDEFGHIJ	86.3	17.8	111	1	50	44	ARLESA SEMILLAS
COVENTRY	11872	DEFGHIJ	85.3	18.7	106	14	7	5	LIMAGRAIN IBÉRICA
AZEMA	11846	EFGHIJ	85.1	17.4	104	8	37	18	SEMILLAS FITO
PR33A46	11800	FGHIJ	84.7	15.6	78	2	58	29	PIONEER HI-BRED
AUCARIA	11491	GHIJ	82.5	17.6	94	7	20	7	CELDOR
SAN ANTONIO	11378	HIJ	81.7	17.9	86	10	9	3	CELDOR
CUARTAL	11172	IJ	80.2	17.6	98	9	23	6	ARLESA SEMILLAS
CECILIA	10986	J	78.9	16.7	106	1	38	12	PIONEER HI-BRED

Producción media del ensayo: 12790 kg/ha (14% humedad). Coeficiente de variación: 4,76%. Variedad testigo: ELEONORA. Nivel de significación de las variedades: p-valor < 0,0001. Nivel de significación de los bloques: p-valor = 0,0398.

Variedades con la misma letra no se diferencian significativamente entre sí según el test de Edwards & Berry ( $\alpha=0.05$ ). \* Variedades GM derivadas de MON 810. \*\* Variedad de ciclo 500.



CAMPERO Bt (40%), CECILIA (38%), AZEMA (37%), GUADALQUIMIR (36%), PR32W86 (34%), KLIMIT (32%), PR33P66 (31%), entre otras. Esta incidencia destacable de *Fusarium* spp. ha favorecido una rotura de cañas media del 11% de plantas en el ensayo y directamente proporcional a los genotipos más afectados. Destacan como variedades más afectadas ES COLOSSE (44% de plantas rotas), PR32W86 (30%), PR33A46 (29%), KLIMIT (25%), PR33P66 (21%), entre otras (véase Tablas 2 y 3).

En ambos ensayos, tal y como hemos mencionado anteriormente, las elevadas temperaturas sufridas desde el inicio de campaña han provocado un acortamiento del ciclo del cultivo. El estrés derivado de este régimen térmico ha podido incidir también en la altura de las plantas, que ha quedado muy por debajo de la que sería habitual. Así, la altura media de plantas en el ensayo del Palau d'Anglesola (Pla de Urgell) ha sido tan solo de 254 cm, mientras que en la Tallada d'Empordà (el Baix Empordà) ha sido de 280 cm. Como variedades más altas han destacado SUNDI, ES COLOSSE, DKC 6666, GUADIANA, PR32W86, HELEN, entre otras. La altura del nudo de inserción de la mazorca principal se ha visto también proporcionalmente reducida. SUNDI es la variedad que la ha mostrado claramente más elevada en ambas localidades mientras que PR33A46 ha sido la que ha tenido más baja (tan sólo 67 cm en el ensayo de los Regadíos de Lleida) (Tablas 2 y 3).

Con respecto a los resultados productivos obtenidos hay que decir que la variedad de referencia ELEONORA no ha sido superada de manera significativa en ninguno de los dos ensayos. Su comportamiento en el Litoral de Girona ha sido muy bueno y tan sólo PR32P76 y PR33P67 la han superado con alrededor de 600 y 300 kg/ha respectivamente, aun cuando estas diferencias no sean estadísticamente significativas. En esta localidad hace falta mencionar también el buen

comportamiento de variedades de ciclo 600 que se han mostrado al mismo nivel productivo que las mejores de ciclo 700. Entre estas podríamos destacar PR33P67, DKC 6041YG, BALAS SUR, ARKAM, JARAL Bt, entre otras (Tabla 4). También es de destacar en este ensayo el mejor comportamiento de las variedades GM respecto a las variedades convencionales. La incidencia claramente más baja de podredumbres de la base de los tallos en este tipo de material vegetal ha favorecido este mejor nivel productivo.

En la zona de Regadíos de Lleida ha habido menos diferencias significativas entre variedades, sobre todo entre las de ciclo 700. Aún así, las variedades GUADIANA, DKC 6666, ARISTIS Bt, y PR 32P76 han obtenido rendimientos superiores en más de un 8% a los del testigo ELEONORA, aun cuando esta diferencia no sea significativa. Hace falta destacar en este ensayo el excelente comportamiento mostrado por las variedades de ciclo 600 BALAS SUR, PR33P67, SANCIA y DKC 6041YG, con producciones entre un 8% y un 13% superiores a las de ELEONORA (Tabla 3). Un año más, la variedad de ciclo 500 PR34N43 ha mostrado un nivel productivo similar al de los mejores híbridos de ciclo 700. Este comportamiento en híbridos de ciclo corto puede resultar especialmente interesante en campañas en que la previsión de riegos hasta finales de ciclo no parezca estar garantizada.

Los resultados obtenidos en ambas zonas de ensayo confirman un año más un mejor progreso en el potencial productivo del nuevo material vegetal de maíz de las variedades de ciclo 600 respecto a las de ciclo 700.

Respecto a la humedad del grano en el momento de la recolección hace falta destacar PR33A46 con humedades inferiores al 16% en las dos zonas de ensayo. En el caso contrario se situarían VARENNE y ABILIO entre otras.



La variedad de referencia ELEONORA no ha sido superada de manera significativa en ninguno de los dos ensayos.

#### 04 Autores



**Serra Gironella, Joan**  
IRTA Mas Badia.  
joan.serra@irta.es

**López Querol, Antoni**  
IRTA Lleida  
antoni.lopez@irta.es

**Salvia Fuentes, Jordi**  
IRTA Mas Badia  
jordi.salvia@irta.es

**Capellades Pericas, Gemma**  
IRTA Mas Badia  
gemma.capellades@irta.es

**Betbesé Lucas, Josep A.**  
IRTA Lleida  
josep.betbese@irta.es

*El régimen térmico marcadamente cálido de la campaña 2006 ha favorecido un claro avance del ciclo del cultivo, que se ha visto reflejado en unas fechas floración y madurez fisiológica especialmente precoces. Foto: A. López Querol.*



Los resultados obtenidos parecen mostrar la tendencia a la mejora en el aumento del potencial productivo de los nuevos híbridos de ciclo 600 respecto los de ciclo 700

*Campo de ensayo de variedades de maíz en el Palau d'Anglesola (Pla de Urgell). Foto: J. A. Betbesé.*



# RESULTADOS PLURIANUALES Y RECOMENDACIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ PARA LA CAMPAÑA 2007



Campo de ensayo de variedades de maíz en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà).  
Foto: J. Salvia



Campo de experimentación de variedades de maíz en el Palau d'Anglesola (el Pla de Urgell).  
Foto: A. López Querol

## 01 Introducción

La principal referencia de la adaptación de una variedad de maíz en una determinada zona es el seguimiento de su comportamiento productivo a lo largo de una serie de campañas. Cuanto más larga pueda ser esta serie de datos, mayor es la probabilidad de valorar con acierto esta adaptación.

Hasta hace unos años, la vida comercial de las variedades era relativamente larga. Esto favorecía un mejor seguimiento de su comportamiento y la posibilidad de detectar determinadas características o sensibilidades frente a determinadas condiciones ambientales o de presión de determinadas enfermedades, por ejemplo. Todo ello



**La vida comercial de las variedades de maíz es actualmente bastante corta debido a la constante aparición de nuevo material vegetal en el mercado.**

proporcionaba una mayor seguridad a la hora de caracterizar el material vegetal y recomendar su siembra en una determinada zona.

Actualmente, esta vida comercial es muy corta debido a la constante aparición en el mercado de nuevos híbridos, fruto de los adelantos en mejora genética. Variedades que en pocos años han mostrado un potencial y unas características que podían resultar interesantes, son retiradas del mercado por las propias empresas con tal de introducir nuevo material. Este hecho dificulta en muchos casos poder llevar a cabo una recomendación varietal basada en un número suficientemente consistente de datos y resultados.

La recomendación de variedades para la campaña 2007 que se propone en las páginas siguientes está basada en el seguimiento y evaluación del comportamiento del nuevo material vegetal a lo largo de un mínimo de 3 campañas. La recomendación distingue, entre estas variedades y las que han sido evaluadas a lo largo de más años. Este año también se diferencia entre variedades transgénicas (GM) autorizadas y variedades convencionales.

Esta recomendación se basa principalmente en el comportamiento productivo mostrado por un determinado híbrido en una determinada zona. Pero no es, este el único criterio

seguido. También se han tenido en cuenta otras características evaluadas a lo largo de los diferentes años en los diferentes ensayos, que hacen que una variedad pueda mostrar una mejor o peor adaptación a una zona. Por ejemplo, variedades productivas, pero que se han mostrado sensibles a la rotura de la caña pueden no ser recomendables en zonas con vientos fuertes y/o frecuentes. Variedades sensibles a virosis no serían tampoco recomendables en zonas donde la presencia de esta patología pueda ser más habitual.

Acto seguido se exponen los resultados productivos obtenidos por las variedades ensayadas durante las 4 últimas campañas en la zona de Regadíos de Lleida y en la zona Girona litoral, así como la recomendación de variedades para la próxima campaña 2007 y una breve caracterización de estas variedades.

Los diferentes ensayos han sido cofinanciados por las empresas de semillas participantes.

## 02 Resultados productivos plurianuales

Las Tablas 1 y 2 muestran respectivamente los resultados productivos plurianuales de las diferentes variedades ensayadas durante las 4 últimas campañas en Palau d'Anglesola

(Regadíes de Lleida) y en la Tallada d'Empordà (Girona litoral). Los datos se ofrecen separados en función del ciclo de las variedades y, junto con el valor absoluto medio de la producción, hay también un índice productivo porcentual respecto al índice 100 que correspondería a la variedad de referencia ELEONORA. También puede observarse el test de separación de medias que determina las diferencias estadísticamente significativas entre variedades.

Como puede observarse en las Tablas 1 y 2, la disponibilidad de datos sobre el comportamiento productivo de las variedades en una determinada zona a lo largo de varias campañas,

facilita la definición del material vegetal que parece adaptarse mejor. Esta definición es como se ha mencionado anteriormente, la base de la recomendación varietal posterior.

En la zona de Regadíes de Lleida y durante las 4 últimas campañas, tan solo la variedad HELEN ha mostrado niveles de producción superiores a los de la variedad testigo ELEONORA (+6,4%), aunque esta diferencia no sea significativa. SANCIA (+2,8%) se encontraría en el mismo caso entre las variedades de ciclo 600.

Entre las variedades convencionales ensayadas durante 3 años, y susceptibles de poder ser re-



La recomendación varietal se basa principalmente en el comportamiento productivo mostrado por las diferentes variedades, pero también se tienen en cuenta sus características agronómicas evaluadas a lo largo de los años

Tabla 1. Resultados productivos plurianuales medios de las variedades de maíz ensayadas en el Palau d'Anglesola (el Pla de Urgell), en función del número de años de ensayo.

VARIEDAD	4 AÑOS DE ENSAYO (2003, 2004, 2005 y 2006)			3 AÑOS DE ENSAYO (2004, 2005 y 2006)			2 AÑOS DE ENSAYO (2005 y 2006)		
	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)		Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)		Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	
<b>CICLO 700</b>									
HELEN	14834	A	106.4	14080	ABC	102.7	13978	AB	106.7
TIETAR	14100	AB	101.1	13586	ABCDEFG	99.1	13475	ABCDE	102.8
ELEONORA (T)	13943	AB	100.0	13715	ABCDEFG	100.0	13105	ABCDE	100.0
KERMES	13853	AB	99.4	13840	ABCDE	100.9	13688	ABCD	104.5
PR32R42	13427	BC	96.3	13279	ABCDEFGH	96.8	12773	ABCDEF	97.5
PR32W86				14338	AB	104.5	13717	ABC	104.7
DKC 6575*				14261	AB	104.0	13711	ABCD	104.6
HELEN Bt*				14143	ABC	103.1	12891	ABCDEF	98.4
VARENNE				13983	ABCD	102.0	13373	ABCDE	102.0
CAMPERO Bt*				13743	ABCDEF	100.2	12551	ABCDEF	95.8
LARIGAL				13577	ABCDEFG	99.0	12514	ABCDEF	95.5
NK-ARMA				13314	ABCDEFGH	97.1	12379	ABCDEF	94.5
NK-FACTOR				13270	ABCDEFGH	96.8	12459	ABCDEF	95.1
ARISTIS Bt*				12573	EF	91.7	12233	BCDEF	93.3
ARISTIS				12535	FGH	91.4	12000	DEF	91.6
PR32P76*							13382	ABCDE	102.1
GRECALE							12517	ABCDEF	95.5
<b>CICLO 600</b>									
SANCIA	14334	AB	102.8	14009	ABCD	102.1	12956	ABCDEF	98.9
PR33P66	13513	BC	96.9	13221	ABCDEFGH	96.4	12282	BCDEF	93.7
CECILIA	13502	BC	96.8	13094	BCDEFGH	95.5	12077	CDEF	92.2
AZEMA	12771	C	91.6	12145	H	88.6	11315	F	86.3
PR33P67*				14494	A	105.7	14002	A	106.8
PR34N43**				14061	ABC	102.5	13116	ABCDE	100.1
COVENTRY				13540	ABCDEFG	98.7	12831	ABCDEF	97.9
GUADALQUIVIR				13536	ABCDEFG	98.7	12739	ABCDEF	97.2
CUARTAL Bt*				12896	CDEFGH	94.0	12429	ABCDEF	94.8
JARAL Bt*				12752	DEFGH	93.0	11898	EF	90.8
VIRGI				12398	GH	90.4	11220	F	85.6
GOLDEXTRA							11933	EF	91.1
CUARTAL							11257	F	85.9

Variedades con la misma letra no se diferencian significativamente entre sí según el test de Edwards & Berry ( $\alpha=0.05$ ).  
\* Variedades transgénicas derivadas de MON 810. \*\* Variedad de ciclo 500.

comendadas, PR32W86 (+4,5%) y VARENNE (+2,0%) se muestran como muy interesantes dentro del material de ciclo 700, mientras que PR34N43 (+2,5%) destaca especialmente por su buen comportamiento atendiendo a su ciclo 500.

Entre el material GM autorizado, hace falta destacar especialmente la variedad de ciclo 600 PR33P67 (+5,7%) que ha mostrado los mejores resultados en el conjunto de las 3 últimas campañas. Entre las de ciclo 700, haría falta mencionar DKC 6575 (+4,0%) y HELEN Bt (+3,1%). Todas estas diferencias de productividad media no llegan, en ningún caso a ser estadísticamente significativas.

En la zona del litoral de Girona y con 4 o más años de ensayo, tan sólo HELEN (+1,3%) ha mostrado una productividad media superior a ELEONORA. Entre las variedades ensayadas sólo 3 años, parecen destacar especialmente híbridos GM autorizados. Los intensos ataques de barrenadores (*Ostrinia nubilalis* y *Sesamia*



Después de 4 años de ensayos, HELEN y SANCIA son las variedades convencionales que muestran un mejor comportamiento productivo en la zona de Regadíes de Lleida.



Los ataques de barrenadores y podredumbres de la base de los tallos habituales en la zona litoral de Girona hacen que en esta zona, una buena parte de los híbridos GM autorizados destaquen sobre los convencionales.

nonagrioides) y de podredumbres de la base de los tallos (*Fusarium spp.*) registrados habitualmente en la zona hacen destacar parte de este tipo de material sobre el convencional. Así, PR32P76 (+8,0%), DKC 6575 (+7,3%), PR33P67 (+6,5%) y HELEN Bt (+6,0%) muestran niveles de productividad medios superiores a los de ELEONORA. La única variedad convencional que con 3 campañas de ensayo en esta zona también la supera, es PR32W86 (+5,1%). Como en el caso de los Regadíos de Lleida, ninguna de estas diferencias resulta, estadísticamente significativa.

Aun cuando el máximo interés de un híbrido de maíz viene dado por su potencial de productividad, la humedad del grano en recolección es también uno de los factores importantes que habría que considerar a la hora de decidir la variedad a sembrar. El hecho de que una baja humedad del grano permita poder recolectar anticipadamente, puede resultar favorable para una mejor preparación y siembra en tiempo y forma del cultivo siguiente en la rotación. También puede permitir aprovechar los mejores



En la zona litoral de Girona y después de 4 años de ensayos, solo la variedad HELEN ha mostrado una productividad media superior a la de ELEONORA, aunque esta diferencia no sea significativa.

precios de venta que habitualmente se dan antes de la recolección masiva del cultivo en una zona y, en cualquier caso, hará ahorrar gastos de secado del grano respecto a otras variedades con una humedad más elevada.

Variedades con humedades del grano elevadas pueden implicar un retardo excesivo en la recolección, mayores gastos de secado y un mayor riesgo de contaminación del grano por micotoxinas.

Las Figuras 1 y 2 muestran la combinación productividad-humedad del grano medias de las variedades ensayadas durante las 3 últimas campañas tanto en la zona de Regadíos de Lleida como el litoral de Girona. En la primera, puede comprobarse como se dibuja un grupo

de variedades con rendimientos superiores al de la variedad testigo ELEONORA y que ofrecen a la vez una humedad del grano en recolección claramente más baja. Entre este material destacaríamos PR33P67 y SANCIA como híbridos de ciclo 600, PR34N43 de ciclo 500 y PR32W86 de ciclo 700.

En la zona de Girona litoral tan sólo la variedad PR32W86 muestra esta buena combinación entre productividad y humedad del grano respecto al testigo ELEONORA. En esta zona sometida a frecuentes ataques de barrenadores y podredumbres de la base de los tallos (*Fusarium spp.*) a la vez que a vientos fuertes, es donde el material GM muestra mejor su potencial, y destaca claramente por encima del material convencional (ver Figura 2). Este tipo de mate-

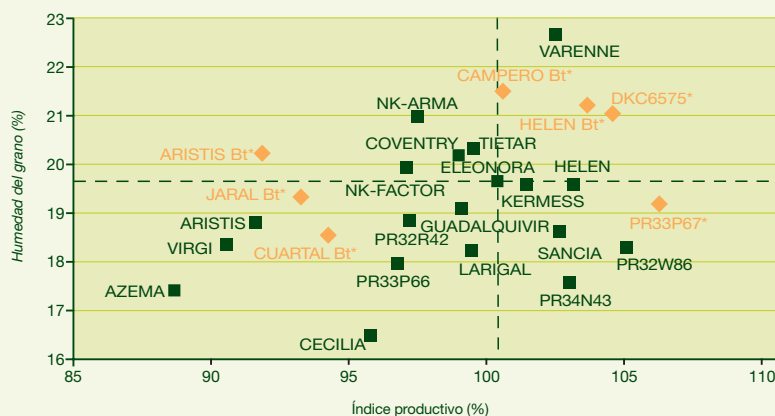


Figura 1. Relación entre el índice productivo y la humedad del grano medias de las variedades de maíz ensayadas en el Palau d'Anglesola (el Pla de Urgell), durante los años 2004, 2005 y 2006. (\*) Variedades GM autorizadas derivadas de MON 810.

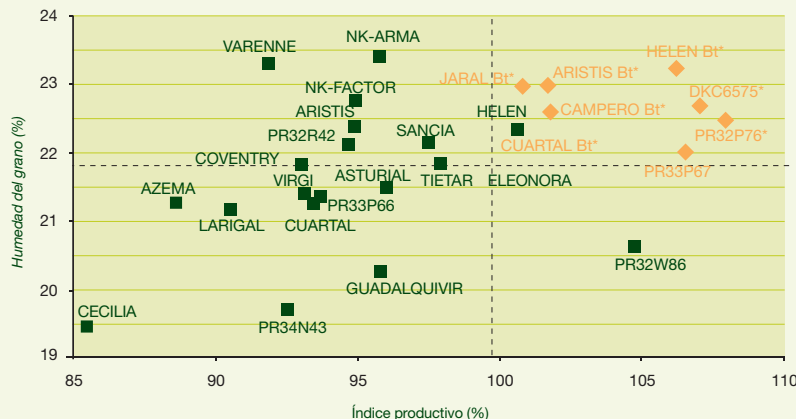


Figura 2. Relación entre el índice productivo y la humedad del grano medias de las variedades de maíz ensayadas en La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante los años 2004, 2005 y 2006. (\*) Variedades GM autorizadas derivadas de MON 810.

rial vegetal muestra en general una muy buena sanidad y esto hace que su ciclo se alargue y en consecuencia, que su humedad del grano sea también más alta (ver Figura 2).

Como se ha mencionado anteriormente, el material GM muestra su mejor potencial en el litoral de Girona. Se detecta también una relativa dispersión del comportamiento varietal originada por las condiciones de la zona de Regadíos de Lleida. Podríamos decir que existe algún tipo de factor condicionante del comportamiento

varietal en esta zona respecto a la del litoral de Girona que hace que sea más selectiva. Este factor es probablemente la presencia de virosis (MDMV y MRDV), endémicas en todo el Valle del Ebro. Aunque la presión de estas virosis no ha sido tan fuerte en las últimas campañas como lo había sido años atrás, sí parece haber sido suficiente para que las variedades más sensibles hayan visto afectado su resultado final. Sería el caso de VIRGI, CUARTAL, AZEMA, entre otras.

**Tabla 2. Resultados productivos plurianuales medios de las variedades de maíz ensayadas en La Tallada d’Empordà (Baix Empordà), en función del número de años de ensayo.**

VARIEDAD	4 AÑOS DE ENSAYO (2003, 2004, 2005 y 2006)			3 AÑOS DE ENSAYO (2004, 2005 y 2006)			2 AÑOS DE ENSAYO (2005 y 2006)		
	Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)		Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)		Producción (kg/ha 14% humedad)	Índice productivo (%)	
<b>CICLO 700</b>									
HELEN	15696	A	101.3	15107	ABCDE	100.7	15295	ABCDE	103.6
ELEONORA (T)	15495	AB	100.0	14999	ABCDE	100.0	14769	ABCDEFGHI	100.0
TIETAR	15372	AB	99.2	14712	ABCDEF	98.1	14757	ABCDEFGHI	99.9
PR32R42	15152	AB	97.8	14239	CDEFG	94.9	13824	EFGHIJ	93.6
ARISTIS	14514	B	93.7	14250	CDEFG	95.0	13796	EFGHIJ	93.4
PR32P76*				16202	A	108.0	15506	ABCD	105.0
DKC 6575*				16090	A	107.3	15768	AB	106.8
HELEN Bt*				15905	AB	106.0	15367	ABCDE	104.0
PR32W86				15762	ABC	105.1	15594	ABC	105.6
CAMPERO Bt*				15302	ABCD	102.0	14702	ABCDEFGHI	99.5
ARISTIS Bt*				15273	ABCD	101.8	14723	ABCDEFGHI	99.7
NK-ARMA				14397	BCDEFG	96.0	14647	ABCDEFGHI	99.2
NK-FACTOR				14278	CDEFG	95.2	14123	CDEFGHI	95.6
VARENNE				13872	DEFG	92.5	14099	CDEFGHI	95.5
LARIGAL				13650	EFG	91.0	13919	DEFGHIJ	94.2
ASTURIAL Bt*							15106	ABCDE	102.3
GRECALE							14964	ABCDEFGH	101.3
SAN ANTONIO							13350		90.4
<b>CICLO 600</b>									
ASTURIAL	15003	AB	96.8	14455	BCDEF	96.4	14459	BCDEFGHI	97.9
PR33P66	14808	AB	95.6	14100	DEFG	94.0	13803	EFGHIJ	93.5
CUARTAL	14387	B	92.8	14074	DEFG	93.8	13551	FGHIJ	91.8
PR33P67*				15974	AB	106.5	16181	A	109.6
JARAL Bt*				15163	ABCDE	101.1	15201	ABCDE	102.9
CUARTAL Bt*				15001	ABCDE	100.0	14998	ABCDEF	101.6
SANCIA				14660	ABCDEF	97.7	14728	ABCDEFGHI	99.7
GUADALQUIVIR				14401	BCDEFG	96.0	13978	CDEFGHI	94.6
VIRGI				14036	DEFG	93.6	13387	GHIJ	90.6
COVENTRY				13984	DEFG	93.2	14097	CDEFGHI	95.5
PR34N43**				13940	DEFG	92.9	13948	DEFGHIJ	94.4
AZEMA				13346	FG	89.0	13262	IJ	89.8
CECILIA				12852	G	85.7	12373	J	83.8
BELES SUR *							15825	AB	107.2
GOLDEXTRA							14226	BCDEFGHI	96.3

Variedades con la misma letra no se diferencian significativamente entre sí según el test de Edwards & Berry ( $\alpha=0.05$ ).  
 \* Variedades transgénicas derivadas de MON 810. \*\* Variedad de ciclo 500.



La variedad PR32W86 es la que parece mostrar una mejor relación entre su buena productividad y la humedad del grano en recolección en la zona litoral de Girona.

La Figura 3 muestra aquel material vegetal que ha tenido un buen comportamiento productivo en ambas zonas de ensayo durante las campañas 2005 y 2006.

La zona superior derecha del gráfico sería la que reflejaría el material más productivo y a la vez menos afectado por determinados condicionantes locales o, dicho de otra manera, el material más productivo y de mejor adaptación general. Entre este material hace falta mencionar PR33P67, HELEN, PR32W86, DKC 6575, PR32P76, entre otras.

### 03 Recomendación de variedades para la campaña 2007

La recomendación varietal en una determinada zona se debe basar en datos de comportamiento del mayor número posible de campañas con tal de intentar minimizar el efecto de factores de tipo temporal. Los datos sobre comportamiento productivo plurianual que muestran las Tablas 1 y 2 serían la base sobre la cual se fundamentaría la recomendación, teniendo



Aunque el máximo interés de un híbrido de maíz viene dado habitualmente por su potencial de productividad, la humedad del grano en recolección es también uno de los factores importantes que habría que considerar a la hora de decidir la variedad a sembrar.



La recomendación varietal debe basarse en datos de comportamiento del mayor número posible de campañas. Las recomendaciones para la campaña 2007 incluyen sólo aquellas variedades que han sido evaluadas durante un mínimo de 3 años.

Microparcelas de evaluación varietal de maíz.  
Foto: A. López Querol.



HELEN confirma un año más su buena adaptación tanto en la zona de Regadíos de Lleida como en Girona Litoral.

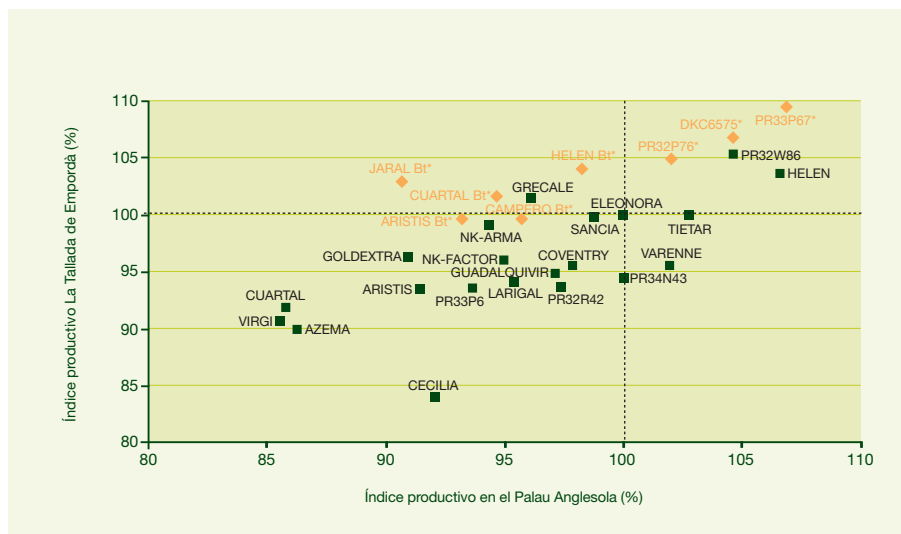


Figura 3. Índice productivo medio de las variedades de maíz ensayadas en el Palau d'Anglesola (el Pla de Urgell) y La Tallada d'Empordà (Baix Empordà), durante los años 2005 y 2006. (\*) Variedades GM autorizadas derivadas de MON 810.

muy presentes, sin embargo, los datos sobre sensibilidad o resistencia a las principales enfermedades y accidentes que pueden afectar la producción en una determinada zona.

Las recomendaciones para la campaña 2007 que se indican acto seguido incluyen sólo aquellas variedades que han sido evaluadas un mínimo de 3 años, distinguiendo entre este material y aquel del cual se dispone de datos durante 4 o más campañas. Con tal de poder diferenciar con claridad el tipo de material vegetal, la recomendación también diferencia entre variedades convencionales y variedades GM autorizadas.

### 03.01 Variedades recomendadas de ciclo 700

#### DKC 6575

Atendiendo a la media de producción respecto a ELEONORA de los 3 últimos años, DKC 6575 es de las mejores variedades tanto en el litoral de Girona (+7,3%) como los Regadíos de Lleida (+4,0%). Se trata de un híbrido con una buena sanidad, especialmente con respecto a su buena resistencia a virosis (MDMV) y a podredumbres del tallo. Esta resistencia y su mediana altura de planta y baja altura de inserción de mazorca, la hacen muy resistente a la rotura de cañas, además de su resistencia a los ataques de barrenadores. El número de granos por mazorca es más bien bajo, pero el peso del grano es muy bueno. El grano en recolección suele tener una humedad alta (Empresa comercializadora: Monsanto Agricultura España, S.L.).

#### HELEN

Después de ser la variedad recomendada en los Regadíos de Lleida y en el litoral de Girona durante las 3 y 2 últimas campañas respectivamente, esta variedad confirma un año más su buena adaptación en ambas zonas de ensayo. En el conjunto de las 4 últimas campañas, esta variedad es la única que ha superado productivamente ELEONORA, tanto en Girona litoral (+1,3%) como los Regadíos de Lleida (+6,4%), aunque sin significación estadística en la diferencia. Se trata de un híbrido de talla alta a muy alta, con una altura de inserción de mazorca también elevada. En conjunto presenta una buena sanidad. Hasta ahora se ha venido mostrando resistente a virosis (MDMV) y no parece especialmente susceptible a podredumbres de la base del tallo. Su altura la puede hacer, algo sensible a la rotura de la caña en condiciones climatológicas adversas. Es de las variedades convencionales que ha mostrado un mejor *stay-green* en los ensayos. Suele hacer mazorcas con un número no demasiado alto de granos por fila, que compensa con un elevado peso del grano. La humedad del grano en recolección es mediana (Empresa comercializadora: Agrusa).

#### HELEN Bt

Esta variedad es la versión modificada genéticamente de HELEN. Se trata de la misma variedad, pero con resistencia a barrenadores (*Sesamia nonagrioides* y *Ostrinia nubilalis*). Por esta razón muestra una sanidad todavía mejor, con resistencia a la rotura de cañas, un excelente *stay-green*, pero también una humedad alta del grano

RECOMENDACIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ PARA LA CAMPAÑA 2007

REGADÍOS DE LLEIDA  
(VARIEDADES CONVENCIONALES)

Variedades ensayadas durante 4 o más años

HELEN  
SANCIA

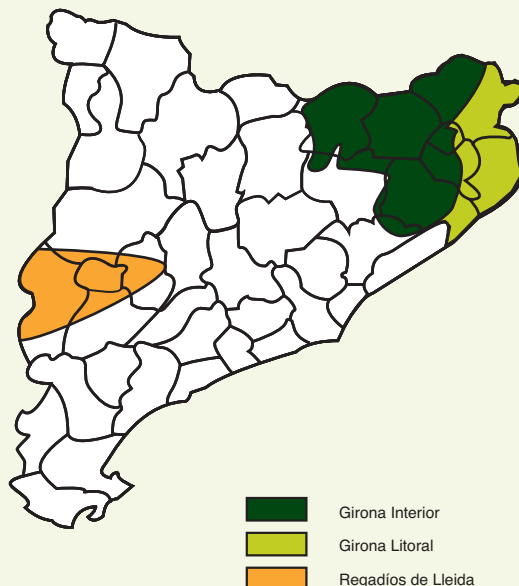
Variedades ensayadas durante 3 años

PR32W86  
PR34N43  
VARENNE

REGADÍOS DE LLEIDA  
(VARIEDADES GM AUTORIZADAS)

Variedades ensayadas durante 3 años

PR33P67  
DKC 6575  
HELEN Bt



■ Girona Interior  
■ Girona Litoral  
■ Regadíos de Lleida

LITORAL DE GIRONA  
(VARIEDADES CONVENCIONALES)

Variedades ensayadas durante 4 o más años

HELEN

Variedades ensayadas durante 3 años

PR32W86

LITORAL DE GIRONA  
(VARIEDADES GM AUTORIZADAS)

Variedades ensayadas durante 3 años

PR32P76  
DKC 6575  
PR33P67  
HELEN Bt

en recolección. Es en la zona Girona litoral, donde la presión de barrenadores es más intensa, donde manifiesta mejor su potencial respecto al testigo ELEONORA (+6,0%), aunque también en los Regadíos de Lleida se muestra superior (+3,1%) (Empresa comercializadora: Agrusa).

**PR32P76**

Se trata de una variedad recomendada tras 3 años en la zona Girona litoral, donde ha sido la que ha superado más claramente la producción media de ELEONORA (+8,0). La planta es más bien alta y, sobre todo, la altura de inserción de la mazorca es muy elevada. No se muestra entre las variedades más sensibles a la rotura de cañas, favorecida quizás por una relativa resistencia a podredumbres en la base de los tallos (*Fusarium spp.*) y por su resistencia a barrenadores. Es de las variedades que muestra un mejor *stay-green*, y la humedad del grano en recolección es más bien alta (Empresa comercializadora: Pioneer - Bred Spain, S.L.).

**PR32W86**

En los últimos 3 años, este híbrido es uno de los que han mostrado un mejor comportamiento

respecto a ELEONORA, tanto en la zona de Regadíos de Lleida (+4,5%) en Girona litoral (+5,1%). Es una variedad de floración bastante tardía, pero con una baja humedad de recolección, similar a la de la mayor parte de variedades de ciclo 600. La planta es muy alta con un punto de inserción de mazorca también alto. Parece bastante sensible a podredumbres en la base de los tallos (*Fusarium spp.*) y a la rotura de cañas. Compensa un bajo número de filas por mazorca con un buen peso del grano. Su *stay-green* no es demasiado bueno (Empresa comercializadora: Pioneer - Bred Spain, S.L.).

**VARENNE**

Tras 3 años de ensayo, este híbrido se ha mostrado especialmente interesante sólo en la zona de Regadíos de Lleida (+2,0%) donde los problemas de rotura de cañas por fuertes vientos no son tan frecuentes como el litoral gerundense. Esta sensibilidad a la rotura se debe principalmente a su gran altura de planta y de inserción de mazorca. No se ha mostrado, demasiado sensible a infecciones por *Fusarium spp.* como tampoco a virosis (MDMV). Tiene un excelente *stay-green* y la humedad del gra-

Granos de maíz. Foto: J. S. Minguet



La variedad PR32W86 es una de las que han mostrado un mejor comportamiento productivo respecto a ELEONORA durante los últimos 3 años



La vida comercial de las variedades de maíz es actualmente bastante corta debido a la constante aparición de nuevo material vegetal en el mercado

Un buen stay-green (parcela derecha) es una característica positiva en una variedad que suele implicar una mayor productividad. Foto: J. Salvia



La recomendación varietal se basa principalmente en el comportamiento productivo mostrado por las diferentes variedades, pero también se tienen en cuenta sus características agronómicas evaluadas a lo largo de los años.

no en recolección es de las más altas entre las variedades ensayadas (*Empresa comercializadora: Maisadour Semences*).

### 03.02 Variedades recomendadas de ciclo 600 y 500

#### PR33P67

A pesar de tratarse de un ciclo 600, es la variedad que ha mostrado un mayor potencial de producción en las 3 últimas campañas en los Regadíos de Lleida (+5,7%), y se sitúa también al mismo nivel productivo de las mejores variedades de ciclo 700 en Girona litoral (+6,5%).

Se trata de una variedad alta con inserción de mazorca media a alta y resistente a los ataques de barrenadores. Presenta una buena sanidad, especialmente con respecto a la resistencia a podredumbres de los tallos (*Fusarium spp.*) y a la rotura de las cañas. Por el contrario, parece medianamente sensible a virosis (MDMV). Es de las variedades de ciclo 600 que tiene un mejor stay-green (*Empresa comercializadora: Pioneer -Bred Spain, S.L.*).

#### PR34N43

Tras mostrar un buen comportamiento durante los últimos 3 años (+2,5%), esta variedad es recomendada por primera vez en la zona de Regadíos de Lleida. Se trata de un híbrido de ciclo 500 largo, lo que hace valorar todavía más sus resultados. De acuerdo con su ciclo, tiene una floración muy precoz y una humedad del grano en recolección muy baja. Destaca también por su baja altura de planta y de inserción de mazorca habiéndose comportado, ligeramente sensible a la rotura de cañas. Parece bastante resistente a podredumbres de los tallos (*Fusarium spp.*) y, por el momento, se ha mostrado como resistente a virosis (MDMV).

A pesar de tratarse de una variedad de ciclo 600, PR33P67 es una de las que están mostrando un mayor potencial de producción durante las tres últimas campañas. Foto: A. López Querol



Por ser un híbrido de ciclo tan corto, presenta un stay-green más que aceptable. El ciclo de esta variedad la puede hacer especialmente interesante en determinados supuestos de limitación de agua de riego o de adelantamiento de recolección, por ejemplo. También se muestra como material vegetal potencialmente utilizable para segundas cosechas (*Empresa comercializadora: Pioneer -Bred Spain, S.L.*).

#### SANCIA

Variedad recomendada por segundo año consecutivo en la zona de Regadíos de Lleida, donde ha superado la productividad media de ELEONORA en un 2,8% en los últimos 4 años, a pesar de ser un híbrido de ciclo 600. Su sensibilidad a la rotura de cañas puede hacer que sus resultados en el litoral gerundense no sean tan buenos. Es también medianamente sensible a podredumbres del tallo (*Fusarium spp.*) y a virosis (MDMV). La altura de planta es baja, igual que el punto de inserción de mazorca. Atendiendo a su ciclo, se puede decir que tiene un buen stay-green (*Empresa comercializadora: Limagrain Ibérica, S.A.*).

## 04 Autores



**López Querol, Antoni**  
IRTA Lleida  
antoni.lopez@irta.es

**Serra Gironella, Joan**  
IRTA Mas Bahía  
joan.serra@irta.es

**Salvia Fuentes, Jordi**  
IRTA Mas Bahía  
jordi.salvia@irta.es

**Capellades Pericas, Gemma**  
IRTA Mas Bahía  
gemma.capellades@irta.es

**Betbesé Lucas, Josep A.**  
IRTA Lleida  
josep.betbese@irta.es



# COEXISTENCIA ENTRE MAÍZ CONVENCIONAL Y TRANSGÉNICO: INFLUENCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LA COINCIDENCIA DE LA FLORACIÓN



Plantas de maíz durante la floración femenina. Foto: IRTA.



Seguimiento de la floración en una parcela de maíz. Foto: IRTA.

## 01 Introducción

La autorización de cultivos transgénicos de maíz en la Unión Europea ha propiciado la aparición del concepto de coexistencia definido como el derecho que tienen los agricultores de poder escoger entre la producción de cultivos convencionales, ecológicos o modificados genéticamente (transgénicos), siempre que cumplan las obligaciones legales que marca la normativa europea.

Por otra parte, el reglamento sobre etiquetado (1830/2003) establece el umbral del 0,9% de contenido de transgénicos por encima del que los productos se habrán de etiquetar como tales. De acuerdo con este reglamento, la presencia accidental de OGM (organismos genéticamente modificados) por encima del umbral del 0,9% en un cultivo inicialmente no transgénico, determinaría que este cultivo se etiquetara como transgénico, hecho que en algún caso, podría 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 los OGM y los convencionales o ecológicos.

La presencia accidental de material transgénico puede venir determinada por varios factores,

como por ejemplo la pureza de la semilla, la polinización cruzada, la presencia de rebrotes y finalmente las posibles mezclas durante la cosecha y la postcosecha. Así, la polinización cruzada es la que despierta más preocupación, porque en condiciones de campo es difícil controlarla.

El maíz se fecunda mayoritariamente por polinización cruzada, y el viento favorece que el polen de una planta fecunde las plantas de alrededor. Como esta característica es propia de la especie, el maíz transgénico no tiene por qué ser una excepción. Asimismo, el denominado flujo de genes, es decir la dispersión de los transgenes (genes introducidos en la planta transgénica) mediante el polen 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 debe etiquetar como transgénico o no.

Desde el año 2003 el IRTA ha realizado una serie de ensayos orientados a cuantificar el flujo de genes, a establecer las distancias de seguridad necesarias para minimizarlo y sobre todo a tener datos cuantitativos fiables que sirvan de base de la normativa que se debe establecer en nuestro país, para asegurar la coexistencia entre cultivos transgénicos, convencionales y

ecológicos (Melé y col., 2006). En estos ensayos se ha demostrado que una distancia de seguridad de unos 20-25 m es suficiente para mantener la presencia accidental de los OGM en un campo convencional vecino por debajo del umbral del 0,9%. El estudio realizado en condiciones reales de coexistencia en dos zonas de Cataluña donde habitualmente se cultiva maíz transgénico, confirmó este resultado (Messeguer y col., 2006). Por otra parte, también se ha demostrado que una barrera de unos cuantos surcos de maíz (zona tampón) es más eficaz que una distancia equivalente sin nada cultivado. Hace falta destacar que los



**El objetivo del ensayo fue determinar hasta qué punto las diferencias en las fechas de siembra pueden ser efectivas de cara a minimizar el flujo de genes entre el trigo de maíz convencional y trigo de maíz Bt**



Figura 2. A la izquierda, aspecto del campo de ensayo el 25 de mayo poco después del nacimiento de la última siembra. A la derecha, vista del campo el 2 de julio. Los bordes de separación y la primera siembra de blanco ya en floración.

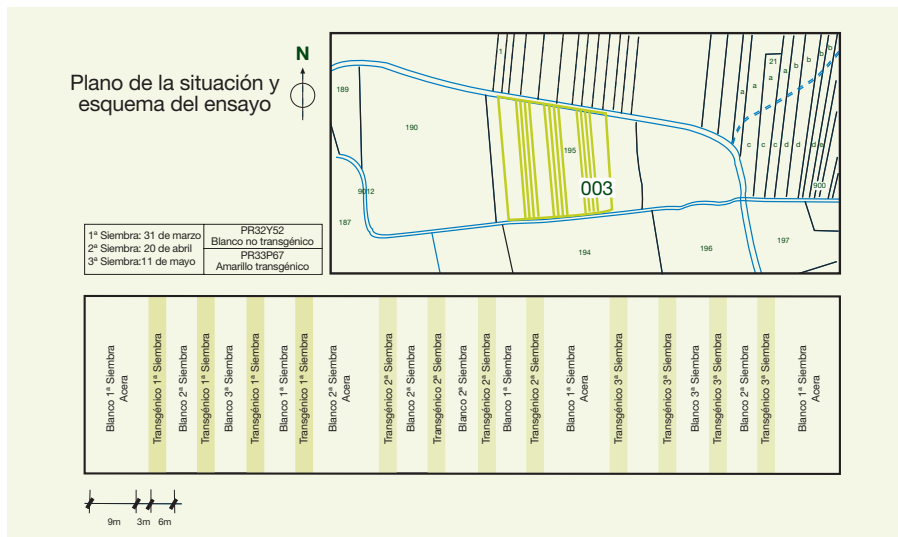


Figura 1. Datos básicos del ensayo: Plano de situación, fechas de siembra, variedades y esquema de plantación.

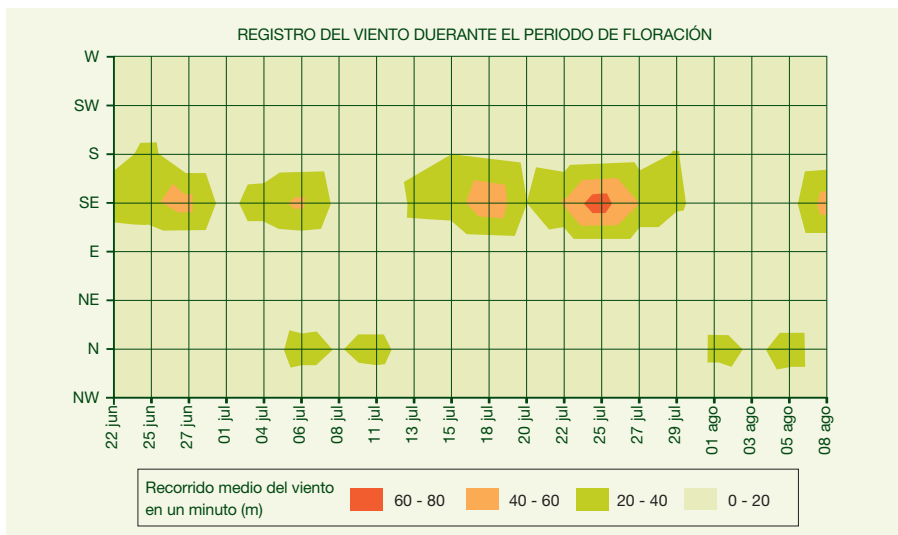


Figura 3. Recorrido medio del viento (Wind Run) expresado en metros y minutos. Esta medida tiene en cuenta la velocidad media del viento y la frecuencia en cada dirección.

resultados obtenidos en los ensayos realizados en otros países de la Unión Europea y de América coinciden plenamente con los que se han obtenido aquí (Brookes y col., 2006 y referencias citadas; Devos y col., 2006).

Todos estos ensayos se planifican de forma que las variedades transgénicas y convencionales florezcan al mismo tiempo para detectar el máximo nivel de flujo de genes que se podría producir. Ahora bien, dado que en determinadas zonas de nuestro país es posible hacer siembras muy tempranas o muy tardías, habría que averiguar si la polinización cruzada y consecuentemente el flujo de genes se podía controlar mejor disminuyendo tanto como fuera posible la coincidencia en la floración.

## 02 Diseño del ensayo

Durante la campaña 2005 se diseñó un ensayo combinando tres fechas de siembra de maíz de grano amarillo transgénico (variedad PR32P76) con 3 fechas de siembra de maíz de grano blanco no transgénico (variedad PR32Y52). El ensayo se hizo en la zona de Foixà (Baix Empordà) y lo financiaron el IRTA y el DARP.

El campo de 126 m de largo por 100 m de ancho se dividió en tres partes iguales para tener tres réplicas, separadas una de la otra por una calle de 9 m sembrada con el maíz de grano blanco (Figura 1). En cada una de estas réplicas, se sembraron cuatro parcelas de 3x100 m de la variedad de grano amarillo PR32P76 a (4 líneas) que se consideraron como donadoras de polen, separadas entre ellas por tres parcelas de 6x100 m (8 líneas) de maíz blanco

PR32Y52, que se consideraron como receptoras de polen. Las variedades, las dos de ciclo 700, se sembraron en tres fechas: 31 de marzo (siembra temprana), 20 de abril (siembra media) y 11 de mayo (siembra tardía). El ensayo se orientó de tal manera que el viento dominante de la zona favoreciera al máximo la polinización cruzada.

Dado que las variedades de maíz convencional que habitualmente se siembran en la zona son de grano amarillo, durante los primeros estados de crecimiento se revisó el campo para eliminar las posibles plantas que pudieran crecer fruto de restos de mazorcas de la cosecha del año anterior (rebrotos), con tal de evitar falsos positivos en la evaluación del flujo (Figura 2).

La velocidad y dirección del viento así como la pluviometría durante la época de floración se registraron en la estación meteorológica instalada en el extremo del campo.

Las fechas de floración se obtuvieron por observación directa y por la evaluación de 40 plantas individuales de cada uno de los tratamientos del ensayo sobre las cuales se determinó con precisión el inicio y el final de la floración masculina y la femenina.

La preparación del terreno, las siembras y la conducción general de la plantación se llevó a cabo siguiendo las buenas prácticas culturales establecidas en la zona con la colaboración del propietario del campo y la supervisión del personal del IRTA.

Al final del ensayo, y para facilitar la tarea de la recogida de muestras antes de la cosecha se hicieron dos pases transversales con la cosechadora para abrir dos caminos, de forma que de cada tratamiento se pudieran tomar mues-

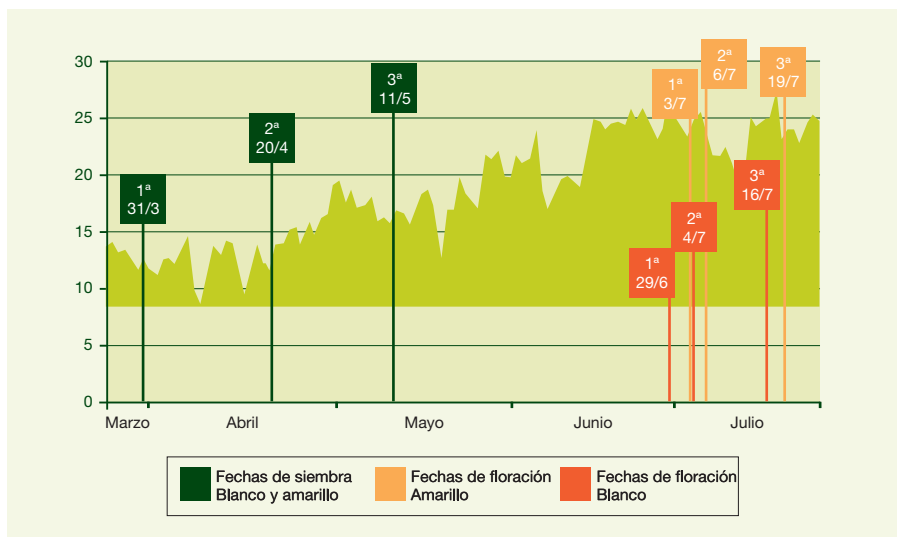


Figura 4. Representación gráfica de las fechas más representativas del cultivo superpuestas en la evolución de las temperaturas medias. El área en amarillo estima el valor de la integral térmica sobre la base de 8 °C.

tras de cuatro lugares en el interior del campo (a derecha e izquierda de cada uno de los caminos abiertos). Se tomaron en cada lugar tres mazorcas de cada uno de los 8 riegos de cada tratamiento (96 mazorcas por tratamiento).

Las muestras se analizaron siguiendo dos metodologías: en el método fenotípico, en cada mazorca se hizo un recuento de los granos amarillos sobre el total de granos blancos. Teniendo en cuenta que los caracteres blanco y amarillo son homocigotos y que el amarillo es dominante sobre el blanco, el número de granos amarillos/granos blancos nos da la proporción de polinización cruzada que ha habido. Y, teniendo en cuenta que el carácter de resistencia al barrenador en las plantas transgénicas está en hemicigosis, solamente la mitad del polen será transgénico, y de aquí se desprende que el número granos amarillos/granos blancos dividido por dos será la propor-

ción de granos transgénicos encontrados; en el método molecular, se usó la técnica estándar de la PCR cuantitativa (RT-PCR) para evaluar el porcentaje de ADN transgénico en relación al ADN total.

### 03 Resultados

En todas las siembras hubo un buen nacimiento y las plantas se desarrollaron normalmente (Figura 2).

En el diseño del ensayo se tuvo en cuenta la dirección de los vientos dominantes de la zona (brisa del mar), de forma que la distribución de las parcelas se hizo procurando que el flujo de grano quedará favorecido al máximo. El registro de los vientos que se muestra en la Figura 3 confirmó para estos días la persistencia de los vientos del SE y la presencia ocasional de vientos de tramontana durante la floración.

Jornada de puertas abiertas, visión general de uno de los pasillos que se abrieron para poder recoger las muestras. Foto: IRTA.





Conseguir separar las floraciones diez días es una buena estrategia para el control del flujo genético

Mazorcas de maíz blanco donde se ven los granos amarillos, fruto de la polinización cruzada con el maíz Bt. Foto: IRTA.

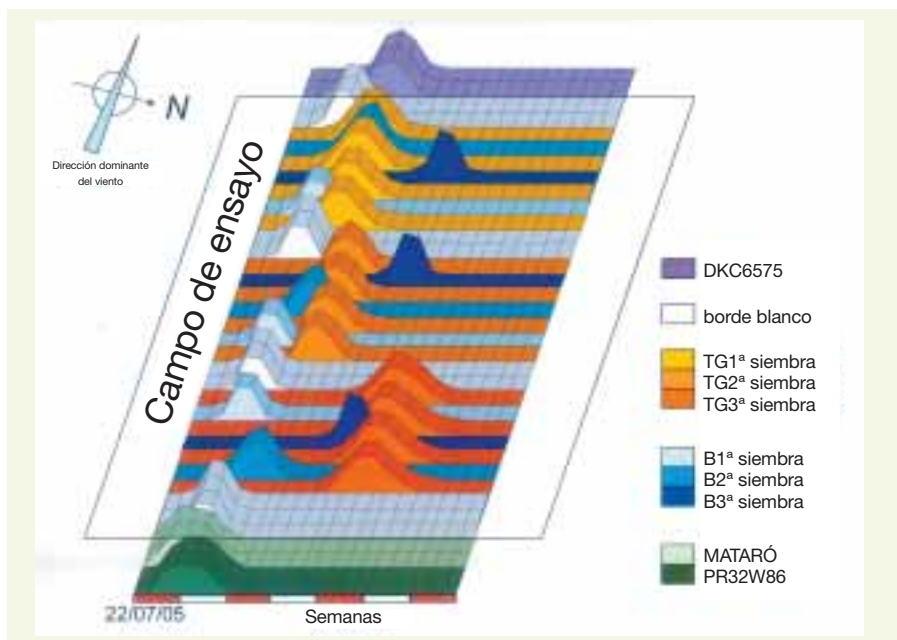


Figura 5. Diagrama de la evolución de las floraciones representadas según la distribución de las parcelas del campo de ensayo para poder visualizar mejor las coincidencias entre tratamientos.

Tabla 1. Recuento total del porcentaje de granos amarillos detallado por tratamiento (media  $\pm$  error estándar). Se contabilizaron 96 mazorcas por tratamiento: Se detalla también los días de separación entre el inicio de las floraciones

NO TRANSGÉNICO	TRANSGÉNICO	FLORACIÓN	INTERVALO	N OBS.	% GRANOS AMARILLOS
<b>BLANCO 1ª SIEMBRA</b> FLORACIÓN 29/6	Amarillo 1ª siembra	3/7	4	96	11,73 $\pm$ 1,02
	Amarillo 2ª siembra	6/7	7	96	2,96 $\pm$ 0,31
	Amarillo 3ª siembra	19/7	20	96	3,36 $\pm$ 0,38
<b>BLANCO 2ª SIEMBRA</b> FLORACIÓN 4/7	Amarillo 1ª siembra	3/7	1	96	33,64 $\pm$ 2,22
	Amarillo 2ª siembra	6/7	2	96	10,105 $\pm$ 0,93
	Amarillo 3ª siembra	19/7	15	96	3,58 $\pm$ 0,39
<b>BLANCO 3ª SIEMBRA</b> FLORACIÓN 16/7	Amarillo 1ª siembra	3/7	13	96	0,42 $\pm$ 0,11
	Amarillo 2ª siembra	6/7	10	96	3,74 $\pm$ 0,71
	Amarillo 3ª siembra	19/7	3	96	9,76 $\pm$ 1,53

Pese a las diferencias claras en las épocas de siembra espaciadas cada tres semanas, las diferencias entre las fechas de floración de los tratamientos ensayados fueron mucho menores. En la Figura 4 se ha representado la evolución de las temperaturas medias durante el periodo desde la primera siembra hasta la última floración.

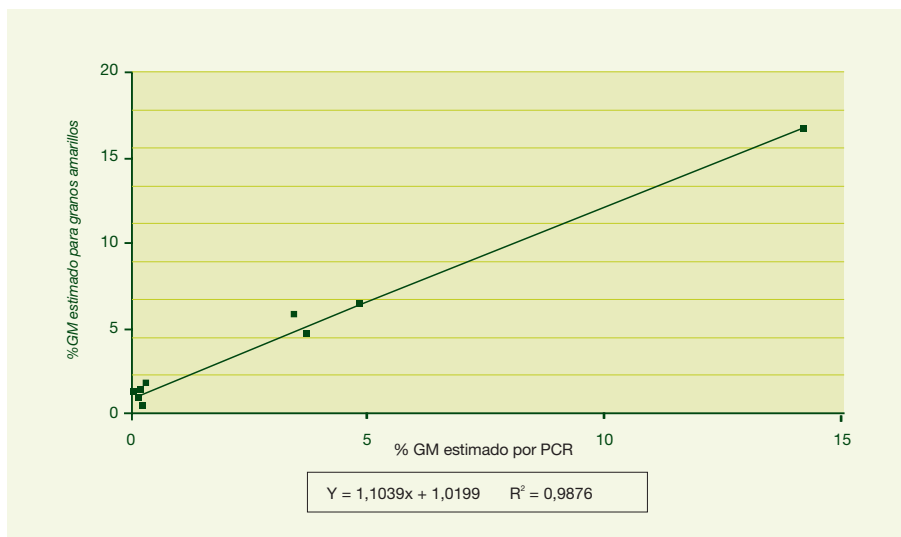
El área amarilla representa la integral térmica (sobre una base de 8°C) que explica satisfactoriamente el reagrupamiento de las fechas de floración especialmente entre la primera y segunda siembra tanto en el maíz blanco como en el transgénico. El calor acumulado las tres primeras semanas de abril por las plantas de la primera siembra es poco y se traduce al final en un adelantamiento de la floración de sólo tres o cuatro días respecto a la segunda siembra.

La fecha de floración corresponde al momento en que el 50% de las plantas entra en floración. Como se puede observar claramente en la Figura 4, la variedad transgénica amarilla PR32P76 floreció algo más tarde que la variedad blanca PR32Y52, pero el diseño correcto del ensayo ha permitido igualmente estudiar todos los casos, tanto de máxima coincidencia (2ª del blanco con la 1ª del transgénico amarillo) como otras posibilidades intermedias hasta la separación total entre la 1ª del blanco con la 3ª del amarillo.

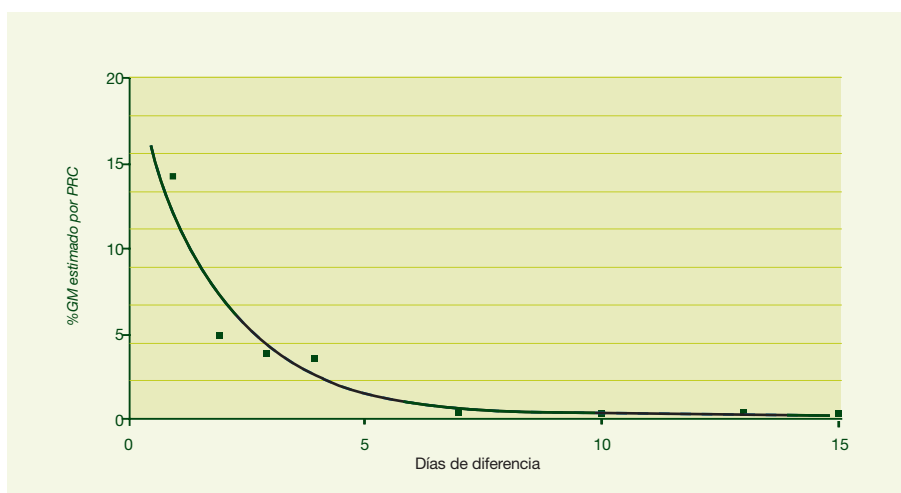
En la Figura 5 se ha representado el desarrollo del ensayo durante los días de la polinización. En el eje horizontal está representado el tiempo en semanas a partir del día 22 de julio. Conservando la misma situación en la que estaban plantadas en el campo de ensayo, se ha representado en vertical el porcentaje de plantas en

floración activa. Se ha considerado la floración masculina para los campos transgénicos donadores de polen y la floración femenina para los campos de maíz blanco sobre los cuales se debía medir el flujo genético. Se han representado también fuera del recuadro del campo de ensayo propiamente dicho las floraciones de los campos vecinos de maíz amarillo no transgénico (Mataró y PR32W86) situados a favor del viento y el transgénico DKC6575 en la dirección contraria del viento dominante.

Se puede ver muy claramente la completa coincidencia entre la floración del blanco de segunda siembra con el transgénico amarillo de primera siembra, y las coincidencias parciales del blanco de 1ª siembra con el transgénico de 1ª, del blanco de 2ª con el transgénico de 2ª y



**Figura 6.** Correlación entre los valores de % de transgénico estimados por RT-PCR o por el recuento de los granos amarillos. Se representa también la recta de regresión de los valores obtenidos contando los mayores sobre los valores de la RT-PCR.



**Figura 7.** % De GM estimado por RT-PCR en función del intervalo entre las fechas de floración entre transgénico y blanco para cada uno de los tratamientos ensayados.

del blanco de 3ª con el transgénico de 3ª. Hay también unos pequeños solapamientos entre el transgénico de 2ª siembra y las 1ª y 3ª siembras del blanco. En todos los demás casos, el intervalo entre las floraciones fue casi total.

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de granos amarillos encontrados en cada uno de los casos analizados. El valor más alto (33%) corresponde al tratamiento de mayor coincidencia en la floración y los valores siguientes (alrededor del 10%) también se corresponden con los tratamientos antes mencionados de coincidencia parcial. También encontramos una buena correlación (valores alrededor del 3%) en los tratamientos de escasa coincidencia. Hay dos casos en los que según las medidas de floración hechas en campo no se debían encontrar granos

amarillos porque las floraciones habían sido muy distantes y en cambio, se encontraron valores del 3%. Estos tratamientos son los de blanco de 1ª y 2ª siembra polinizados por transgénico de 3ª siembra donde se habrían de esperar valores parecidos a los obtenidos en el caso del transgénico de 1ª siembra sobre el blanco de 3ª, que eran sólo del 0,4%.

Observando la situación de los campos adyacentes, especialmente en la dirección favorable del viento, se puede deducir que estas diferencias podrían ser debidas al efecto de la coincidencia de la floración con otras variedades ajenas al ensayo.

Con tal de comprobar esta hipótesis y también para validar los resultados del ensayo se hicie-



El intervalo entre las fechas de siembra puede ser una herramienta útil para regular la coexistencia.

Siembra del ensayo. Foto: IRTA.



ron una serie de análisis por PCR cualitativa y RTPCR para poder determinar la equivalencia entre granos amarillos y contenido en %OGM.

De acuerdo con el planteamiento del ensayo, sólo la mitad de los granos amarillos medidos traerían el gen de resistencia al taladro, puesto que la plantación de transgénico donador de polen es una variedad híbrida. Esta aproximación se hace porque es mucho más sencillo y preciso hacer un recuento visual de los granos que no pasar los costosos análisis moleculares para detectar el contenido real de OGM. Tiene el inconveniente, que contando los granos amarillos no se puede evaluar el porcentaje de polen que proviene de otros campos amarillos que no sean transgénicos. Estas interferencias se habrían podido eliminar con una protección

de maíz blanco mucho mayor que la que se pudo hacer dadas las medidas del ensayo y del presupuesto disponible.

Por estos motivos, se analizaron 8 muestras de cada uno de los tratamientos para saber el contenido real de transgénicos y evaluar el efecto de otras fuentes productoras de polen amarillo no transgénico. El interés mayor, sin embargo, estaba centrado en los valores de los casos antes señalados en que el flujo detectado no concordaba con la coincidencia de floración de las partes implicadas. Los análisis de PCR para el tratamiento blanco de 1ª Transgénico/amarillo de 3ª dieron  $0,05 \pm 0,03$  y para el tratamiento blanco de 2ª Transgénico/amarillo de 3ª dieron  $0,34 \pm 0,06$  valores muy inferiores a los de 1,5%, que corresponderían a dividir el porcentaje de granos amarillo entre 2. De esta manera se ha podido comprobar la procedencia ajena al ensayo de la mayoría de los granos amarillos de estos tratamientos.

Una colección de muestras representativas del ensayo (uno de los grupos de muestras tomadas a lo largo del camino abierto en medio del campo) se procesaron para hacer el análisis estándar de contenido de OGM y poderlo comparar con los valores obtenidos sobre la misma muestra.

En la Figura 6 se muestra la correlación entre los valores estimados haciendo el recuento de granos amarillos de cada tratamiento y los correspondientes análisis por PCR. Los porcentajes de transgénicos dan valores muy parecidos en ambos casos, puesto que el índice de correlación es muy alto ( $R^2 = 0,99$ ) y la pendiente de la recta muy próxima a la unidad (1,1). Por otra parte, la desviación de la recta en el origen nos da una medida de las interferencias y evidencia también

que parte de los granos amarillos contados no tienen su origen en las parcelas del ensayo.

El efecto del número de días de separación entre floraciones sobre el flujo genético producido se muestra en la Figura 7. Se observa claramente cómo disminuye muy deprisa, de forma que a partir de los 8 días el flujo es ya muy bajo.

Se ha añadido una línea de tendencia, aunque quizás sería más adecuado dividir la gráfica en dos partes bien diferenciadas, es decir, si hay coincidencia o no. En la primera parte, el %OGM es inversamente proporcional a los días de diferencia; y en la segunda, si no hay coincidencia, no hay flujo.

Estos valores concretos son válidos sólo para las dos variedades ensayadas, puesto que la duración de las floraciones puede depender de cada variedad y también de otros factores climáticos o ambientales. Este resultado, sin embargo, es concordante con otros estudios más generales hechos dentro del proyecto SIGMEA, donde se estimó que una distancia de unos 10 días entre las floraciones de campos vecinos era totalmente suficiente para garantizar la coexistencia (Messeguer y col , 2006).

#### 04 Conclusiones

Aunque este ensayo no tenía el objetivo de medir el flujo de genes y dar valores absolutos, se pueden también sacar algunas conclusiones. El diseño del ensayo estaba pensado para favorecer al máximo el efecto del polen transgénico sobre el campo receptor, de forma que los resultados nos dan una idea de lo que pasa en los bordes del campo que está cerca del transgénico pero no de lo que pasaría en el interior del campo.

Sin embargo, estos datos son muy similares a los obtenidos en los bordes de los campos adyacentes en un ensayo hecho el año anterior, igualmente en el Baix Empordà (4 ha maíz transgénico amarillo sobre 24ha de blanco) donde se pudo estimar que si el campo receptor tenía más de 40 m de anchura el efecto total sobre la cosecha estaría ya por debajo del 0,9 % en el peor de los casos (Pla y col., 2006).

Este ensayo de fechas de siembra pone también de manifiesto que es difícil conseguir valores muy altos de flujo genético, puesto que para llegar a valores superiores al 10% (20% de granos amarillos) no sólo hay una coincidencia perfecta de la floración sino que también hay que situar todas las plantas prácticamente al lado de los transgénicos amarillos donadores.

Con respecto a las conclusiones propiamente objeto del ensayo, podemos decir que:

Los resultados de este ensayo confirman que un intervalo de diez días o más entre floraciones es muy eficaz para controlar el flujo de genes. Esto confirma los resultados obtenidos en los ensayos de coexistencia que se han hecho en el marco del proyecto SIGMEA.

El intervalo entre las fechas de siembra puede ser una herramienta útil para regular la coexistencia. El problema, sin embargo, es que estos intervalos entre floraciones no tienen una equivalencia sencilla con las fechas de siembra que las originan.

El tiempo que el maíz necesita para llegar a florecer viene determinado por su ciclo, que hace referencia a la cantidad de calor que necesita acumular la planta para llegar a la floración. La floración dependerá, por tanto, de las tempera-

Presentación de resultados al sector. Foto: IRTA.



turas que se den durante el periodo vegetativo de la planta. En términos generales y tal y como se ha visto en este ensayo, el intervalo en la floración entre la siembra primera y la segunda ha sido muy escasa, de forma que tres semanas de diferencia en la siembra (31 de marzo-21 de abril) se han traducido al final en cuatro o cinco días en el maíz blanco y dos o tres en el transgénico amarillo. Esto se da porque el calor que acumula la primera siembra durante los días que pasan antes de que se haga la segunda es muy poco, ya que los días son muy fríos. En cambio, entre la segunda y la tercera siembra (21 de abril, 11 de mayo) las diferencias producidas en la floración serían notablemente más largas y eficientes para controlar el flujo producido.

En las condiciones normales de cultivo de las zonas de producción estudiadas no tiene demasiado sentido promover diferencias en las fechas de siembra tempranas de marzo y abril, puesto que la separación que se obtiene es insuficiente. En cambio, en siembras medias y sobre todo tardías es relativamente fácil obtener una diferencia en floración eficaz para controlar el flujo genético no deseado. La dinámica general observada durante estos años en las zonas estudiadas, es que las plantaciones de maíz transgénico se hacen a menudo en fechas tardías mientras que el maíz convencional se encuentra más en plantaciones tempranas, seguramente porque el ataque del barrenador es más fuerte con los calores del final de verano.

Este estudio demuestra que las fechas de siembra tienen una gran influencia en el control del flujo genético y permite sacar conclusiones muy concretas como por ejemplo que los cultivos convencionales sembrados antes del 20 de abril no se verán afectados por los campos transgénicos que se siembran más tarde del 11 de mayo. Es evidente que esto no es válido para todos los casos posibles, sin embargo, considerada en conjunto con otras medidas preventivas, la separación de fechas de siembra puede ser una herramienta útil para regular la coexistencia.

### 05 Referencias

BROOKES G., MESSEGUER J., MELÉ E., CUBERO JI., GARCÍA OLMEDO F., LEPRINCE-BÉNÉTRIX F., FOUÉILLASSAR X., WEBER E., SANVIDO O., BIBLER F., WINZELER M., ALPI A., ROSSI F., SANTANIELLO V., TONELLI C.,



Aspecto del ensayo en el momento de la cosecha. Foto: IRTA.

MEZZETTI B., TUBEROSA R., FOGHER C., DEFEZ R., PHIPPS R., STAMP P., SALEVE MP. (2006) *Coexistence of genetically modified and non-genetically modified maize: making the point on scientific evidence and commercial experience* (On line) <http://www.pgeconomics.co.uk/>

DEVOS Y, REHEUL D AND DE SCHRIJVER A . (2006) "The co-existence between transgenic and non-transgenic maize in the European Union: a focus on pollen flow and cross-fertilization" *Environ. Biosafety Res.* 4 , págs. 71-87.

MELÉ, E., MESSEGUER, J., PALAUDELMÀS, M., PEÑAS G., SALVIA J. Y SIERRA J. (2006) "Coexistència entre blat de moro Bt i convencional" *Dossier Tècnic, 10. Formació i assessorament al sector agroalimentari*, págs.19-23. Generalitat de Catalunya, DAR. <http://www.ruralcat.net>

MESSEGUER J., PEÑAS G., BALLESTER J., BAS M., SIERRA J., SALVIA J, PALAUDELMAS M., MELE E. (2006) "Pollen mediated gene flow in maize in real situations of coexistence" *Plant Biotechnology Journal*, 4, págs. 633-645

PLAN M., PAZ J.L., PEÑAS G., GARCÍA N., PALAUDELMÀS M., ESTEVE T., MESSEGUER J. AND MELÉ E. (2006) "Assessment of realtime PCR based methods for quantification of pollen-mediated gene flow from GM to conventional maize in a field study" *Transgenic Research*, 15, págs. 219-228

### 06 Autores

Personal investigador involucrado en este ensayo.



**Palau delmàs Carles, Montserrat**  
IRTA Cabrils  
[montserrat.palauelmas@irta.es](mailto:montserrat.palauelmas@irta.es)

**Peñas Civit, Gisela**  
IRTA Cabrils  
[gisela.penas@irta.es](mailto:gisela.penas@irta.es)

**Messeguer Peypoch, Joaquina**  
IRTA Cabrils  
[joaquina.messeguer@irta.es](mailto:joaquina.messeguer@irta.es)

**Melé Grau, Enric**  
IRTA Cabrils  
[enric.mele@irta.es](mailto:enric.mele@irta.es)

**Serra Gironella, Joan**  
IRTA Estación Experimental Agrícola Mas Badia  
[joan.serra@irta.es](mailto:joan.serra@irta.es)

**Salvia Fuentes, Jordi**  
IRTA Estación experimental Agrícola Mas Badia  
[jordi.salvia@irta.es](mailto:jordi.salvia@irta.es)

**Pla De Sola-Morales, Maria**  
INTEA. Universidad de Girona  
[maria.pla@udg.es](mailto:maria.pla@udg.es)

**Nadal Matemala, Anna**  
INTEA. Universidad de Girona  
[anadal@intea.udg.es](mailto:anadal@intea.udg.es)

### 07 Agradecimientos

Este ensayo ha sido financiado por el IRTA y el DAR. Volvemos a agradecer al Sr. Pere Falgàs, propietario del campo dónde se realizó el ensayo, su gran dedicación para conseguir la buena marcha agronómica de este.



Joaquim Alabau es un productor importante de maíz de la zona del Baix Ter, descendiente de una familia de agricultores ampurdaneses de muchas generaciones. Actualmente su explotación cuenta con 83 ha de cebada de secano, trigo de regadío, maíz, alfalfa y barbechos, que acompaña con varias granjas de cerdos. Hablamos con él sobre su visión del sector.

#### ¿De dónde viene su afición por el maíz?

Mi padre enfocó la explotación hacia la producción lechal pero siempre tuvimos algún campo de maíz para grano, cultivo que a mí me encantaba por su vigorosidad y su potencial productivo respecto a los otros cereales. A finales de los 70 me hice cargo de la explotación, construí la primera nave de cerdos de engorde e incrementé la superficie dedicada al cultivo del maíz.

**“Desde el año 2000, tenemos maíz de todas partes y los precios bajan cada vez más.”**

#### ¿Cómo era y cómo es actualmente este tipo de cultivo?

Durante los años 80 el único maíz que se importaba era el procedente de Estados Unidos y las nuevas variedades mejoraban muy rápidamente. Pasamos de unos rendimientos de 9.000 kg/ha hasta 12.000 kg/ha. Fue una época muy buena. La integración en el mercado común y el inicio de la ronda Uruguay del GATT para la liberalización del comercio mundial traerían malas consecuencias para el cultivo de maíz aquí, en nuestra casa, a partir de los 90. Las subvenciones de la PAC y la competencia con el maíz francés redujeron los precios, pero las subvenciones y el incremento de producción que nos ofrecían las nuevas variedades permitieron mantener el poder adquisitivo y modernizar parte de los regadíos. Así, desde el

## LA ENTREVISTA

### Joaquim Alabau Figuerola

Agricultor  
Foixà (Baix Empordà)

#### “LOS AGRICULTORES SOMOS LOS MÁS INTERESADOS EN CONSERVAR EL TERRITORIO”

año 2000, tenemos maíz de todas partes y los precios bajan cada vez más. Además, el potencial productivo de las variedades ha tocado techo.

#### ¿Qué piensa del incremento de los gastos y de este descenso del precio del maíz en los últimos años?

La viabilidad económica y el futuro del cultivo están en una situación crítica. La baja rentabilidad del maíz ha hecho que se hayan ido diversificando los cultivos. Por esto, actualmente también tengo granjas de cerdos de engorde de hasta 2000 plazas en régimen intensivo. La globalización, la liberalización del comercio mundial, ya es un hecho... Todo esto nos hace competir con las producciones de unos países que tienen unos costes de producción muy bajos.

#### Sabemos que forma parte de la Junta de la Asociación de Cultivos Extensivos del bajo Empordà. ¿Qué papel desarrolla esta institución?

Se creó para luchar contra el aumento del contenido en nitratos de algunos acuíferos, y el objetivo era estudiar hasta qué punto y sin perder producción, podríamos ajustar las aportaciones de fertilizantes nitrogenados a nuestros cultivos. Nosotros intentamos hacer las cosas cada vez mejor, pero los nitratos procedentes de orígenes agrarios no son los únicos que contaminan nuestros acuíferos.

#### ¿Cómo y cuando aplica el abonado nitrogenado de cobertura?

Cuando la planta lo necesita, normalmente a partir de las 8 hojas. En el riego por surcos, la aplico en el momento de aporcar el maíz, puesto que más adelante la planta es demasiado alta y no se puede pasar.

**“Cada vez somos más conscientes de que debemos hacer un uso más racional de los abonos, de los pesticidas y del agua.”**

#### ¿Cuál es el sistema de riego que le parece más eficiente?

Para mí sin duda, el riego por aspersión. Además, me permite aplicar el nitrógeno de cobertura

con el agua del riego. De esta manera se puede realizar una aplicación muy esmerada tanto del nitrógeno como del agua y los rendimientos son más altos.

#### ¿Cuáles son las medidas de sostenibilidad que considera imprescindibles?

No lo sé, pero creo que cada vez somos más conscientes de que debemos hacer un uso más racional de los abonos, de los pesticidas y del agua. Los primeros porque pueden acabar contaminando y el agua cada vez será un bien más escaso. Los agricultores somos los más interesados en conservar el territorio.

**“Las recomendaciones del IRTA son muy útiles y efectivas.”**

#### ¿Como saca provecho de la labor de instituciones como el IRTA en el desarrollo y la recomendación de nuevas variedades?

En mi caso, tengo la estación experimental Mas Badia muy cerca. Sus condiciones climáticas y las de tipos de suelo son prácticamente las mismas que en mi explotación. Esto, junto con la buena gestión de sus técnicos, hace que sus recomendaciones sean muy útiles y efectivas.

#### ¿De las diversas variedades existentes en el mercado cuáles cree que son las mejores?

La variedad CECILIA es de ciclo corto, tiene un buen potencial productivo y de secado muy rápido que me permite recolectar el maíz a finales de agosto o primeros de septiembre. Estas cosechas tan tempranas se pueden vender algo más caras. La variedad ELEONORA tiene un potencial productivo muy alto, es de ciclo más largo, no es transgénica y sembrada pronto normalmente se ve menos afectada por el barrenador y puede desarrollar al máximo su potencial. A partir del mes de abril solo siembro variedades transgénicas (P67 y DKC6575). En esta zona, los ataques de barrenador son importantes y por este motivo, en las siembras más tardías, hay mucha diferencia de producción entre las variedades transgénicas y las que no lo son.

RuralCat.  
redaccio@ruralcat.net