



INFORME DE LA COMISIÓN NACIONAL DE BIOSEGURIDAD (CNB) SOBRE LA POSIBILIDAD DE ADOPTAR MEDIDAS PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN TRANSFRONTERIZA DE CULTIVOS DE MAÍZ CONVENCIONALES O ECOLÓGICOS CON CULTIVOS DE MAÍZ TRANSGÉNICO

Antecedentes

El cultivo de organismos modificados genéticamente (OMG) en la Unión Europea está regulado por la Directiva 2001/18/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de marzo de 2001, sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente, y por el Reglamento (CE) nº 1829/2003, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.

El artículo 26 *bis* de la Directiva 2001/18/CE faculta a los Estados Miembros para adoptar medidas adecuadas para impedir la presencia accidental de OMG en otros productos. Dicho artículo ha sido recientemente modificado con la Directiva (UE) 2015/412, de 11 de marzo de 2015, que modifica la Directiva 2001/18/CE en lo que respecta a la posibilidad de que los Estados miembros restrinjan o prohíban el cultivo de OMG en su territorio. Con esta modificación se añade un requisito por el que, a partir del 3 de abril de 2017, los Estados Miembros en los que se cultiven OMG adoptarán medidas adecuadas en las zonas fronterizas de su territorio con el fin de evitar una posible contaminación a los Estados miembros vecinos en los que esté prohibido el cultivo de esos OMG, dichas medidas pueden ser innecesarias si se dan unas condiciones geográficas específicas. Las medidas adoptadas deben comunicarse a la Comisión Europea.

Esta nueva directiva a su vez implica la modificación del Real Decreto 178/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, que desarrolla reglamentariamente los requisitos para la realización de actividades de utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.

El 18 de abril de 2017 se publicó en BOE el *Real Decreto 364/2017, de 17 de abril, por el que se modifica el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, aprobado mediante Real Decreto 178/2004, de 30 de enero*. De conformidad con dicho Real Decreto, se solicitará un informe de evaluación de riesgo a la Comisión Nacional de Bioseguridad, con carácter previo a la adopción de medidas para evitar una posible contaminación transfronteriza. En dicho informe se deberá determinar si tales medidas son necesarias por razones geográficas.

En caso afirmativo, se recomendarán las actuaciones más apropiadas y eficaces aplicando el principio de precaución y cautela y el principio “caso por caso”. Por tanto, este informe se referirá exclusivamente a la necesidad de adoptar medidas o no para evitar la contaminación transfronteriza del cultivo de maíz convencional o de cultivo ecológico con maíz transgénico autorizado para cultivo en la UE. En la actualidad está autorizado en la UE un único evento de transformación genética que expresa



un fragmento de la proteína insecticida Cry1Ab de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que confiere al maíz MON 810 resistencia a insectos lepidópteros.

Para determinar las medidas a adoptar es preciso evaluar la posibilidad de flujo genético fundamentalmente a través polen del maíz transgénico a cualquiera de los otros tipos de cultivo del maíz (convencional, ecológico) en función de las características biológicas del mismo y teniendo en cuenta, además, otros parámetros físicos (forma y orientación de la parcela, tamaño y distancias de aislamiento entre parcelas), geográficos o climatológicos.

Informe de la CNB

Para la realización de este informe la CNB se ha basado en el conocimiento aportado por publicaciones y otros documentos científicos y técnicos internacionales sobre la biología del maíz, sobre investigaciones realizadas en relación con el flujo genético a través del polen del maíz y los relativos a la coexistencia de los cultivos transgénicos con los convencionales y ecológicos. Este último aspecto se ha desarrollado en la UE para cumplir con los requisitos obligatorios de trazabilidad y etiquetado para los OMG, sus productos derivados y productos que puedan contener trazas de transgénicos por encima del umbral establecido del 0,9%¹.

En este sentido, la CNB quiere recalcar que esta cuestión concierne únicamente a las repercusiones legales y/o económicas que se pudieran producir, por la posible contaminación en un país donde se haya prohibido el cultivo de maíz transgénico, por la mezcla accidental de cultivos MG con otros cultivos no MG. Por el contrario, no hace referencia a aspectos de seguridad ya que los riesgos para el medio ambiente o la salud han sido previamente analizados en el proceso de autorización de los OMG.

I. Biología del maíz

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

A) Descripción

La planta del maíz es una especie anual de tallo alto y recto que alcanza alrededor de 2,5 metros de altura y que posee varios entrenudos a lo largo del tallo desde donde crece cada hoja. Estas hojas lanceoladas pueden medir hasta 120 centímetros de longitud y unos 9 centímetros de ancho.

Zea mays es una especie monoica y produce una inflorescencia masculina y una femenina que se encuentran bien diferenciadas en la misma planta

¹ En la Directiva 2015/412 no se menciona ningún umbral relacionado con la contaminación transfronteriza. En este informe se ha dado por hecho que sigue siendo válido el umbral del 0,9% aplicado para coexistencia (Reglamento (CE) No. 1830/2003 relativo a la trazabilidad y etiquetado de OMG).



La inflorescencia masculina es terminal y se denomina *panícula*, *panoja* o *espiga*, está compuesta por un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico. Cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas que, a su vez, contienen en forma

espiguillas por pares. Cada espiguilla contiene dos flores pistiladas, una fértil y otra abortiva, que se disponen en hileras paralelas. Las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen. En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente (cariósipide) que está



Inflorescencia masculina

apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen. La inflorescencia femenina, *mazorca*, se localiza en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten en un raquis central u olote donde se insertan las



Inflorescencia femenina

insertado en el raquis. La cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Debido a que el maíz es una planta cultivable, no puede liberar semillas fácilmente sin la intervención humana

B) Origen, distribución y condiciones edafoclimáticas

El maíz es una planta originaria del continente americano (Méjico y América Central) aunque se desconoce exactamente su origen. Algunos expertos creen que la domesticación se logró en el Valle de Tehuacán, México. De cualquier modo, la planta se cultiva en América desde hace 7.500-12.000 años, más o menos, a partir de un pariente cercano, y fue introducida en Europa en el siglo XVII (Figura 1).



polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada.

El maíz normalmente crece mejor si hay buen drenaje, en suelos ricos en nutrientes, con un pH entre 5.5 y 7.0. El nitrógeno es un nutriente típicamente limitante para su rendimiento. Los suelos con alto contenido salino son muy pobres para la producción de maíz (OGTR, 2008).

En la actualidad se cultivan muchas variedades de maíz, y algunos países producen sus propios cultivares, desarrollando algunos tipos específicamente para comercializarlo como grano y forraje, y otros se elaboran para alimentación humana.

C) Reproducción

Para su reproducción el maíz es polinizado por el viento y el polen viable puede viajar a distintas distancias que depende de los patrones de viento, la humedad y la temperatura reinante. El polen es viable durante aproximadamente de 20 minutos a 24 horas, dependiendo de las condiciones ambientales (OGTR, 2008). Las plantas de maíz liberan polen durante un máximo de 14 días. La fase reproductiva comienza cuando una o dos yemas auxiliares, presentes en las axilas de las hojas, se desarrollan y forman la inflorescencia pistilada (flor femenina). Las flores femeninas están preparadas para ser fecundadas durante un máximo de dos semanas, momento en el cual, si no se ha producido la fecundación la fertilización ya no será posible. El maíz es una especie alógama en la alrededor del 95% de los óvulos son de polinización cruzada y aproximadamente el 5% son autofecundadas, aunque las plantas son completamente auto-compatibles. La polinización cruzada entre variedades de maíz cultivadas es posible debido a los altos niveles de polen que produce esta especie y que intervienen en el flujo de genes.

D) Compatibilidad sexual intra e interespecifica.

La polinización cruzada entre campos de maíz ha sido objeto de un gran número de proyectos de investigación recientes en Europa y en otros lugares, fundamentalmente motivados por la necesidad de desarrollar normas de coexistencia. Diversos autores han abordado la tarea de reunir, analizar y comparar datos sobre polinización cruzada derivados de todos estos proyectos, con revisiones exhaustivas de las pruebas disponibles (revisadas por Sanvido *et al.*, 2008, Devos *et al.*, 2009 y Messeán *et al.*, 2009). Los resultados de estos y otros estudios coinciden, en que los niveles de hibridación disminuyen rápidamente con la distancia de la fuente de polen y, por lo tanto, el aislamiento espacial entre campos de maíz convencionales o ecológicos y campos de maíz modificado genéticamente es una estrategia reconocida para reducir los niveles de cruzamiento (JRC-ITPS, 2010).

No obstante las proporciones de cruzamiento pueden variar dependiendo del diseño experimental del ensayo, las condiciones ambientales y el método de detección utilizado. Además, el polen de maíz es viable durante un corto período de tiempo en condiciones de campo y la probabilidad de intercambio genético depende también de factores como la sincronización de la polinización, la dirección y la intensidad del viento (Messeguer *et al.*, 2006; Messéan *et al.*, 2009) y el tamaño de las parcelas (Devos *et al.*, 2005). En general, la proporción de hibridación cae por debajo de 1% a distancias mayores de 200 m. (Jemison y Vayda, 2001; Bannert *et al.*, 2005; Goggi *et al.*, 2006; Halsey *et al.*, 2005).

En el estudio comparativo exhaustivo de datos de diferentes experimentos publicado por Sanvido *et al.* en 2008, la mayoría de los resultados corresponden a un diseño lado a lado o al donante transgénico



pequeño insertado dentro del campo receptor. El análisis estadístico de las tasas de fertilización cruzada mostró que las distancias de la fuente de polen de 10 a 25 m resultaron en tasas de fertilización cruzada medias de 0,35%. Esos valores son considerablemente inferiores a las tasas de fertilización cruzada encontradas de 0 a 10 m de la fuente de polen, con un promedio en este caso de un 5,72%. . El aumento adicional de la distancia desde la fuente de polen redujo las tasas de fertilización cruzada, pero la tasa de reducción fue menor. Por ejemplo, el aumento de la distancia de 10-25 m a 25-50 m sólo redujo los promedios de cruce de 0,35% a 0,23%, y a distancias de la fuente de polen de más de 50 m de fertilización cruzada se detectó todavía el 0,19%. En este caso, considerando la rápida disminución de las tasas de fertilización cruzada dentro de los 25 m en experimentos con campos adyacentes o concéntricos, se propuso una distancia de aislamiento de 25 m para maíz destinado a pienso y de 50 m para el maíz grano.

En un estudio realizado en España para medir el flujo genético entre maíz Bt resistente a insectos, y maíz convencional en condiciones de floración completamente sincronizadas, se determinó a través de un índice establecido que una distancia de 20 m. sería suficiente para mantener un umbral de presencia accidental de trazas de maíz MG por debajo del 0,9% en el grano total cosechado en los campos del maíz convencional (Weber *et al.*, 2005; Messeguer *et al.*, 2006).

Por otra parte, y en cuanto a la hibridación interespecífica con especies anuales silvestres del subgénero *Zea mays* subsp. *Mexicana*, para que se produzca flujo de genes por transmisión sexual normal deben existir determinadas condiciones, como que los dos progenitores deben ser compatibles sexualmente, no debe haber fenologías superpuestas y debe estar presente un factor adecuado (viento o insectos) capaz de transferir el polen entre los dos parentales. En este sentido, el maíz y el teosinte anual (*Zea mays* subsp. *Mexicana*) son genéticamente compatibles, son polinizadas por el viento e hibridan cuando existe una estrecha proximidad entre sí, por ejemplo, en las zonas de México y Guatemala (Wilkes, 1972).

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria publicó un Informe Técnico (EFSA, 2016) donde se considera que, aunque el maíz puede hibridarse espontáneamente con la mayoría de sus parientes de teosinte silvestres, a lo largo de los años éste mantuvo distintas estructuras genéticas a pesar de la introgresión esporádica (Smith *et al.*, 1985; Fukunaga *et al.*, 2005; Ross-Ibarra *et al.*, 2009; van Heerwaarden *et al.*, 2011; Warburton *et al.*, 2011; Hufford *et al.*, 2012). Así mismo, se sugiere que el flujo genético vertical es principalmente unidireccional de teosinte a maíz (Wilkes, 1977), con introgresión insignificante del maíz al teosinte (Baltazar *et al.*, 2005).

Sin embargo, Ellstrand *et al.*, 2007 establece que aunque la cruzabilidad de maíz con *Zea mays* subsp. *Mexicana* es baja por debajo del 1%, por el contrario esta cruzabilidad es superior al 50% para la hibridación con *Zea mays* subsp. *Parviglumis*.

En cuanto a la situación en Europa, y en concreto en España, hasta hace poco tiempo el maíz (*Zea mays*) no tenía parientes silvestres, por lo que la posible transferencia génica de este maíz modificado genéticamente se reducía a los cultivos de maíz tradicionales. Sin embargo, desde su primera detección en 2014, el teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana*) que se identifica en la UE como una nueva mala hierba, ya está presente en diversas zonas de la geografía española (Pardo *et al.*, 2014, 2015 y 2016a y b) produciendo una infestación muy severa en algunas parcelas y llegando a ocasionar hasta una reducción del 28% en la cosecha, ya que la competencia del teosinte con el maíz cultivado es muy importante. De momento hay muy pocos estudios de flujo para este caso, pero ya están realizándose ensayos



científicos por grupos de investigación españoles (Fuertes Lázaro *et al.*, 2015). Hay que mencionar que desde que se detectó este problema en nuestro país, las CCAA afectadas han puesto en marcha una serie de medidas de gestión para poder erradicar y contener el avance de la incidencia de esta mala hierba en las zonas de cultivo de maíz (Arvalis, 2013 y Gobierno de Aragón, 2014).

Los últimos datos publicados en el portal de la Sociedad Española de Malherbología, indican que han aumentado la superficie afectada pero disminuido el grado de infestación. En concreto en el caso de Aragón, aunque la superficie ha ido evolucionando de 397 ha en 2014, 685 ha en 2015 y 797 ha en 2016, el porcentaje de superficie con afección alta ha pasado de 94% a 9%, en los tres últimos años (SEMh, 2017)

Por último, la hibridación con las especies perennes silvestres del subgénero *Tripsacum*, es extremadamente rara. Además, la descendencia del cruzamiento muestra diferentes niveles de esterilidad y son genéticamente inestables (Russell y Hallauer, 1980). En consecuencia, no existe la posibilidad de transferencia de genes entre el maíz cultivado y especies silvestres de *Tripsacum*.

E) Capacidad de supervivencia

El maíz se cultiva en todo el mundo y no sobrevive como una mala hierba debido a los procesos de selección que se han utilizado en el pasado para el desarrollo de las distintas variedades de maíz. En cuanto a la capacidad de formar estructuras de supervivencia o de latencia, el maíz no se considera una mala hierba persistente o una planta que sea difícil de controlar (OCDE, 2003). El maíz, tal como la conocemos hoy en día, no puede sobrevivir fácilmente en la naturaleza porque la inflorescencia femenina se mantiene aislada por cubiertas que restringen la dispersión de semillas. Durante domesticación del maíz, los rasgos asociados con la posibilidad de supervivencia tales como la latencia de las semillas, el mecanismo de dispersión y la capacidad de establecer poblaciones fértiles fuera del cultivo, han sido eliminados.

Por lo tanto, la dispersión de semillas de granos individuales está limitada. Incluso si los granos individuales de maíz se diseminaran dentro de un campo o a lo largo de las rutas de transporte desde los campos a las instalaciones de almacenamiento o procesamiento, el maíz difícilmente sobrevive sin la ayuda humana y no es capaz de sobrevivir como una mala hierba (Galnat, 1988). Aunque la semilla de maíz es capaz de pasar el invierno en rotación con otros cultivos, se pueden aplicar medidas de gestión como la utilización de medidas mecánicas y químicas para controlar los rebrotes.

F) Plagas y enfermedades del maíz

El maíz es objetivo de una variedad de patógenos microbianos y plagas de insectos. Royas, tizones, tizones foliares y pudrición del tallo se encuentran entre las enfermedades más comunes de origen microbiano. Su prevalencia e importancia económica varían de país a país (Smith y White, 1988). Hongos tales como *Aspergillus sp.* y *Fusarium sp.* pueden producir micotoxinas que afectan negativamente a los seres humanos y al ganado que consumen cereales contaminados. Los daños por insectos y factores abióticos desfavorables, como la sequía, puede exacerbar las infecciones por hongos (Dowd, 2001).

Las plagas primarias de insectos en maíz en Europa pertenecen a los órdenes Lepidópteros y Coleópteros.

Los taladros o barrenadores del maíz (Figura 2), *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) y *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) son las dos plagas de lepidópteros con mayor incidencia económica sobre el cultivo de maíz en Europa (Castañera *et al.*, 2010) (Figura 2a). En las áreas infestadas, *O. nubilalis* aparece abundantemente en los campos en proporciones que pueden estar comprendidas entre el 20% en Hungría y el 60% en España, con pérdidas estimadas de rendimiento entre el 5% y el 30% si no existen medidas de control. En Francia y España, el taladro Mediterráneo del maíz, *S. nonagrioides*, causa un daño económico adicional (Meissle *et al.*, 2009). Los daños producidos por ambas especies de taladros están relacionados con el comportamiento de las larvas, que penetran en las plantas de maíz excavando galerías que reducen su vigor y favorecen la rotura de las cañas. Además, las larvas de taladros pueden pasar a la mazorca, favoreciendo la entrada de hongos fitopatógenos capaces de producir micotoxinas (Figura 2b), lo que representa un grave problema para el consumo del grano.

Otros lepidópteros de la familia Noctuidae incluyen gusanos grises (*Agrotis* spp.), y el gusano de la cápsula del algodón (*Helicoverpa armigera* Hbn.), que causan más problemas en países del centro y sur de Europa.

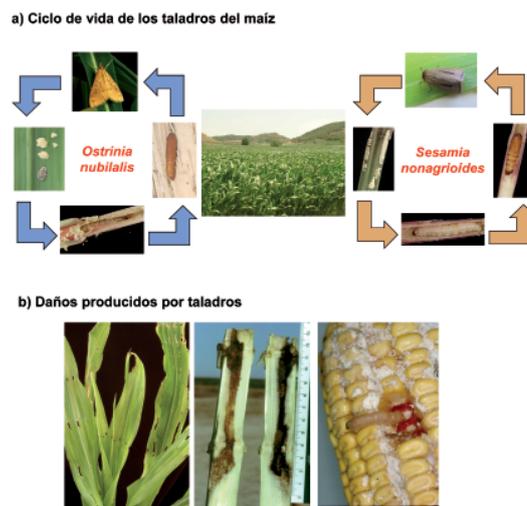


Figura 2. Fuente: Centro de Investigaciones Biológicas-CSIC (CIB-CSIC)

a) Ciclo de vida (adultos, huevos, larvas y pupas) de las dos principales especies de taladros del maíz en España; y

b) Daños producidos por taladros en hojas, cañas y mazorcas de maíz

Entre los coleópteros, los gusanos del alambre (*Agriotes* spp., Elateridae) causan daños en muchas regiones europeas. El gusano de la raíz del maíz, el crisomérido *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, es el que se considera más destructivo para la producción de maíz en los Estados Unidos, pero también causa daños económicos en Hungría y en otros países de Europa central y oriental.

Los pulgones (Aphididae), cicadélidos (Cicadellidae) y la mosca *Oscinella frit* L. causan un daño económico limitado, a pesar de estar presentes de forma generalizada y regular en toda Europa. Otras plagas de importancia regional incluyen la defoliadora del maíz, *Pseudaletia unipuncta* (Haworth, Lepidoptera: Noctuidae), dípteros como *Delia platura* (Meig.), *Geomyza* spp. y *Tipula* spp.,



coleópteros como *Oulema melanopus* L., *Glischrochilus quadrisignatus* (Say), *Tanymecus dilaticollis* Gyll. y *Melolontha melolontha* L., araña roja (*Tetranychus* spp.) y trips (Thysanoptera).

Por último, no hay efectos tóxicos conocidos de la planta de maíz para las personas, animales o ganado, que tiene un historial de uso seguro para la alimentación humana y animal. El maíz ha sido un elemento básico de la dieta humana desde hace siglos, así como sus fracciones procesadas que se consumen en una multitud de productos de alimentación humana y animal. En el documento de consenso de la OCDE (OCDE, 2003) se presenta una descripción detallada de los antinutrientes presentes en el maíz.

II. Condiciones exigidas por la Comisión Nacional de Bioseguridad (CNB) para ensayos experimentales en campo con maíz modificado genéticamente

La CNB exige que se tengan en cuenta una serie de condiciones antes, durante y después de la realización de ensayos experimentales con maíz modificado genéticamente.

En primer lugar, los sacos de semillas para el ensayo deben estar en bolsas herméticamente cerradas y correctamente identificadas.

En cuanto a las medidas para evitar el cruzamiento con otros cultivos de maíz, teniendo en cuenta que cuando se hacen ensayos experimentales los eventos de transformación genética todavía no están autorizados en la UE, la CNB considera necesario mantener una **distancia de aislamiento de 200 m**, con respecto a otros cultivos convencionales y ecológicos. Esta distancia fue consensuada en un grupo de trabajo del Proyecto Europeo para la Aplicación de las directivas europeas sobre OMG (European Enforcement Project on GMOs, EEP).

Además, para evitar hibridaciones no deseadas se recomienda, **rodear el ensayo de al menos cuatro líneas de maíz convencional** que servirán como trampa de polen.

Igualmente, y como desde hace algunos años el teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana*) está presente en diversas zonas de la geografía española produciendo una infestación como mala hierba en algunas parcelas y compitiendo con el maíz cultivado, la CNB exige actualmente que se observe si el teosinte puede encontrarse en el área del ensayo o en los alrededores y que, además, **se extremen las precauciones y se apliquen medidas de gestión, en su caso, para evitar cualquier cruzamiento con esta especie emparentada o para destruirla si aparece en el ensayo.**

Todo el material recogido del ensayo debe manejarse con cuidado. Si se toman muestras para su análisis deberán transportarse utilizando medidas de contención apropiadas para evitar su dispersión accidental y el resto del material vegetal deberá ser destruido por enterramiento o incineración.

Estas medidas de prevención y gestión están encaminadas a evitar contaminaciones cruzadas con otros cultivos de maíz y/o con teosinte.

III. Condiciones exigidas por la Comisión Nacional de Bioseguridad (CNB) para el cultivo comercial de maíz modificado genéticamente

Desde que se empezó a cultivar comercialmente maíz modificado genéticamente resistente a insectos (eventos Bt-176 y MON810) en España se exigió un Plan de Seguimiento Ambiental y, adicionalmente,



una serie de medidas para evitar la aparición de poblaciones de insectos resistentes, Entre ellas, se exigió la realización de estudios científicos adicionales para conocer la susceptibilidad basal de las plagas diana, estudios de evolución de resistencias de dichas poblaciones, así como otros estudios sobre los efectos potenciales del cultivo del maíz MG sobre otros organismos no diana.

También se tomaron medidas para evitar una presencia accidental de material MG en cultivos de maíz convencional o ecológico y, de esa manera, cumplir con las recomendaciones de coexistencia en la UE (COM, 2010) en cuanto a las medidas para implementar la coexistencia entre distintos tipos de cultivo (y evitar así que en éstos últimos se sobrepase el umbral de presencia accidental de material transgénico por encima del 0,9%) en España, hasta la fecha, no se han establecido medidas legales de coexistencia. Sin embargo, si se puede decir que se implementan en un alto porcentaje (más de un 80%) las Buenas Prácticas para el Cultivo del Maíz Bt establecidas por la Asociación Nacional de Obtentores Vegetales (ANOVE) en las que se recomienda a los agricultores plantar filas de maíz convencional rodeando las parcelas de maíz transgénico que sirvan como zonas trampa de polen cuando existan campos vecinos, a menos de 20 m del maíz transgénico, destinados a maíz convencional o ecológico², además de actuar como refugio que contribuya a mantener los biotipos sensibles en las poblaciones de insectos.

IV. Estudio de la necesidad de adoptar medidas para evitar la contaminación transfronteriza con polen de cultivos de maíz transgénico con otros cultivos convencionales o ecológicos de maíz

Como se ha mencionado anteriormente, la Directiva (UE) 2015/412 añade un requisito por el que, a partir del 3 de abril de 2017, los Estados Miembros en los que se cultiven OMG adoptarán medidas adecuadas en las zonas fronterizas de su territorio con el fin de evitar una posible contaminación a los Estados miembros vecinos en los que esté prohibido el cultivo de esos OMG, a menos que dichas medidas sean innecesarias debido a unas condiciones geográficas específicas.

En este sentido, el Consejo Interministerial de OMG (CIOMG) ha solicitado a la CNB su opinión de si en España deberían adoptarse medidas en las zonas fronterizas con Francia (que ha prohibido el cultivo del maíz MON810 en su territorio) y en su caso, con Portugal si prohibiera el cultivo de dicho maíz en un futuro.

² En España, ANOVE comunica a los compradores de semillas de maíz MON810 las condiciones a seguir con respecto a la coexistencia (<http://web.anove.es/media/Guia-maiz-Bt-2016.pdf>):

“Se define coexistencia como la capacidad de los agricultores para poder escoger entre la producción de cultivos convencionales, ecológicos, o modificados genéticamente (MG). Para contribuir a la coexistencia, desde ANOVE le proponemos las siguientes recomendaciones para el cultivo de maíz Bt:

- *Emplee semilla certificada y guarde la etiqueta.*
- *Hable con los responsables de las parcelas colindantes de maíz para conocer el destino de su producción y fecha de siembra. Si existen campos a menos de 20 m que vayan a ser destinados a maíz convencional siga las recomendaciones del gráfico inferior.*
- *Después de sembrar maíz Bt, limpie cuidadosamente la sembradora si va a ser usada para cultivos convencionales o ecológicos.*
- *Al final de la recolección de variedades Bt, coseche 2.000 m² de maíz convencional, etiquetándolo como MG.*
- *Respete la separación de partidas con granos Bt de las convencionales o ecológicas durante los procesos de transporte, secado, almacenamiento o procesado.*
- *Utilice prácticas adecuadas para el control de plantas adventicias cuando existan rotaciones entre maíz convencional y maíz Bt.”*

El maíz es uno de los principales cultivos a nivel mundial con una producción total de 820 millones de t/año en 2008 (FAO). España ocupa el puesto 27 en el ranking de países productores a nivel mundial y es el noveno en el ámbito de Europa.

En nuestro país, las principales Comunidades Autónomas productoras de maíz son Castilla y León, con más de un 25% de la producción total, y Extremadura y Aragón con entre un 15 y un 25%. Otras Comunidades Autónomas con producciones destacables son, Castilla la Mancha (10-15%), Andalucía y Cataluña (5-10%). Por último debemos mencionar a Galicia, Navarra y Madrid, con menos de un 5% de producción cada una.

Según los datos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA, 2017), en el año 2016 se cultivaron 129.081,12 ha de maíz modificado genéticamente³ (principalmente en Aragón: 46.546,35 ha, Cataluña: 41567,47 ha, Extremadura: 15.039,41ha, Andalucía: 10.918,82 ha, Navarra: 8.066,24 ha, y Castilla La Mancha: 5931,59 ha.).

En el mapa de cultivo de maíz del Censo Agrario (2009) del Instituto Nacional de Estadística (Figura 3), se observan los datos de superficie del cultivo del maíz donde se puede apreciar que en la zona transfronteriza con Francia no es un cultivo predominante.

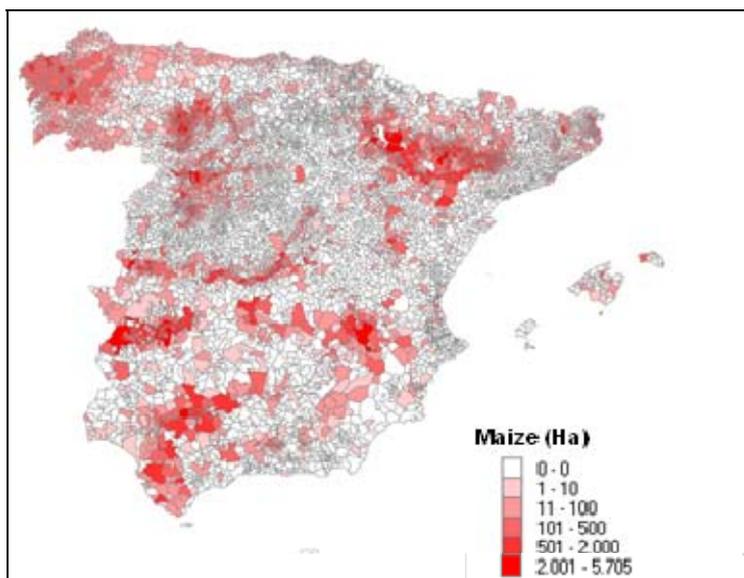


Figura 3. Fuente: Censo Agrario (2009) INE

No obstante, los cultivos de maíz Bt MON810, si los hubiera, en el País Vasco (Guipúzcoa), Navarra, Aragón (Huesca) y Cataluña (Lérida y Gerona) serían los relevantes a tener en cuenta a efectos de tomar medidas para evitar la contaminación transfronteriza con cultivos de maíz en Francia.

No ocurre lo mismo con Portugal, ya que este país de momento no ha prohibido el cultivo de este maíz MG y además aplica medidas rigurosas de coexistencia. En el caso de que lo prohibiera en su territorio

³ MAPAMA, 2017: Incluye variedades registradas en el catálogo de la UE y APC (Autorización Provisional de Comercialización) de España. La estimación de superficie está referida a una dosis media de 85.000 semillas/ha.



habría que estudiar si son necesarias medidas adicionales para evitar dicha contaminación transfronteriza.

Como ya se ha indicado, estudios realizados en condiciones de campo han demostrado que 20 m serían suficientes para evitar una contaminación accidental que esté por encima del umbral establecido del 0,9%. Parece por lo tanto razonable pensar que, en principio, las medidas de coexistencia recomendadas en estos estudios (20 m, siembras de barreras de polen, distintos periodos de siembra, etc.) podrían ser suficientes para evitar la contaminación transfronteriza por encima de dicho umbral.

No obstante, como las condiciones geográficas o climatológicas pueden influir en la posibilidad de cruzamiento (Messeguer *et al.*, 2006), para aplicar estas conclusiones preliminares en el caso de la frontera con Francia, habría que conocer en profundidad las características geográficas de los lindes que nos separan de este país, así como las condiciones meteorológicas y prácticas agrícolas dominantes para cada zona fronteriza (cultivos, precipitaciones, dirección e intensidad de los vientos, etc.). En principio, cabría esperar que, en determinadas zonas, la Cordillera Pirenaica sea una barrera importante para evitar cualquier contaminación transfronteriza. Sin embargo, pueden existir zonas fronterizas sin esta barrera natural que estén destinadas a su uso agrícola.

En este sentido, se llevaron a cabo consultas con el Instituto Geográfico Nacional (IGN) solicitando datos sobre aquellas parcelas incluidas en el área de influencia de 50 metros de la línea limítrofe con la frontera con Francia, en la necesidad de identificar aquellas áreas fronterizas de terrenos cultivables que pudieran ser foco de contaminación transfronteriza por OMG con cultivos de maíz en Francia.

En la respuesta del IGN se identificaron aquellos municipios que conforman, mediante la delimitación de su término municipal, la línea de frontera con el país vecino. Éstos se distribuyen entre las provincias de Girona, Guipúzcoa, Huesca, Lleida y Navarra. El cómputo total se sitúa en **60 municipios** repartidos de mayor a menor representatividad, entre 22 en Girona, 15 en Lleida, 11 en Huesca, 10 en Navarra, y 2 en Guipúzcoa.

PROVINCIA	MUNICIPIOS	%
Girona	22	36,7
Lleida	15	3,3
Huesca	11	18,3
Navarra	10	25,0
Guipúzcoa	2	16,7
Total	60	100

Tabla 1. (IGN: Relación del número de municipios fronterizos por provincias y representatividad).

Una vez seleccionados los municipios, se exportó una capa vectorial en formato lineal de la propia línea límite de la frontera de España⁴. Seguidamente, a partir de esta línea, se ha generado un área de influencia comprendida por 50 metros a cada lado de la frontera, útil para el posterior cruce de los datos con los recintos de Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) (ver Figura 4).

Para el cruce de los datos con SIGPAC, en primer lugar se seleccionó cada uno de los municipios por su código numérico asignado mediante una tabla alfanumérica relacionada. Una vez que se obtienen los Recintos pertenecientes a cada municipio se relacionan directamente con el área de influencia calculada para 50 m de la frontera. A partir de este momento, se han construido dos salidas independientes para los datos: los Recintos completos SIGPAC ubicados dentro del área de influencia; y otra salida para únicamente aquellos recintos cuyo Uso SIGPAC corresponda con el de Tierras Arables (TA). (Ver Figura 5).



Figura 4. IGN: Aspecto de la línea de frontera



Figura 5. IGN: Visualización de los Recintos SIGPAC de la zona fronteriza (amarillo) y los Recintos SIGPAC de Uso TA (rojo) en el entorno de

Debido a la distinta procedencia de los datos, línea de frontera y SIGPAC, es posible encontrar diferencia en la consideración del límite territorial español. En caso de discrepancias siempre prevalecerá la línea de frontera.

Para conocer si se cultiva maíz convencional o maíz MON 810 en las parcelas situadas en la zona limítrofe con la frontera francesa el Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) realizó el cruce de información entre el estudio preliminar efectuado por IGN (partiendo de la caché del SIGPAC del 2015), de recintos fronterizos con uso SIGPAC de Tierra Arable (TA), con la información de detalle de la Solicitud Única de dicha campaña, que proporcionan al FEGA las CC.AA, a través del fichero denominado “Registro Informático de las Parcelas Agrícolas de la Solicitud Única” (R10)⁵. Los resultados indican que:

⁴ Esta geometría de la frontera proviene del Sistema de Información Geográfica de Líneas Límite de España (SIGLIM) tras los trabajos realizados por el IGN, el Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET) y su homólogo francés. Esta línea ya ha sido utilizada previamente en proyectos fronterizos previamente debido a ser la de mayor precisión geométrica consensuada por ambos países.

⁵ Según lo establecido en el Anexo VII del RD 1075/2014, es obligatoria la declaración en la Solicitud Única del maíz OMG o transgénico.

Cada campaña, el FEGA publica una Circular de “CONTENIDO MÍNIMO DE LA BASE DE DATOS DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTION Y CONTROL DE LA SOLICITUD UNICA” (comúnmente conocida como CIRCULAR PAC), cuyo objeto es concretar la información mínima, que debe recogerse de las declaraciones de los



- Para el total de 264 recintos facilitados por el IGN, se aporta información en 154 de ellos, el resto de recintos no fue declarado en la campaña 2015.
- Del listado de recintos aportados, **en 2015 del producto 4 (Maíz), 9 fueron declarados como variedad 100 (maíz convencional), pero ninguno fue declarado con la variedad 101 (Maíz transgénico).**

Por último, el grupo de investigadores encabezado por el Dr. Melé ha publicado un modelo para estimar el contenido global de presencia adventicia de OMG (% OMG) de los campos convencionales, independientemente de su forma y tamaño, que puede ser muy útil para este fin. (Melé *et al.*, 2015).

IV. Conclusiones

- 1) Aunque el maíz es polinizado por el viento y el polen puede viajar a distintas distancias dependiendo de las condiciones ambientales y de cultivo, el riesgo de cruce con cultivos vecinos de maíz se reduce considerablemente a medida que aumenta la distancia.
- 2) Parece poco probable que se siembre maíz MON 810 en la zona fronteriza con Francia ya que las poblaciones más relevantes de taladro que afectan a España son *Sesamia nonagrioides* y *Ostrinia nubilalis* y la zona de alta presión de estas plagas es principalmente el Valle del Ebro, aunque no es descartable su incidencia en esas zonas.
- 3) En el área geográfica fronteriza con Francia estudiada, unas 60 parcelas de municipios fronterizos tienen el uso de Tierra Arable (TA), de estos pocos municipios cultivan maíz y ninguno ha declarado cultivar maíz transgénico en la Solicitud Única de la campaña 2015,
- 4) De los estudios científicos de flujo genético realizados se puede concluir que sería recomendable establecer una **distancia de aislamiento de 20 m de los cultivos de maíz transgénico con respecto a la frontera con Francia, incluidas las zonas refugio o barrera**, pues estas medidas serían suficientes para evitar al máximo la transferencia de genes y por lo tanto las trazas de maíz modificado genéticamente en los cultivos convencionales y ecológicos.
- 5) Es necesario disponer de un Registro de parcelas de maíz en España, con los datos de cultivo de maíz en general y de maíz modificado genéticamente en particular en esas zonas. Sobre esta base se podría llevar a cabo un correcto control de las medidas que se tomen si se cultiva maíz transgénico en las parcelas transfronterizas.

V. Respuesta a la solicitud del CIOMG

1. En relación con la necesidad de establecer medidas transfronterizas en el confin entre Francia y España, la CNB considera que sí sería necesario su establecimiento, ya que existen zonas en la frontera donde no existe una barrera geográfica suficiente.
2. Con respecto a las actuaciones más adecuadas en la zona transfronteriza, la CNB:

agricultores, así como la estructura de la base de datos y la codificación a utilizar de forma homogénea en todo el ámbito nacional. Entre otros, establece una codificación de los distintos cultivos y variedades que se declaran en el marco de la Solicitud Única. En el caso de la Circular PAC de 2015, el maíz se identifica con el código de producto 4, detallándose la variedad 100 (Maíz Convencional) y 101 (Maíz transgénico).



- propone establecer una distancia de aislamiento de 20 m de los cultivos de maíz transgénico con respecto a la frontera con Francia, incluidas las zonas refugio o barrera, pues estas medidas serían suficientes para evitar al máximo el cruce genético y por lo tanto las trazas de maíz modificado genéticamente en los cultivos convencionales y ecológicos. Con estas medidas se conseguiría mantener el umbral establecido en las recomendaciones de coexistencia de la Comisión Europea por debajo del 0,9%.
- considera que para llevar a cabo un correcto control de las medidas que se tomen cuando se cultive maíz transgénico en las parcelas transfronterizas afectadas, es preciso disponer de un Registro de parcelas de maíz en España en esas zonas, con los datos de cultivo de maíz en general y de maíz modificado genéticamente en particular.

Referencias y Bibliografía

Arvalis (2013). Téosite: une adventice qui demande une vigilance toute particulière. 13/14 Service Communication Marketing Arvalis (Institut du Vegetal).

Baltazar BM, Sanchez-Gonzalez JD, de la Cruz-Larios L and Schoper JB. (2005). Pollination between maize and teosinte: an important determinant of gene flow in Mexico. *Theoretical and Applied Genetics*, 110, 519–526.

Bannert M and Stamp P. (2005) Cross-fertilization in maize: results of a Swiss study. Conference on Coexistence of GM and Non-GM Crops: Scientific Data, Practical Applications and Perspective for the Next Decade. Zurich, Switzerland: Agroscope FAL Reckenholz.

http://www.coexistence.ethz.ch/PDF/Summary_Coexistence_Zurich_June_2005.pdf

Castañera P, Ortego F, Hernández-Crespo P, Farinó, GP, Albajes R, Eizaguirre M, López C, Lumbierres B. y Pons X (2010). El maíz Bt en España: experiencia tras 12 años de cultivo. *PHYTOMA España*, N° 219.

Censo Agrario (2009) Instituto Nacional de Estadística.

<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft01%2Fp042/E01&file=inebase&L=0>

COM (2010). Recomendación de la Comisión de 13 de julio de 2010, sobre directrices para el desarrollo de medidas nacionales de coexistencia destinadas a evitar la presencia accidental de OMG en cultivos convencionales y ecológicos (2010/C 200/01). (DO C 200 de 22.7.2010, p.1).

De La Poza M, Farinós GP, Beroiz B, Ortego F, Hernández-Crespo P and Castañera P (2008). Genetic structure of *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) populations in the Mediterranean area. *Environmental Entomology* 37: 1354-1360.

Devos Y, Reheul D and De Schrijver A. (2005). The co-existence between transgenic and non-transgenic maize in the European Union: a focus on pollen flow and cross-fertilization. *Environmental Biosafety Research* 4: 71-87.

Devos Y, Demont M, Dillen K, Reheul D, Kaiser M and Sanvido O. (2009). Coexistence of genetically modified (GM) and non-GM crops in the European Union. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29:11-30.

Dicke FF and Guthrie W.D. (1988). The most important corn insects. *Corn and Corn Improvement*, pp. 767-867. ASA and CSSA, Madison, WI.



Directiva (UE) 2015/412, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2015, por la que se modifica la Directiva 2001/18/CE en lo que respecta a la posibilidad de que los Estados miembros restrinjan o prohíban el cultivo de organismos modificados genéticamente (OMG) en su territorio.

Directiva 66/402/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1966, relativa a la comercialización de las semillas de cereales.

European Food Safety Authority (EFSA, 2016), Technical Report; Relevance of new scientific evidence on the occurrence of teosinte in maize fields in Spain and France for previous environmental risk assessment conclusions and risk management recommendations on the cultivation of maize events MON810, Bt11, 1507 and GA21. EFSA supporting publication 2016:EN-1094. 13 pp.

Ellstrand NC, Garner LC, Hegde S, Guadagnuolo R, Blancas L (2007). Spontaneous hybridization between maize and teosinte. *Journal of Heredity* 98 (2), 183-187.

Fuertes Lázaro, S. J., Pardo Sanclemente, G., Cirujeda Ranzenberger, A. y Taberner Palou, A. (2015). TEOSINTE (*Zea mays* spp.), una nueva mala hierba del maíz: situación actual y medidas de erradicación. *PHYTOMA España* • No 266 Febrero 2015.

Fukunaga K, Hill J, Vigouroux Y, Matsuoka Y, Sanchez JG, Liu K, Buckler ES and Doebley J. (2005). Genetic diversity and population structure of teosinte. *Genetics*, 169, 2241–2254.

Gobierno de Aragón, Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente (2014). Informaciones Fitosanitarias. Centro de Sanidad y Certificación Vegetal. Teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana*). Septiembre 2014. www.aragon.es

Goggi A, Caragea P, Lopez-Sanchez H, Westgate M, Arritt R and Clark C. (2005). Statistical analysis of outcrossing between adjacent maize grain production fields. *Field Crop Research* 99: 147-157.

Halsey M E, Remund K M, Davis C A, Qualls M, Eppard P J and Berberiche S A. (2005). Isolation of maize from pollen-mediated gene flow by time and distance. *Crop Science* 45: 2172-2185.

Hufford MB, Martínez-Meyer E, Gaut BS, Eguiarte LE and Tenaillon MI. (2012). Inferences from the historical distribution of wild and domesticated maize provide ecological and evolutionary insight. *PLoS ONE*, 7(11), e47659

Jemison John M and Vayda Michael E. (2001). Cross-pollination from genetically engineering corn: wind transport and seed source. *AgBioForum* 4: 87-92.

JRC-ITPS (2010). Scientific and Technical Reports: Best Practice Documents for coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming. JRC-European Coexistence Bureau (ECoB).

MAPAMA (2017). Estimación superficie cultivada de maíz MON 810 por provincias. <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg/-consejo-interministerial-de-ogms/superficie.aspx>

Melé E, Nadal A, Messeguer J, Melé-Messeguer M, Palaudermàs M, Peñas G, Piferrer X, Capellades G, Serra J and Pla M. (2015). Modeling gene flow distribution within conventional fields and development of a simplified sampling method to quantify adventitious GM contents in maize. *Scientific reports*. www.nature.com/scientificreports.



Meissle M, Mouron P, Musa T, Bigler F, Pons X, Vasileiadis VP, Otto S, Antichi D, Kiss J, Pálincás Z, Dorner Z, van der Weide R, Groten J, Czembor E, Adamczyk J, Thibord J-B, Melander B, Cordsen Nielsen G, Poulsen RT, Zimmermann O, Verschwele A and Oldenburg E. (2010). Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. *J. Appl. Entomol. Journal of Applied Entomology* 134: 357–375.

Messéan A, Squire G, Perry J, Angevin F, Gomez M, Townend P, Sausse Ch, Breckling B Langrell S, Dzeroski S and Sweet J. (2009). Sustainable introduction of GM crops into European agriculture: a summary report of FP6 SIGMEA research project. *OCL* 16 N° 1: 37-44.

Messeguer J. (2003). Gene flow assessment in transgenic plants. *Journal Plan Cell, Tissue and Organ Culture*, 73: 201-212, 2003.

Messeguer J, Peñas G, Ballester J, Bas M, Serra J, Salvia J, Palauelmàs M, Melé E. (2006). Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. *Plant Biotechnology Journal* 4: 633-645.

OECD (2002). Consensus Document on Compositional Consideration for New Varieties for Maize (*Zea mays*). Key food and feed nutrients, anti-nutrients and secondary plant metabolites. ENV/JM/MONO (2002)25. Environment Directorate, OECD.

OECD (2003). Consensus Document on the Biology of *Zea mays* Subsp. *mays* (Maize) ENV/JM/MONO (2003)11. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, No. 27.
<https://www.oecd.org/env/ehs/biotrack/46815758.pdf>

OGTR (2008). The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn).
<http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biology-documents-1>

Pardo G, Cirujeda A, Betrán E, Fernández-Cavada S, Fuertes S, Rodríguez E, Perdiguier A, Aibar J and Zaragoza C. (2014). El Teosinte (*Zea mays*, spp.). Informaciones Técnicas Gobierno de Aragón (Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario, Centro de Sanidad y Certificación Vegetal).

Pardo G, Fuertes S, Fernández-Cavada S, Betrán E, Cirujeda A, Marí AI, Aibar J, Zaragoza C, Perdiguier A, Llenes JM, Montull JM and Taberner A. (2015). Presencia de teosinte (*Zea* spp.) como mala hierba en los regadíos del valle del Ebro. In XV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología: La Malherbología y la transferencia tecnológica, Junta de Andalucía ed. pp. 417–423.

Pardo G, Cirujeda A, Marí AI, Aibar J, Fuertes S and Taberner A. (2016a). El teosinte: descripción, situación actual en el valle del Ebro y resultados de los primeros ensayos. *Vida Rural*, 408, 42–48.

Pardo, G., Cirujeda A. y Martínez, Y. (2016b). Evaluación del impacto económico de una especie invasora en el regadío de Aragón: el teosinte. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, n.º 245, 2016 (67-96).

Ross-Ibarra J, Tenailon M and Gaut BS. (2009). Historical divergence and gene flow in the genus *Zea*. *Genetics*, 181, 1399–1413.

Russell WA and Hallauer AR. (1980). Corn, pp. 299-312. Hybridization of corn plants. ASA and CSSA, Madison, WI.

Sanvido O, Widmer F, Winzeler M, Streit B, Szerencsits E and Bigler F. (2008). Definition and feasibility of isolation distances for transgenic maize cultivation. *Transgenic Research*. 17: 317-335.



Smith JSC, Goodman MM and Struber CW. (1985). Relationships between maize and teosinte of Mexico and Guatemala: numerical data analysis of allozyme data. *Economic Botany*, 39, 12–24.

Sociedad Española de Malherbología (2017). Jornadas Técnicas: <http://semh.net/jornadas-tecnicas/#Huesca-2017>

Van Heerwaarden J, Doebley J, Briggs WH, Glaubitz JC, Goodman MM, de Jesus Sanchez Gonzalez J and Ross-Ibarra J. (2011). Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 1088–1092.

Warburton ML, Wilkes G, Taba S, Charcosset A, Mir C, Duman F, Madur D, Dreisigacker S, Bedoya C, Prasanna BM, Xie CX, Hearne S and Franco J- (2011). Gene flow among different teosinte taxa and into the domesticated maize gene pool. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58, 1243–1261.

Weber W, Bringezu T, Broer I, Holz F and Eder J. (2005). Koexistenz von gentechnisch verändertem und konventionellem Mais. *Mais 1/2*: 1–6.

Wilkes H.G. (1972). Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. *Economic Botany* 31: 254-293.

Wilkes HG. (1977). Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. *Economic Botany*, 31, 254–293.