

COEXISTENCIA ENTRE MAÍZ BT Y CONVENCIONAL



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



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

01 Concepto de coexistencia

La Unión Europea define la coexistencia como el derecho que tienen los agricultores para escoger entre la producción de cultivos convencionales, ecológicos o modificados genéticamente (transgénicos), siempre que cumplan con las obligaciones legales que marcan las normativas sobre etiquetado y trazabilidad. Entre éstas, hace falta destacar que el reglamento de etiquetado (1830/2003) establece un umbral de 0,9% del contenido de transgénicos, por encima del contenido de los productos que se han de etiquetar como tales.

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

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

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

02 El flujo de genes

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

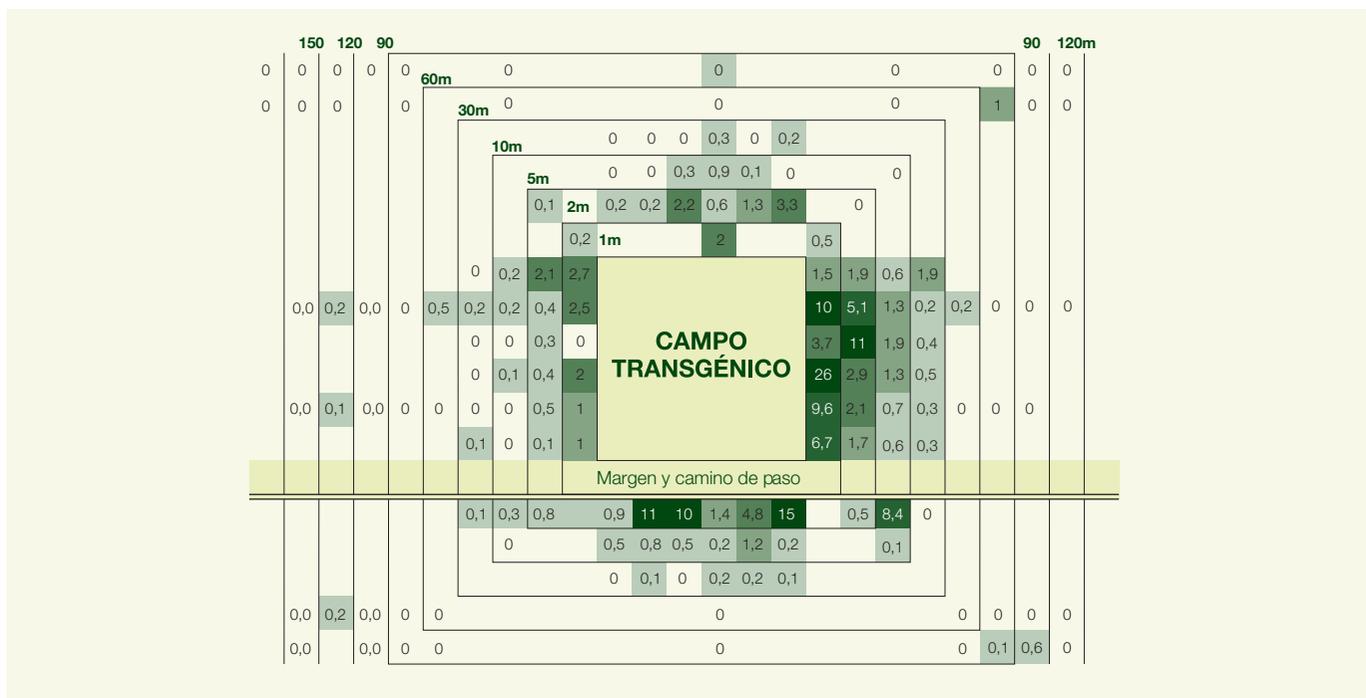
Así, el grado de polinización cruzada entre un campo transgénico y un campo no transgénico podría determinar si el producto final se ha de etiquetar como transgénico o no.

03 Ensayo de coexistencia 2003

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

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

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



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

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

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

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

04 Ensayo de coexistencia 2004

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

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

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

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



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

05 Ensayo de coexistencia 2005

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

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

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

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

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

06 Estudio de coexistencia en condiciones reales

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

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



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

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



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



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

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

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

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

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

07 Conclusiones

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

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

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

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

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

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

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



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

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

08 Referencias

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

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

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

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

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

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

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

09 Participantes y colaboradores

Enric Melé i Grau

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

Joaquima Messeguer i Peypoch

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

Montserrat Palau-del-màs

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

Gisela Peñas i Civit

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

Jordi Salvia i Fuentes

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

Joan Serra i Gironella

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