

# IMPACTOS DE LA INGENIERIA GENETICA EN LA BIODIVERSIDAD DEL ECUADOR. EL CASO DEL ALGODON Bt.<sup>11</sup>

*Elizabeth Bravo*  
ACCION ECOLOGICA

La ingeniería genética es una tecnología totalmente nueva, y diferente a todas las técnicas de mejoramiento genético que se han desarrollado hasta el momento. Crea nuevas combinaciones genéticas, que nunca han existido en millones de años de evolución de la vida.

En los organismos transgénicos, productos de la Ingeniería Genética, se utilizan genes de organismos altamente invasivos como son virus y bacterias patógenos, y otros parásitos genéticos. (Ho, 1998)

Entre sus riesgos se incluye varios impactos en el medio ambiente y en la diversidad biológica. Para ilustrarlo, se va a tomar el ejemplo del algodón transgénico Bt, que se ha pretendido introducir en el Ecuador.

## EL CULTIVO DE ALGODON EN EL ECUADOR

El algodón en el Ecuador es cultivado en forma comercial en la Provincia de Manabí y la cuenca del Río Quevedo.

Su principal uso es como fibra, sin embargo es también utilizado como oleaginosa y forrajera.

Su importancia ha decrecido mucho en los últimos años, en términos de hectáreas sembradas y de producción.

El cultivo de algodón, debido a la forma como se lleva a cabo, presenta varios problemas de plagas, las mismas que son controladas con plaguicidas, lo que ha causado serios problemas de salud en los trabajadores aldoneros.

Como respuesta a los problemas de plagas en el algodón, la empresa transnacional Delta & Pine Land ha propuesto introducir al país variedades de algodón que poseen resistencia a larvas de lepidópteros, por medio de alterar su identidad genética. Estas variedades se llaman, algodón Bt, su nombre comercial es Bullgard.

---

<sup>11</sup> Ponencia presentada en el II Congreso Ecuatoriano de Botánica  
25 de octubre de 2000

La empresa Delta & Pine Land controla el mercado de algodón en Estado Unidos, y es una de las mayores empresas algodoneras a nivel mundial.

Posee además el mayor banco de semillas de algodón del mundo. Este banco lo ha construido en base a las semillas tradicionales y silvestres que ha recogido en los países que son centro de origen del algodón: América Latina y el Asia.

Con la introducción de estas nuevas variedades, no están en realidad resolviendo el problema de fondo, pues la aparición de plagas en un cultivo son el resultado de una mala práctica agrícola: monocultivos intensivos sin rotación ni descansos.

Al contrario, la introducción de estas nuevas variedades significarán una serie de problemas para el agricultor, la salud humana, el medio ambiente y la biodiversidad del país.

## EL CONTROL DE INSECTOS CON GENES BT

Con el fin de enfrentar el problemas de plagas, las empresas transnacionales que producen semillas y agroquímicos, han creado un nuevo tipo de cultivos, en los que han introducido genes de bacterias que producen toxinas en contra de plagas de insectos.

Con la introducción de estos genes, las hojas, tallos y toda la planta son tóxicas para los insectos. Existen plantas de este tipo para varios cultivos como el algodón, el maíz, la papa, y muchas otras.

Bt es una forma corta para llamar a la bacteria del suelo *Bacillus thuringensis*, que tiene propiedades para acabar con larvas de lepidópteros.

Desde hace años se ha usado esta bacteria como un método de control biológico de algunas plagas agrícolas de cultivos tales como el maíz, el algodón, el arroz y el tomate. Desde hace unas dos generaciones, se ha usado esta bacteria también en agricultura orgánica.

La llamada "toxina Bt" es activa sólo en el tracto digestivo de algunos insectos. Sin embargo, se ha encontrado que algunos insectos que se alimentan de larvas de otros que han ingerido la toxina Bt, también pueden ser afectados.

La bacteria puede ser aplicada fácilmente como polvo o en solución de agua. El ciclo de vida de la bacteria es corto y muy sensible a la radiación UV. Luego de su aplicación, si no es consumida en pocos días, su actividad se pierde. Además sus propiedades letales se pierden luego de una lluvia o un fuerte viento. (Tappeser,2000)

## POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES

- al igual que con los insecticidas, otros insectos, que no son plagas, pueden ser eliminados. Estos pueden ser insectos benéficos que comen plagas, o pueden ser abejas, insectos polinizadores o dispersores de semillas. Se ha encontrado que la mortalidad de las larvas de algunos insectos benéficos se ha incrementado cuando han sido alimentadas con plantas que poseen los genes de la toxina Bt. Estos insectos se caracteriza por alimentarse de áfidos, y otros insectos de cuerpo blando, y por lo mismo juega un papel muy importante en el equilibrio ecológico de las poblaciones de insectos. Gledhill y McGrath (1997) alimentaron mariquitas (que son agentes de control biológico) con áfidos plagas de papa transgénica. Estas vivieron la mitad del tiempo que las mariquitas usadas como control, y tuvieron un 30% menos de huevos viables.
- otros insectos, importantes en el equilibrio ecológico de ecosistemas naturales también pueden ser eliminados por las toxinas Bt introducidas en los cultivos. Esto puede producir un efecto "cascada", es decir, si algunas poblaciones de insectos disminuyen, también disminuirán las poblaciones de aves que se alimentan de esos insectos. Se afectarán las plantas que son polinizadas por esos insectos, las aves que se alimentan de esos insectos, etc.
- Las plagas a las que se quiere controlar, pueden desarrollar resistencia a la toxina Bt, por lo que los campesinos van a tener que volver a los insecticidas convencionales. Esto se analizará más adelante.
- Puede haber impactos en los micro-organismos del suelo. Se ha comprobado que transgenes pueden sobrevivir en el suelo hasta 2 años después que se ha cultivado plantas transgénicas e ingresar en el genoma de las bacterias del suelo. (Gebhard, F. and Smalla, K.1999). Las bacterias pueden ser transportadas por el viento, el agua de la lluvia y escorrentía, adherirse a las llantas de un tractor o en desechos agrícolas, y hasta a través de nemátodos, insectos y lombrices de tierra . Tappeser(2000).

- Hay peligro de que campesinos que han decidido no sembrar semillas de este tipo de algodón, pueden sufrir problemas de contaminación genética, es decir que, mediante el proceso de polinización cruzada, o por mezcla de semillas y se instalen en sus fincas plantas de algodón transgénico. Para evitar una contaminación genética, se tendría que destruir todos los cultivos, semillas y sus residuos. Esto significará pérdidas económicas para el campesino.

En estudios hecho por Bergelson *et al* (1988) de polinización cruzada con *Arabidopsis thaliana*, usando:

- 1/4 de *A. thaliana* mutante
- 1/4 de *A. thaliana* silvestre
- 1/2 de *A. thaliana* transgénica, de las cuales 1/4 eran resistentes a herbicidas y 1/4 con resistencia a antibióticos.

Se encontró que *A. thaliana* transgénica fue 20 veces más propensa a cruzarse con *A. thaliana* silvestre que la variedad mutante. Estos resultados sugieren que la ingeniería genética puede aumentar sustancialmente la probabilidad del escape de transgenes, y producir contaminación genética.

#### IMPACTOS EN LA BIODIVERSIDAD: LOS PARIENTES SILVESTRES Y VARIETADES NO CULTIVADAS DE ALGODÓN

Otro peligro de la introducción de algodón transgénico, o algodón Bt al Ecuador, es que se produzca contaminación genética de los parientes silvestres del algodón.

Los parientes silvestres son las especies no cultivadas, que se dan naturalmente, y que están relacionadas muy cercanamente con un cultivo, con el que pueden reproducirse. Algunos parientes silvestres son los antepasados directos de los cultivos.

Los parientes silvestres generalmente están presentes en los lugares donde se ha originado un cultivo.

Uno de los centros de origen del algodón es la región andina, incluyendo al Ecuador. Aquí crecen de manera silvestre, dos especies de algodón: sus nombres científicos son *Gossypium barbadense* originado y domesticado en América del Sur, y *Gossypium hirsutum*, originario de Centroamérica, introducido al Ecuador, donde es usado en los cultivo de algodón.

*Gossypium barbadense* tiene una distribución muy amplia en el Ecuador. Está presente en las provincias de costañas de Esmeraldas, Manabí, El Oro y Guayas, donde tiene su distribución más amplia.

En la Provincia de Manabí, que es donde se pretende introducir los cultivos transgénicos de algodón, se ha registrado al menos en las siguientes localidades: Bahía de Caráquez, Isla de la Plata, Manta, al sur oeste de Sucre y norte de Jipijapa. Además, puede estar presente en otras regiones de la provincia, aunque no existan registros.

En la Sierra se encuentra en las estribaciones andinas de las provincias de Pichincha, Imbabura, y en toda la región Amazónica.

Aunque la producción comercial del algodón se hace en base a semillas mejoradas; para su cultivo tradicional se utilizan las múltiples variedades que existen en el país de estas dos especies.

El algodón sudamericano es un cultivo tradicional, sobre todo en la región amazónica, donde forma parte de sistemas productivos muy complejos, con una diversificación genética muy grande. Su principal uso es como fibra, pero sirve además como alimento para el ganado, y como oleaginosa. Además las hojas son utilizadas para facilitar la labor del parto.

En otras partes del mundo, por ejemplo en Tailandia, se conoce por lo menos 16 especies relacionadas con el algodón con propiedades medicinales y es ampliamente utilizado por los curanderos de ese país, es decir que están presentes sólo aquí.

A más de estas variedades silvestres de algodón, en el Ecuador existen varios parientes silvestres, de los cuales algunos son endémicos del país.

Debido a la presencia de variedades y parientes silvestres del algodón, la introducción de algodón Bt en el Ecuador es altamente riesgosa, pues no se puede descartar la posibilidad de una contaminación genética a partir de los cultivos transgénicos a estas variedades y parientes silvestres.

En otros países se ha prohibido la introducción de cultivos transgénicos cuando en éste existen parientes silvestres o variedades tradicionales del cultivo.

En los Estados Unidos, por ejemplo, se prohíbe sembrar algodón Bt

al sur de Tampa, porque en el Parque Nacional de las Everglades y en Florida Keys hay poblaciones de algodón silvestre (*Gossypium hirsutum*). En Hawai se prohíbe la comercialización de algodón Bt pues allí hay un pariente silvestre del algodón *Gossypium tomentosum*.

## IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL

La introducción de algodón Bt puede tener además impactos en la salud humana. El 60% de la producción mundial de semillas de algodón se utiliza en la elaboración de aceite, y sus residuos son usados como pienso.

Aunque las variedades de algodón Bt no se utilicen con estos fines, puede producirse una polinización cruzada con otros cultivos que si están dedicadas a este uso, y producirse una contaminación genética.

En este caso, ¿qué riesgos pueden generarse?

En la construcción de un organismos transgénico se utilizan una serie de insertos que cumplen diversas funciones en el llamado "cassete de expresión". Entre estos elementos se incluyen genes de resistencia a antibióticos, los mismos que sirven como marcadores genéticos.

Las bacterias han desarrollado diferentes mecanismos de resistencia para sobrevivir la presencia de antibióticos. El problema de usar estos genes de resistencia, es que a través de la llamada "transferencia horizontal de genes", fragmentos de ADN transgénico pueden introducirse en el genoma de bacterias. (Ho, 2000)

Se ha demostrado que transgenes de entre 500 y 1500 nucleótidos sobreviven bajo diversas condiciones de procesamiento. Por ejemplo, se ha encontrado cadenas de ADN de hasta 1300 base en miel de abeja derivada de colza transgénica, y que segmentos de ADN transgénico pueden sobrevivir en el sistema digestivo de ratas (Barnett, A. 2000). Entre estos fragmentos se podría incluir genes marcadores de resistencia a antibióticos.

En un informe del Ministerio de Alimentación, Agricultura y Pesca del Reino Unido (ACNFP, 1999), se encontró que los genes marcadores utilizados son genes con resistencia a los antibióticos estreptocina espectinomicina. La estreptomicina es usada como medicina complementaria en el tratamiento de la tuberculosis, pero

la espectinomycin constituye la última esperanza para la cura de la gonorrea, luego que la bacteria responsable *Neisseria gonorrhoeae* ha desarrollado resistencia a múltiples antibióticos. El gen de resistencia a antibióticos presentes en el algodón Bt pueden ponerse en contacto con nuestra flora bacteriana de la boca, vagina y los tractos digestivo y respiratorio.

## IMPACTOS EN EL AGRICULTOR

El primer productor de algodón Bt es Estados Unidos. La mayoría de estudios sobre este algodón se han hecho en Carolina del Norte y Carolina del Sur, que es la zona donde existe una alta concentración de cultivos de algodón.

La producción comercial de algodón Bt empezó en 1996. Ese año, la mitad de las hectáreas plantadas fue algodón Bt.

En ese año se predecía que los agricultores se enfrentarían a dos escenarios: el mejor escenario requiere que los agricultores continúen usando insecticidas como control suplementario; el peor, que se desarrolle un Bullgard resistente, por lo que se requeriría usar nuevos insecticidas y más frecuentes.

En un estudio por Bachelor (2000) en Carolina del Norte, se establece una comparación entre los daños causados en la cápsula del algodón convencional comparado con el algodón Bullgard. Se encontró que, en algunos casos, el algodón Bullgard controla mejor ciertas plagas como el gusano de la cápsula. En otros casos, ciertas plagas fueron controladas mejor con el uso de insecticidas. Aunque hubo una disminución en el daño de la cápsula, de todos modos hubo un daño importante, ya que el algodón Bt tiene muy poca resistencia a varias plagas de insectos, especialmente no lepidópteros.

Sobre el problema de la resistencia de los insectos al algodón Bullgard; un estudio hecho por Tabashnik (1997) en Carolina del Norte, demostró que, para la plaga del algodón *Heliothis virescens* (Bullworm), uno de cada 350 insectos habían desarrollado resistencia a la toxina Bt, que es una frecuencia más alta que las estimaciones teóricas.

Gaould *et al*, (2000) cruzaron 2000 machos de *H. virescens* con hembras resistentes a la toxina Bt en el laboratorio. Se obtuvo un F2 de 1.5 resistentes por cada 103 individuos. Esta frecuencia tan alta constituye una alerta al uso del algodón Bt.

El rápido desarrollo de resistencia se debe a que esta es una plan insecticida. Cuando se cultiva algodón convencional, se hace fumigaciones ocasionales, y cuanto más se fumiga, hay mayor posibilidad que se genere resistencia. En el caso de estos algodones, son plantas que tienen la toxina durante 24 horas, todo el tiempo, en concentraciones sumamente altas, lo que ha hecho que la resistencia a insectos sea muy rápida.

Es por eso que, en este momento, Monsanto está hablando de una segunda generación de Bullgard; es decir, un Bullgard II con nuevas toxinas para combatir las plagas.

Esto significa que, en primer lugar, los agricultores tienen que deshacerse de todas sus plantaciones anteriores; en segundo lugar, deben seguir comprando semillas patentadas.

Para resolver estos problemas, el USDA recomienda a los agricultores crear refugios del 4 por ciento para sembrar algodón no transgénico, para que los insectos se apareen en esta zona y haya menos probabilidades de que se desarrolle los genes de resistencia antibióticos.

Dick Hardee del Servicio de Investigaciones Agrícolas del USDA cree que estos refugios son insuficientes y recomienda que dentro del campo de algodón se deje el 10 por ciento de refugios y el 30 por ciento afuera a distancias de un kilómetro.

Monsanto se resiste a este modelo, porque prepara el Bullgard 2, para el 2000-2002.

La teoría de los refugios se basa en dos ideas:

1. Que la resistencia al gen Bt es recesiva, lo que significa que en la primera generación muere toda la población de plagas, ya que es heterocigota susceptible.

Sin embargo, se ha encontrado que una plaga del maíz, el factor de resistencia Bt es un factor dominante, entonces la genética de resistencia a las toxinas Bt no siempre es igual para cada plaga. (Huang, 1999)

2. Que hay cruzamiento al azar entre individuos tolerantes y susceptibles. A este respecto, Yung (1999) encontró que cuando se alimentaba larvas resistentes y susceptibles al gen que codifica la toxina Bt, las larvas resistentes emergían entre 5 a 7 días después,

que las larvas susceptibles. Es decir, no existe una sincronización en el desarrollo larvario, y el cruzamiento ocurre tres días después que las larvas emergen. Cuando emergen las larvas que son resistentes, no van a poder cruzarse, por lo que no sirven para nada los refugios y el peligro de que exista resistencia es mucho más grande de lo que se pensaba.

Con estos antecedentes vale la pena poner en riesgo nuestra biodiversidad, para aportar por una tecnología que despierta más interrogantes que soluciones a los problemas en el agro.

## REFERENCIAS

ACNFP, (1999). Advice on occurrence of AAD gene in Monsanto insect-protected and Round-up ready cotton seed. Advisory Committee on novel foods and processes.

Barnett, A. 2000. Key DNA fragments can enter the human food chain, by Commons committee. The Observer, Sunday October 15.

Bergelson J, et al (1988) Nature 395.

Editors, Progressive Farmer. Changes In Bt Cotton Refuges? Wednesday, July 12, 2000.

Gebhard, F. and Smalla, K. (1999). Monitoring field releases of genetically modified sugar beets for persistence of transgenic plant DNA and horizontal gene transfer. FEMS Microbiology Ecology 28, 261-272.

Gaould *et al*, (2000)

Gledhill, M. y McGrath, P. 1997. The New Scientist.

Ho, M-W. (1998). Genetic Engineering. Dream or nightmare. TWN. Malasia.

Ho, M-W. (2000). Horizontal Gene Transfer Happens. A Practical Exercise in How Scientific Evidence Must be Interpreted and Used in Accordance with the Precautionary Principle and Sound Science. Isis Bulletin.

Tappeser, B. (2000). Biopesticides. Genetic Engineering Newsletter - Special Issue No. 5

Woodfin, M. 1996. "Bt Cotton Creating Resistance to Bt?" Southern Sustainable Farming #12