

# ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE INSUMOS EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN

Manuel Arriaza Balmón y José González Arenas

## IFAPA - Junta de Andalucía Centro de Investigación y Formación Agraria “Alameda del Obispo”

Apartado de Correos 3092

14071 CORDOBA

E-mail: manuel.arriaza.ext@juntadeandalucia.es

### RESUMEN

A la hora de buscar la máxima rentabilidad en el cultivo del algodón, el productor tiene básicamente dos estrategias para optimizar su producción: (a) Una es el estrechamiento de líneas de siembra de algodón (Ultra Narrow Row, UNR) para conseguir una mayor densidad de líneas de cultivo (reduce la distancia a una cuarta parte con el establecimiento de tres líneas adicionales). Como resultado el manejo varía considerablemente desde la siembra a la recolección pasando por el control de malas hierbas, plagas, etc. Sin embargo esta estrategia no está muy extendida y presenta algunos inconvenientes como son la necesidad de emplear un tipo de cosechadora diferente a la habitual y que el algodón obtenido contiene un mayor grado de impurezas. (b) Por ello las estrategias adoptadas por los productores pasan por la reducción de los insumos. Esta reducción de insumos se consigue mediante el empleo de semillas modificadas genéticamente o transgénicas, el cultivo de algodón de manera ecológica o el cultivo de algodón bajo las condiciones de “producción integrada”. En el presente trabajo nos centramos en este último grupo de estrategias.

### ESTRATEGIA 1: BIOTECNOLOGÍA

#### Transgénicos en la agricultura

En las últimas décadas la biología molecular ha realizado avances considerables en la comprensión del material genético de los seres vivos (estructura y funcionamiento). Ahora la ingeniería genética es capaz de cortar trozos de ADN (ácido desoxirribonucleico) para aislar un gen, copiarlo y reintroducirlo en el ADN de otro ser vivo. El ADN así obtenido se llama ADN recombinante y el nuevo ser es un Organismo Modificado Genéticamente (OMG) con un gen añadido o transgen, razón por la que también se conocería a ese ser como Transgénico.

Los genes transgénicos a OMG se pueden clasificar en dos categorías:

1. Genes funcionales que dan una propiedad determinada al OMG (por ejemplo una planta puede fabricar su propio pesticida).
2. Genes marcadores que son útiles en el momento de realizar la modificación genética en el laboratorio: indican si la transferencia ha funcionado y permiten seleccionar las células que han integrado la modificación. Una de las técnicas para esto es emplear genes que confieren una resistencia a determinados antibióticos: se introduce, además del gen funcional deseado, un gen de resistencia a un antibiótico al ADN de un cultivo de células; el cultivo recibe un tratamiento con el antibiótico en cuestión; las células que sobreviven son las que han integrado con éxito las modificaciones genéticas; se crecerán las plantas transgénicas a partir de estas células.

Los cultivos transgénicos se obtienen a partir de semillas que han sido modificadas genéticamente en un laboratorio. Actualmente las principales plantas transgénicas cultivadas son la soja, el maíz y en menor medida el algodón, la colza y el tabaco.

En la actualidad, las propiedades insertadas a las variedades modificadas genéticamente son de carácter agronómico (es decir que sirven en el momento del cultivo) y, frente a los alimentos convencionales, los alimentos transgénicos no presentan beneficios adicionales para el consumidor. Estas propiedades son principalmente:

- la tolerancia a un herbicida: se puede echar una dosis elevada de herbicida al campo sin que la planta transgénica se vea afectada; todas las otras plantas se mueren. La planta es tolerante a un herbicida concreto.
- la resistencia a insectos: las plantas transgénicas en las cuales se ha introducido el gen Bt (un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis*) producen una toxina que sirve de insecticida. Por ejemplo el algodón Bt elimina las larvas de orugas que destruyen los botones y las flores o atacan a las cápsulas de las plantas de algodón. (El caso del algodón Bt será abordado ampliamente más adelante).
- algunas variedades contienen las dos propiedades añadidas.

La proyección de la superficie de cultivos transgénicos en el mundo o como ahora se les denomina cultivos biotecnológicos, ha sido espectacular: así se ha pasado de menos de 200.000 hectáreas en 1995 a unos 9 millones en 2005, equivalente a una tasa de crecimiento anual de 11%. Durante 2005 aproximadamente 8'5 millones de agricultores en 21 países sembraron cultivos transgénicos en 2005 – 1'25 millones más que los que sembraron transgénicos en 18 países en 2003. Cabe destacar que el 90% de estos agricultores fueron de países en desarrollo.

Para finales de esta década el Servicio Internacional para las Adquisiciones de las Aplicaciones Agro-biotecnológicas (en siglas ISAAA) predice que más de 15 millones de agricultores cultivarán transgénicos en 150 millones de hectáreas, repartidas en más de 30 países.

La Unión Europea dispone de una normativa compleja en materia de OMG, a la que España también está sometida. Regula y otorga las autorizaciones de:

- comercialización de los OMG y el uso que se puede hacer de cada uno dentro de la Unión Europea (cultivo, importación, etc.);
- utilización de los OMG en los alimentos.

Hasta la fecha, la Unión Europea ha aprobado la comercialización de 17 OMG, de los cuales 11 son plantas de cultivo. Dentro de estas se encuentran:

- tres variedades de maíz autorizadas para su cultivo en suelo europeo,
- una variedad de soja, una de colza y una de maíz autorizadas para su importación. Todas ellas se pueden utilizar para la fabricación de piensos, por lo que se introducen en la cadena alimentaria humana. Algunas están autorizadas para entrar directamente en la composición de nuestros alimentos, en particular un maíz y una soja.

Además están aprobados varios productos obtenidos a partir de maíz y colza modificados genéticamente pero que después del procesamiento no contienen el ADN recombinante (ejemplo: aceite de colza; almidón, harina o gluten de maíz).

Por lo que respecta a al algodón, cabe señalar que en la actualidad en Europa, no está permitido el cultivo del algodón biotecnológico, pero existen cinco solicitudes de comercialización presentadas en la Unión Europea.

#### Algodón modificado genéticamente

El denominado “Algodón Modificado Genéticamente” en realidad no se trata de un único tipo de algodón. El primer algodón transgénico en ser desarrollado fue el conocido como Algodón Bt o por su nombre comercial Bollgard y es un algodón resistente a los lepidópteros que constituyen una plaga. Sin embargo desde 1995, en que el algodón Bollgard es autorizado en Estados Unidos, hasta nuestros días se han desarrollado ocho tipos más de algodones modificados genéticamente, que presentan resistencia a insectos o son tolerante con determinados insecticidas como por ejemplo el bromoxynil o el glifosato. Estos nuevos algodones se conocen como algodones de segunda generación e incluso ya se comienza a hablar de algodones de tercera generación que son algodones que se están modificando genéticamente para incorporar una mayor tolerancia a la sequía u obtener unas fibras con la misma resistencia y flexibilidad que las telas de las arañas.

No obstante, la mayor parte de las modificaciones genéticas se están haciendo lo son en la línea de mejorar la resistencia a plagas, ya que el cultivo de algodón absorbe un 24 % del mercado mundial de insecticidas.

#### Algodón Bt

Las iniciales “Bt” que acompañan en su denominación a esta variedad de algodón transgénico proceden de las primeras letras del nombre científico de la bacteria del suelo “*Bacillus thuringiensis*”, la cual se emplea como insecticida desde hace más de 50 años y de la que ahora, mediante la ingeniería genética, se ha incorporado al código genético del algodón, parte de sus genes.

El *Bacillus thuringiensis* fue descubierto en Japón en 1902 por Ishiwa. Pocos años después fue aislado en Thuringe (Alemania), siendo comercializado el primer formulado a base de *Bacillus thuringiensis* en Francia, en 1938. Desde entonces hasta nuestros días se ha convertido en el biopreparado más utilizado en la práctica y representa más del 90% del mercado de insecticidas biológicos.

El empleo de *Bacillus thuringiensis* es de nula toxicidad para animales superiores y resulta totalmente inocuo para otros insectos, entre ellos los artrópodos útiles. Es también inocuo para insectos y ácaros beneficiosos, pájaros, peces y mamíferos, incluyendo humanos según la Organización Mundial de la Salud. Su incorporación ahora al genoma del algodón constituye una fuente de expectativas en esta nueva manera de aplicación.

Bollgard, el nombre comercial registrado por Monsanto, ya da indicios de los rasgos principales de este algodón. Así, Bollgard sería una combinación de Boll (cápsula) y una reducción de la palabra Guard, que en inglés significa guardia, protección, etc. Así pues Bollgard se podría traducir por “protección de la cápsula”. Principalmente su acción se demuestra muy eficaz contra la oruga de las cápsulas (*Helioverpa armigera*) el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) y la oruga espinosa (*Earias insulana*), consideradas plagas de gran importancia para el cultivo del algodón en España.

Los beneficios directos del algodón Bollgard son el menor uso de insecticidas para la protección del cultivo, un control de las orugas de las cápsulas más eficaz y en consecuencia una mejora del rendimiento, una reducción en los costes de producción y en los riesgos del cultivo, teniendo todo ello como resultado una mejora de la rentabilidad para los productores de algodón. Se ha estimado que el cultivo de algodón Bollgard en los Estados Unidos desde 1996, ha permitido una reducción de 1'2 millones de kilogramos de ingredientes activos de insecticidas y 15 millones de aplicaciones de insecticidas.

En España, como en el resto de la Unión Europea todavía no se ha autorizado la comercialización de las semillas de algodón Bollgard. Sin embargo, tras haberse levantado recientemente la moratoria que la Unión Europea había aplicado a los cultivos con organismos genéticamente modificados. No obstante, desde finales de la década de los 90 se han venido desarrollando una serie de ensayos, generalmente en Andalucía, que ha demostrado que las variedades de algodón Bollgard son una excelente herramienta en el manejo integrado de plagas en el algodón, reduciendo el consumo de recursos para proteger la cosecha de las orugas de las cápsulas en una cantidad que oscila de los 10'7 a los 15'8 litros por hectárea de insecticida ahorrados, manteniendo o incrementando las producciones finales.

Todo ello hace que la superficie cultivada en el mundo con semillas de algodón genéticamente modificado vaya en aumento año tras año. Así, desde 1996, 13 millones de hectáreas de algodón Bt han sido sembradas satisfactoriamente en 9 países, 7 en vías de desarrollo y 2 industrializados; estos incluyen a: Estados Unidos, México, Argentina y Colombia (de manera pre-comercial) en América, China, India, Indonesia y Australia en Asia, y Sudáfrica en el Continente Africano.

#### Otros algodones modificados genéticamente

Pero no es un caso único la existencia del algodón Bt-Bollgard. Desde finales del pasado siglo XX hasta nuestros días se han desarrollado una serie de “eventos”, es decir de modificaciones genéticas o construcciones genéticas transferidas por ingeniería genética, que han generado ocho nuevos algodones biotecnológicos. Esos nuevos algodones son:

EVENTO	COMPañIA	NOMBRE COMERCIAL	DESCRIPCION
15985	Monsanto	BOLLGARD II	Algodón resistente a insectos derivado por la transformación de la variedad parental DPS08, la cual contiene el evento 531 (comercializado con el nombre Bollgard I), con AND de plásmido purificado que contiene el gen cry2Ab procedente de <i>Bacillus thuringiensis</i> subespecie kurstaki.
1951a	DuPont Canadá Agricultural Products		Algodón tolerante al herbicida sulfonilurea por introducción de una forma variante de la enzima acetolactato sintasa (ALS).
281-24-236	DOW AgroSciences LLC		Algodón resistente a insectos, producido por inserción del gen cry1F procedente de <i>Bacillus thuringiensis</i> variedad aizawai. El gen codificador de la enzima fosfotricina acetiltransferasa (PAT) procedente de <i>Streptomyces viridochromogenes</i> y fue introducido como un marcador selectivo.
3006-210-23	DOW AgroSciences LLC		Algodón resistente a los insectos producido por inserción del gen cry1Ac procedente de <i>Bacillus thuringiensis</i> subespecie kurstaki.
31807/31808	Calgene Inc	BXN Plus Bt	Algodón tolerante al herbicida bromoxynil y resistente a los insectos, producido por la introducción del gen cry1Ac procedente de <i>Bacillus thuringiensis</i> y del gen codificador de la enzima nitrilasa procedente de la bacteria <i>Klebsiella pneumoniae</i> .
31807/31808	Calgene Inc	BXN	Algodón tolerante al herbicida bromoxynil producido por la introducción del gen codificador de la enzima nitrilasa procedente de la bacteria <i>Klebsiella pneumoniae</i> .
LLCotton25	Bayer CropScience	LIBERTYLINK	Algodón tolerante al herbicida glifosinato de amonio por introducción del gen codificador de la enzima fosfotricina acetiltransferasa (PAT) procedente de la bacteria del suelo <i>Streptomyces hygroscopicus</i> .
MON1445/1698	Monsanto	ROUNDUP READY	Algodón tolerante al herbicida glifosato producido por introducción de una forma de tolerancia natural al glifosato de la enzima 5-enolpiruvil sikimato-3-fofato sintetasa (EPSPS) procedente de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> cepa CP4.

### ESTRATEGIA 2: ALGODÓN ECOLÓGICO

Por producción ecológica u orgánica del algodón se conoce el cultivo de la planta del algodón usando métodos y materiales que no tienen impacto en el medio ambiente. La producción ecológica mejora la fertilidad del suelo, reduce el uso de fertilizantes y pesticidas tóxicos y persistentes y construye una biodiversidad agrícola. Sin embargo esta modalidad de producción se ve prácticamente imposibilitada en territorios, como el andaluz, en el que las condiciones climáticas y la proliferación de plagas obliga unas veces a utilizar el sistema del acolchado plástico y siempre a realizar un elevado número de tratamientos con productos fitosanitarios.

No obstante, algunas investigaciones indican que en latitudes en las que los cultivos cercanos no favorezcan la invasión de plagas al algodón y en las que se realicen algunos tratamientos de lucha biológica, es posible obtener una producción de algodón ecológico con niveles de calidad prácticamente similares al producido de forma convencional, salvo en el color de la fibra que desciende ligeramente, aunque no lo suficiente como para devaluar el precio final.

### ESTRATEGIA 3: ALGODÓN DE PRODUCCIÓN INTEGRADA

El tercer sistema de producción de algodón, alternativo a la forma convencional, lo constituye la producción integrada. Esta utiliza los mecanismos de regulación naturales, teniendo en cuenta la protección del medio ambiente, la economía de las explotaciones y las exigencias sociales

Las prácticas agronómicas obligatorias para poder caracterizar una producción algodonera como producción integrada son entre otras (ver Orden APA/684/2006):

- Realizar análisis de suelo, al menos cada 4 años.
- Las enmiendas orgánicas y minerales sí proceden.
- Mantener el nivel de materia orgánica en el suelo.
- La fertilización mineral se efectuará teniendo en cuenta: extracciones del cultivo, estado nutricional de la planta, nivel de fertilidad del suelo y aportaciones efectuadas por otras vías (agua, materia orgánica, etc.).
- Análisis foliares anualmente para conocer la respuesta al Plan de Abonado, y corregir posibles carencias. La muestra de hojas ha de ser representativa, por lo que se tomará cruzando la parcela en diagonal, con plantas representativas en cuanto a aspecto visual. Se tomarán 40 hojas nuevas totalmente desarrolladas (15-20 días) de la periferia y con peciolo.
- Cumplir la normativa vigente relativa a la protección de aguas contra la contaminación por nitratos de uso agrario.

En la Orden APA/428/2006 se desarrollan las ayudas acopladas del algodón, entre las que se incluye una ayuda medioambiental de aproximadamente 350 euros/ha por la producción de algodón siguiendo el sistema de producción integrada, el cual incluye una reducción del 35% del abonado nitrogenado, de un 20% del fósforo y del potasio y de un 10% de los fitosanitarios, asimismo, obliga al abandono del uso de acolchado en la siembra.