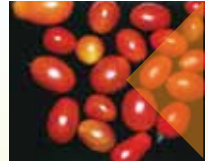




# Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados

## Tomate (*Solanum lycopersicum*)





CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS -CONAP-

DOCUMENTO ELABORADO POR EL CONSEJO  
NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS

CULTIVOS NATIVOS DE GUATEMALA Y BIOSEGURIDAD  
DEL USO DE ORGANISMOS VIVOS MODIFICADOS

El presente documento es producto del proyecto "Desarrollo de Mecanismos para Fortalecer la implementación del Protocolo de Cartagena en Guatemala" Proyecto UNEP-GEF GFL 2328-2716 4B43, ejecutado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-, a través de la Oficina Técnica de biodiversidad -OTECBIO-, y financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA-UNEP).

Publicación patrocinada gracias al apoyo de GEF-UNEP

Documento elaborado por el proyecto: Desarrollo de Mecanismos para Fortalecer la implementación del Protocolo de Cartagena en Guatemala", OTECBIO

Dr. César Azurdia  
Licda. Mariana del Cid  
Licda. Mónica Barillas  
Lic. Msc. José Luis Echeverría

**Autor**

Dr. César Azurdia

**Coordinador**

Dr. César Azurdia

**Elaboración de mapas:**

Ing. Kenset Rosales

**Edición**

Licda. Azucena Caremina Barrios Orozco

**Diseño y diagramación**

Licda. Ana Lucía Barrios Girón  
Licda. Paula González de Aguilar

Se sugiere citar el documento de la siguiente manera:

Azurdia, C. 2014. Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados. Tomate (*Solanum lycopersicum*). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Documento Técnico No. 12-2014. 29 p.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-

5a. Av. 6-06 zona 1, Edificio IPM, 5to, 6to, y 7mo. nivel

PBX (502) 24226700

FAX (502) 22534141

[www.conap.gob.gt](http://www.conap.gob.gt)


[www.chmguatemala.gob.gt/página especializada en Diversidad Biológica](http://www.chmguatemala.gob.gt/página_especializada_en_Diversidad_Biológica)

[www.bchguatemala.gob.gt/página especializada en Biotecnología Moderna](http://www.bchguatemala.gob.gt/página_especializada_en_Biotecnología_Moderna)



Oficina Técnica de Biodiversidad/otecbio@conap.gob.gt

Esta publicación se realiza de acuerdo al normativo de propiedad intelectual de CONAP, aprobado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas con fecha 28 de agosto del 2013.



# CULTIVOS NATIVOS DE GUATEMALA Y BIOSEGURIDAD DEL USO DE ORGANISMOS VIVOS MODIFICADOS

La colección de módulos de “Cultivos nativos de Guatemala y bioseguridad del uso de organismos vivos modificados” es producto del proyecto “Desarrollo de Mecanismos para Fortalecer la Implementación del Protocolo de Cartagena en Guatemala” GFL 2328-2716 4B43 implementado por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas a través de la Oficina Técnica de Biodiversidad –OTECBIO–, financiado por el Fondo Mundial de Medio Ambiente –GEF–, por sus siglas en inglés y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA-UNEP.

## PROYECTO UNEP-GEF GFL 2328-2716 4B43





## Presentación

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP– es el ente gubernamental responsable de la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en todo el territorio nacional de Guatemala, responsabilidad otorgada en la Ley de Áreas Protegidas y su Reglamento, asimismo el Decreto 5-95 a través del cual el país se adhiere como Estado parte del Convenio de Diversidad Biológica -CDB-. De la misma manera, el Protocolo de Cartagena Sobre la Seguridad de la Biotecnología –PC– es parte del CDB y fue ratificado por Guatemala por medio del Decreto 44-203, siendo su objetivo “Contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana”.

El artículo 15 del PC mandata el desarrollo de análisis de riesgo previo a la introducción de organismos vivos modificados, haciendo énfasis en que el mismo debe de desarrollarse con base científica. Guatemala es uno de los ocho centros de origen y diversidad de plantas cultivadas, dentro de las cuales se encuentran especies de importancia alimenticia mundial como el maíz, frijoles, yuca, camote, entre otros. Se reconoce que dentro de los cultivos nativos de Guatemala así como de sus parientes silvestres se presenta alta diversidad genética, la cual ha servido de base para el mejoramiento de dichos cultivos.

Debido al desarrollo de variedades genéticamente modificadas de los cultivos con mayor impacto en la agricultura mundial, varios de los cuales tienen su centro de origen y diversidad en Guatemala, es necesario contar con línea base para apoyar el análisis de riesgo previo a la introducción de dichas variedades al territorio nacional. El programa “Desarrollo de Mecanismos para Fortalecer la Implementación del Protocolo de Cartagena en Guatemala” conducido por el CONAP, dentro de sus productos ha desarrollado los módulos de “Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados”, como una herramienta de apoyo a los tomadores de decisiones para dar respuesta a aquellas solicitudes de uso de organismos vivos modificados que se planteen en el futuro inmediato.

La información contenida en los módulos indicados representa el esfuerzo conjunto de investigadores nacionales e internacionales que constituye la línea base actual sobre la cual se deberá fundamentar el análisis de riesgo basado en ciencia, tal como el PC lo mandata.

*Inj. Manuel Enrique Lucas López*  
Secretario Ejecutivo



5.Ave. 8-06 Zona 1 Edificio IPM, PBX. (502) 2422-6700 [www.conap.gub.gt](http://www.conap.gub.gt)

[www.guatemala.gob.gt](http://www.guatemala.gob.gt)



▶ <b>Presentación General</b>	<b>10</b>
▶ <b>Introducción</b>	<b>12</b>
▶ <b>Origen del tomate</b>	<b>13</b>
▶ <b>Especies silvestres</b>	<b>15</b>
▶ <b>Tomate cultivado</b>	<b>18</b>
▶ <b>Relaciones filogenéticas</b>	<b>19</b>
▶ <b>Biología</b>	<b>20</b>
▶ <b>Polinización</b>	<b>20</b>
▶ <b>Flujo genético</b>	<b>22</b>
▶ <b>Desarrollo de la tecnología GM</b>	<b>24</b>
▶ <b>Uso de variedades GM</b>	<b>26</b>
▶ <b>Conclusiones y reflexiones</b>	<b>27</b>
▶ <b>Bibliografía</b>	<b>28</b>






# PRESENTACIÓN GENERAL

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), es el ente gubernamental responsable de la conservación y uso sostenible de la Diversidad Biológica en todo el territorio nacional de Guatemala, descrito en la Ley de Áreas Protegidas y su Reglamento (Decreto 4-89). Así mismo, el Decreto legislativo 5-95 que refiere a la adhesión de Guatemala como Estado-parte ante la Convención de Diversidad Biológica (CDB), siendo el CONAP el punto focal responsable de darle seguimiento. De igual manera, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (PC) del CDB ha sido firmado y ratificado por Guatemala, del cual, también el CONAP es el Punto Focal Nacional.

El objetivo del PC es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo en cuenta los riesgos para la salud humana.

Como parte de la implementación del Protocolo y con el apoyo de entidades internacionales como Global Environment Fund (GEF) y United Nations Environment Programme (UNEP) a través del proyecto: “Desarrollo de Mecanismos para Fortalecer la Implementación del Protocolo de Cartagena en Guatemala GFL-2328-2716-4B43, se presentan los módulos de “Cultivos nativos de Guatemala y bioseguridad del uso de organismos vivos modificados”, diseñado para tomadores de decisión, en instituciones involucradas directamente en la seguridad de la biotecnología como: el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, entre otros. Así como también a estudiantes y profesionales con interés en esta disciplina.





Siendo Guatemala parte de uno de los ocho centros de origen y diversidad de plantas cultivadas, se espera que en su territorio se encuentre alta diversidad genética en aquellos cultivos nativos así como en sus parientes silvestres más cercanos. Esta riqueza es única y debe conservarse y utilizarse sosteniblemente para beneficio de la sociedad guatemalteca y del mundo. En los momentos actuales cuando el desarrollo de la biotecnología moderna ha conducido a la creación de organismos vivos modificados, como una nueva alternativa tecnológica con el propósito de incrementar la disponibilidad de alimento a través de la agricultura; así como para otros fines que vienen a mejorar el nivel de vida del ser humano, es necesario considerar los posibles efectos negativos que el uso de dichos cultivos pudieran tener sobre la agrobiodiversidad. Para llegar a establecer dicha posibilidad es necesario desarrollar análisis de riesgo ambiental, el cual deberá estar basado en evidencia científica. De esta manera, la línea base mínima requerida comprende aspectos tales como presencia y distribución de especies silvestres emparentadas, diversidad de las especies cultivadas nativas, aspectos biológicos como floración, polinización, flujo genético, hibridación, capacidad invasiva, entre otros. Además, se debe incluir el desarrollo actual de la biotecnología que genera cultivos genéticamente modificados y el uso actual de los mismos en las regiones aledañas a Guatemala.

Los presentes módulos contienen información básica de nueve cultivos de origen mesoamericano y uno asiático, pero con parientes silvestres en Guatemala, tratando de cubrir los temas fundamentales que apoyan el análisis de riesgo ambiental descritos con anterioridad. Se espera que sea de utilidad para aquellos funcionarios que tienen que realizar análisis de riesgo ambiental, previo a la toma de decisiones relativa al uso seguro de aquellos cultivos nativos de Guatemala modificados genéticamente a través del uso de la biotecnología moderna.

# INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es uno de los cultivos de origen neotropical más populares en la alimentación humana en todo el mundo. En Guatemala es un producto importante en la alimentación humana por lo que es ampliamente cultivado. Se ha reportado que para el año 2004 se contaba con 5,390 fincas cubriendo un área de 4,872 manzanas y con una producción de 1,858,121 quintales ([www.ine.gob.gt/np/agropecuario/tomo%20III.pdf](http://www.ine.gob.gt/np/agropecuario/tomo%20III.pdf)). La producción se destina principalmente para consumo interno y los datos de importación son relativamente bajos. Para el año 2001 se reporta un rendimiento promedio de 26 ton métricas/ha. Se cultivan principalmente variedades mejoradas, pero existen materiales propios de los agricultores que en general presentan amplia diversidad genética.

Guatemala como parte de Mesoamérica es reconocido como el posible centro de origen del tomate cultivado, precisamente pudo haber evolucionado a partir de su pariente silvestre más cercano (*Solanum lycopersicum var. ceraciforme*), ampliamente distribuido en el territorio nacional. Por esta razón, la introducción de variedades de tomate genéticamente modificados tiene que tomar en cuenta la riqueza tanto en los materiales silvestres y los cultivados en el país.

En el presente módulo se describen aspectos relativos al origen del tomate, distribución de la especie silvestre mencionada, aspectos de la biología del tomate como relaciones filogenéticas, polinización y flujo genético; estado actual del avance de la tecnología en la creación de tomate genéticamente modificado. El objetivo es tener a la mano información básica para respaldar el análisis de riesgo ambiental fundamentado en ciencia, previo a las autorizaciones del uso de tomate genéticamente modificado.

# ORIGEN DEL TOMATE

A la fecha no se tiene acuerdo sobre el origen del tomate. Una propuesta señala que el tomate tiene su centro de origen y diversidad en Perú, originándose a partir de su posible ancestro silvestre *Solanum pimpinellifolium*; esta teoría está soportada por evidencia botánica y aspectos lingüísticos e históricos, y recientemente moleculares. Sin embargo, no existe evidencia de tipo arqueológico. La segunda hipótesis se refiere a que la domesticación se realizó en Mesoamérica, precisamente en el área comprendida entre Veracruz y Puebla, en México; soportada principalmente por la evidencia que el tomate era un cultivo importante antes de la llegada de los españoles y no en Sur América. Además el nombre tomate viene del Náhuatl “Tomatl” que significa plantas con frutos globosos y jugosos. Además, se ha considerado que el tomate con dos lóculos aún presente en el sur de México y en Guatemala son los tipos cultivados más antiguos. Muchos autores consideran que *Solanum lycopersicum* var. *ceraciforme* es el ancestro de las formas cultivadas de tomate. Este se encuentra en Mesoamérica y en Perú, lo cual no sucede para *S. pimpinellifolium*, el cual no está presente en Mesoamérica.

Se debieron dar cambios durante el proceso de domesticación, tales como hábito de crecimiento, sistema de cruzamiento, gigantismos e incremento en la diversidad de la morfología del fruto. Así, los estigmas exertos presentes en materiales silvestres cambió a estigmas insertos, propios de los materiales cultivados; lo cual trajo consigo cambios de alogamia (en silvestres) a autogamia en cultivados.

Las relaciones filogenéticas entre *S. lycopersicum* var. *ceraciforme* y *L. pimpinellifolium* son muy cercanas, por lo cual también se plantea que *S. lycopersicum* var. *ceraciforme* se originó a partir de *L. pimpinellifolium*; paso seguido, el tomate se originó de *L. lycopersicum* var. *ceraciforme*. Los estudios basados en ADN y en caracteres morfológicos más recientes muestran que *S. lycopersicum* var. *ceraciforme* presenta una posición intermedia entre el tomate cultivado y el silvestre de origen suramericano, *S. pimpinellifolium* (Bauchet y Causse, 2012.)

## *Distribución de especies silvestres*

Créditos: Bauchet y Causse (2012)



Fig. 1. Geographic distribution of wild species in *Solanum* section *lycopersicon*.

# ESPECIES SILVESTRES

Se reconoce la existencia de 12 especies silvestres, estando presentes en Suramérica, solamente una de ellas de mayor distribución, precisamente *Solanum lycopersicum* var. *ceraciforme* ampliamente distribuida en Mesoamérica y considerada como el posible ancestro del tomate cultivado.



**Tomatillo**

Créditos: César Azurdia

## *Solanum lycopersicum* *var. ceraciforme*

Se trata de la forma silvestre del tomate domesticado. En Guatemala crece preferentemente en áreas perturbadas y aparece frecuentemente como arvense en los cultivos de maíz, frijol y café. Además, se encuentra en la orilla de caminos, en áreas abandonadas y algunas veces está cultivado en huertos familiares. Es más frecuente en localidades con clima cálido y seco. Su distribución se extiende desde el nivel del mar hasta los 2,100 msnm (Azurdia *et al.*, 2011).

Esta variedad silvestre ha jugado un papel importante en el mejoramiento del tomate cultivado, ya que se reporta como resistente a enfermedades, tales como las producidas por *Alternaria solani*, *Colletotrichum phomoides* y *Verticillium albo-atrum* (Esquinas, 1981), al igual que a excesos de humedad y enfermedades de la raíz (Rick, 1978). En Guatemala el tomate silvestre es utilizado en la alimentación humana. Azurdia *et al.* (1995) condujeron una caracterización morfológica, agronómica y nutricional de tomates silvestres para conocer principalmente sus características nutricionales, así como sus posibilidades de industrialización. Se reportan dos grupos bien diferenciados, uno constituido por materiales genéticos del altiplano occidental y otro por materiales del oriente y norte del país.



**Tomatillo**

Créditos: César Azurdia



**Tomatillo**

Créditos: Helmer Ayala



# TOMATE CULTIVADO

En Guatemala se cultiva principalmente variedades mejoradas introducidas, mientras que las variedades locales propias de los agricultores han sido poco estudiadas. Se reporta un estudio hecho sobre tomates guatemaltecos en el área de Suchitepéquez y Retalhuleu (Otzoy y Rodas, 2001). Se recolectaron 29 materiales, correspondientes a 19 muestras de tipo mandarina, cuatro de tipo bataneco, tres de tipo criollo, dos de tipo cuyoteco, y uno tipo huevo de iguana, el cual resultó ser el más diferente al realizarse la caracterización morfológica. Otro estudio regional en búsqueda de materiales nativos resistentes a Begonovirus reporta que en Guatemala se colectaron 16 materiales nativos (Proyecto FONTAGRO FTG/RF-0721-RG). Con estos materiales se hizo una caracterización morfológica y molecular.



***Tomate criollo***

Créditos: César Azurdia



***Tomate criollo***

Créditos: César Azurdia



# RELACIONES FILOGENÉTICAS

## Entre tomate cultivado y sus parientes silvestres más cercanos



Tomatillo  
Crédito: César Azurdia



© Mikhail Makeev  
TopTropicals.com

Crédito:  
ycopersicon\_pimpinellifolium\_SweetPeaCurrant7MIKMaK

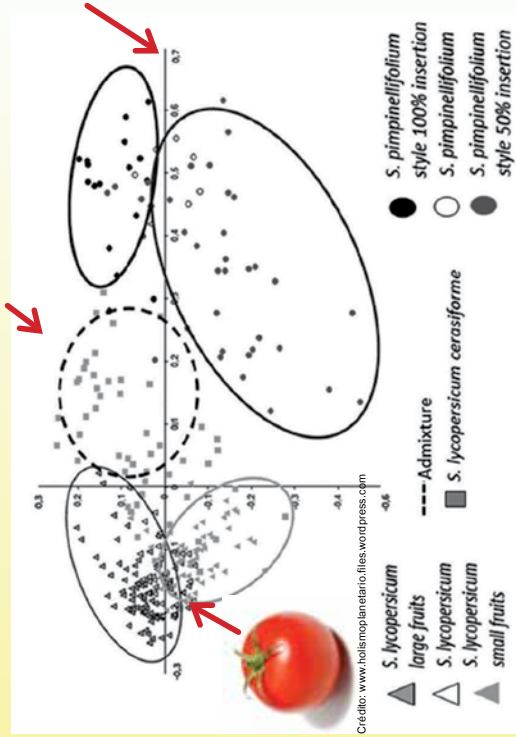
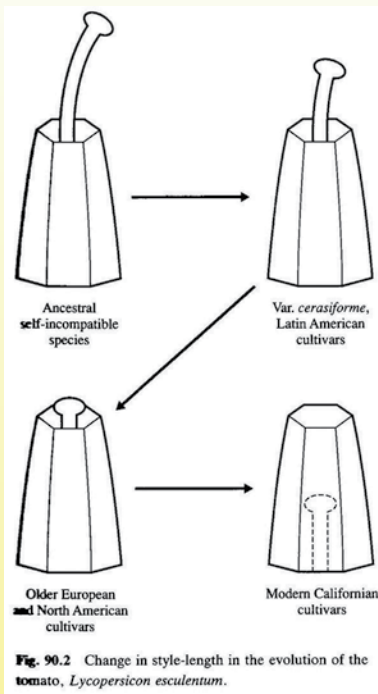


Fig. 2. Principal Coordinate Analysis of 318 accessions tomato core collection.

## Polinización Evolución de la posición del estigma

Entre los cambios que se dieron a partir del ancestro del tomate se encuentra la longitud del estilo. El estilo en los ancestros silvestres que no son compatibles con ellos mismos (self-incompatible) tenían un estilo que sobresalía la corola (exerto); a partir de este se originó el actual *var. cerasiforme* con estilo más corto (pero aún exerto) y parcialmente autocompatible. Luego, se originó el tomate cultivado en el cual las primeras variedades tenían el estilo más o menos a la altura de la corola, llegando finalmente a los cultivares californianos modernos con el estilo totalmente dentro de los pétalos (inserto) y de carácter autocompatible. Este proceso implica cambios en el tipo de polinización, de cruzada obligatoria a autopolinización (Rick, 1995).



### ***Evolución del estilo***

Fuente Rick (1995)

# POLINIZACIÓN POR INSECTOS

El tomate silvestre (*S. l. var. ceraciforme*) es autocompatible, autógeno pero alógamo facultativo y se puede cruzar con el tomate cultivado; a su vez, el tomate cultivado es autocompatible y autógeno (Bauchet y Causse, 2012). Sin embargo, en este género la liberación del polen es a través de dehiscencia poricida, lo cual requiere la agitación de las flores por efectos del viento o por la presencia de polinizadores que vibran sus músculos que participan en el vuelo. Se ha observado que abejas nativas como *Epicharis*, *Exomalopsis*, *Eulaema*, *Centris* y *Bombus* son buenos polinizadores ya que hacen que las flores liberen más polen por efectos del proceso de vibración descrito (de Melo *et al.* 2013).



***Centris tarsata***

Crédito: [www.myrtus.uspnet.usp.b](http://www.myrtus.uspnet.usp.b)



***Exomalopsis similis***

Crédito: [www.upload.wikimedia.org](http://www.upload.wikimedia.org)



***Eulaema nigrita***

Crédito: [farm9.static.flickr.com](http://farm9.static.flickr.com)



***Epicharis flava***

Crédito: [www.discoverlife.org](http://www.discoverlife.org)



***Bombus morris***

Crédito: [www.bugguide.net/images](http://www.bugguide.net/images)

# FLUJO GENÉTICO

El tomate silvestre presente en Guatemala puede cruzarse con las variedades cultivadas, sin embargo, las variedades cultivadas son principalmente autógamas, por lo tanto, el flujo genético en dirección de silvestre a cultivado es mínimo.

Algunos reportes muestran que las posibilidades de cruzamiento en tomate son bajas, por ejemplo, mediante el uso de una variedad de tomate con un gene mutante que produce antocianinas, se demostró que solamente el 0.7% de las semillas formadas fueron el resultado de cruzamiento (Reeves, 1973). Así mismo, el flujo de tomate resistente al virus del mosaico del pepino y tomate no transgénico fue evaluado en dos localidades de Italia. No se detectó flujo genético del material transgénico al no transgénico (Ilardi y Barba, 2001).

Para evaluar la probabilidad de flujo genético de las plantas de tomate GM a plantas sexualmente compatibles y además, evaluar si la actividad de los abejorros que participan en la polinización es afectada por tomate GM, se realizaron tres experimentos bajo condiciones de invernadero, utilizando un tomate-Bt expresando la proteína insecticida Cry3Bb1 como sistema modelo (Arpaia *et al.*, 2012). Se concluyó que: a) la probabilidad de introgresión de transgenes entre la línea de tomate GM utilizada en este estudio y sus parientes silvestres *S. hirsutum* y *S. nigrum* es insignificante; b) la actividad de los abejorros puede mediar la fertilización cruzada entre tomate GM y tomate convencional; c) el tomate Cry3Bb1 no afecta negativamente el comportamiento de alimentación de los abejorros.

No hay que olvidar que el tomate silvestre es alógamo compatible, lo cual crea la posibilidad de que se pueda cruzar con materiales genéticos cultivados, es decir, se puede dar flujo genético en la dirección variedades cultivadas a materiales silvestres.



***Bombus morris***

Crédito: [www.bugguide.net/images](http://www.bugguide.net/images)

## DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA GM

El tomate ha sido un modelo para estudios biológicos, principalmente en fisiología y genética. En este sentido, no es de extrañar que la era de los cultivos genéticamente modificados se inició principalmente con tomates GM. La técnica de transferencia de genes vía *Agrobacterium* fue desarrollada a finales de 1980, la cual es utilizada en la inserción de genes del genoma nuclear del tomate; así mismo, en la actualidad se puede hacer inserción de genes a los cloroplastos y los cromoplastos utilizando la técnica conocida como biobalística.

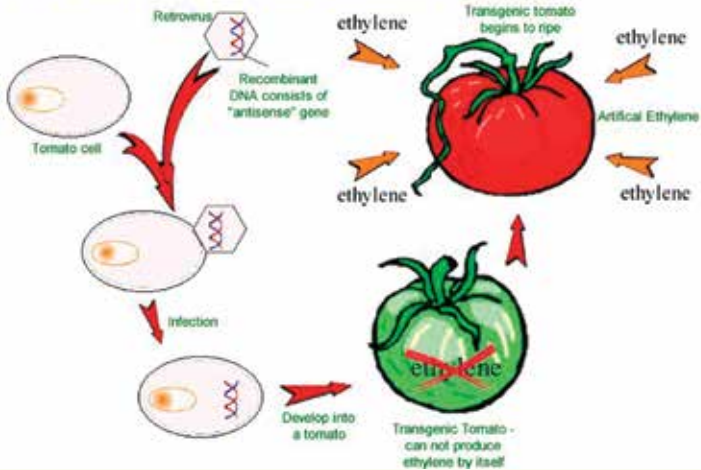
El primer tomate genéticamente modificado se conoció con el nombre de “Flavor Savr” creado por Calgene en 1992 y aprobado por la FDA en mayo de 1994, y apareció a la venta comercial el mismo año. Este tomate GM se generó a través de la inserción de una copia adicional del gene del tomate que produce la polygalacturonasa, solamente que en sentido inverso (antisense). La polygalacturonasa es una enzima que degrada la pectina, un componente de la pared celular y que causa que el fruto se ponga suave. Cuando el gene insertado en sentido antisense se expresa interfiere con la producción de la enzima polygalacturonasa, dando como resultado retardamiento en el proceso de maduración del fruto. Esta variedad genéticamente modificada no tuvo éxito comercial y fue retirada del mercado en 1997 (Panse, 2012).

Actualmente se están desarrollando variedades de tomate GM con resistencia a estrés ambiental (salinidad, heladas y sequías), resistencia a plagas (insectos, bacterias, hongos, virus), mejora en el contenido nutricional (incremento de provitamina A, incremento de antocianinas debido a que es un antioxidante, e incremento de los niveles de isoflavina con fines de prevenir cáncer), mejoramiento del sabor y el olor del fruto, como vacunas (norovirus, hepatitis B, rabia, HIV, antrax, entre otros).

A pesar de los avances que se tienen a la fecha, no se reporta liberación comercial de materiales de tomate genéticamente modificados dada la opinión dividida que se tiene del uso de esta hortaliza en alimentación humana.

## Desarrollo del primer tomate genéticamente modificado

### Production of Transgenic Tomatoes



Crédito: [www.ied.edu.hk](http://www.ied.edu.hk)

## Tomate genéticamente modificado con alta expresión de antocianinas



Crédito: [www.i.dailymail.co.uk](http://www.i.dailymail.co.uk)

En la Comunidad Económica Europea se mencionan 75 reportes de liberación al ambiente de variedades GM (<http://www.icgeb.org/~bsafesrv/databases/general.html>), mientras que en México se reportan cinco, cuatro referentes a liberación al ambiente y una relativa a análisis de riesgo. En el resto de países centroamericanos no hay reportes (<https://bch.cbd.int/>)

## ***Comparación de planta de tomate transgénica expresando antocianinas (izquierda) con una no transgénica (derecha).***



Crédito: [www.i.dailymail.co.uk](http://www.i.dailymail.co.uk)



## CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- ▶ Guatemala forma parte del centro de origen del tomate, por lo que en su territorio existe alta diversidad genética de materiales cultivados así como presencia del pariente silvestre más cercano considerado como su antecesor.
- ▶ Se conoce la distribución potencial de la especie silvestre, elemento importante a tomar en cuenta en los análisis de riesgo ambiental previo al uso de variedades GM.
- ▶ El tomate silvestre se puede cruzar con tomate cultivado, a pesar que el tomate cultivado tiende a ser autógamo.
- ▶ El tomate ha sido utilizado como modelo biológico, por lo cual mediante el uso de biotecnología moderna se han creado tomates genéticamente modificados para responder a aspectos como control de plagas, resistencia a estrés biótico, mejora del valor nutritivo, entre otros.
- ▶ Debido a la controversia suscitada en cuanto al uso de tomate GM en alimentación humana, poco se ha utilizado dichos materiales genéticos para producción comercial.
- ▶ Sin embargo, dada la importancia en la agricultura mundial, el tomate GM representa una opción para enfrentar los problemas de seguridad alimentaria que aqueja a nuestras sociedades.

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Arpaia, S., Battafarano, R., Chen, L., Di Leo, G.M., and Lu, B. 2012. Assessment of transgene flow in tomato and potential effects of genetically modified tomato expressing Cry3Bb1 toxins on bumblebee feeding behaviour. *Annals of Applied Biology* (161): 151-160.
- ▶ Azurdia, C., González, M. y Flores, E. 1995. Tomatillo (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*). En: C. Azurdia (ed.). *Caracterización de algunos cultivos nativos de Guatemala*. FAUSAC, ICTA, IBPGR. p.125-133.
- ▶ Azurdia, C., Williams, K.A., Williams, D.E., Van Damme, V. Jarvis, A., and Castaño, S.E. 2011. *Guatemalan Atlas of Crop Wild Relatives*. Available at <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.html?docid=22225> United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service (USDA/ARS); Bioversity International; International Center for Tropical Agriculture (CIAT); and the University of San Carlos in Guatemala (FAUSAC).
- ▶ Bauchet, G. and Causse, M. 2012. Genetic diversity in tomato (*Solanum lycopersicum*) and its wild relatives. *Genetic diversity in plants*, Profl. Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978-953-51-0185-7, In Tech. Available from: <http://www.intechopen.com/books/genetic-diversity-in-plants/genetic-diversity-in-tomato-solanum-lycopersicum-and-its-wild-relatives>.
- ▶ De Melo, C., Gomez, F., Bastos, B., Lima, L., Araujo, B., Bergamini, R., da Silv, A., and Villaron, E. 2013. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. *Journal of Pollination Ecology*, 11(6)\_ 41-45.
- ▶ Esquinas, J. 1981. Genetic resources of tomatoes and wild relatives – A global report. International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy.

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Ilardi, V. and Barba, M. 2001. Assessment of functional transgene flow in tomato fields. *Molecular Breeding* 8: 311-315.
- ▶ Otzoy, M. y Rodas, R.. 2001. Búsqueda, colecta y caracterización agromorfológica de cultivares nativos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) provenientes de los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Sur-occidente. Dirección General de Investigación.
- ▶ Panse, S. 2012. History of the genetically engineered tomato. <http://www.brighthub.com/science/genetics/articles/27236.aspx>
- ▶ Reeves, A.F. 1973. An observation on natural outcrossing in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) in Northwest Arkansas. *Arkansas Academy of Science Proceedings*. Vol. XXVII. 24-25.
- ▶ Rick, C. 1978. Fuentes de germoplasma, fundación para mejoramiento, conservación de las especies de tomate. *Agricultura de las Américas*. Nov. 17-19.
- ▶ Rick, C. 1995. Tomato. *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). In: Smartt, J. and Simmonds, N.W. (ed.). *Evolution of Crop Plants*. Longman Scientific & Technical. 452-457.