



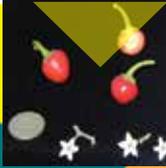
Gobierno de Guatemala

Consejo Nacional de Áreas Protegidas



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

## Chile (*Capsicum spp.*)





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 Azurdía  
Licda. Mariana del Cid  
Licda. Mónica Barillas  
Lic. Msc. José Luis Echeverría

**Autor**

Dr. César Azurdía

**Coordinador**

Dr. César Azurdía

**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:

Azurdía, C. 2014. Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados. Chile (*Capsicum spp.*). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Documento Técnico No. 7-2014. 54 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%20especializada%20en%20Diversidad%20Biológica)

[www.bchguatemala.gob.gt/página especializada en Biotecnología Moderna](http://www.bchguatemala.gob.gt/página%20especializada%20en%20Biotecnología%20Moderna)



Oficina Técnica de Biodiversidad/[otecbio@conap.gob.gt](mailto: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 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.



Ing. Manuel Benfante Lucas López  
Secretario Ejecutivo  
Consejo Nacional de Áreas Protegidas  
CONAP



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

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



# Índice

▶ <b>Presentación General</b>	10
▶ <b>Introducción</b>	12
▶ <b>Especies cultivadas</b>	13
▶ <b>Especies silvestres emparentadas</b>	14
▶ <b>Especies silvestres</b>	15
▶ <b>Capsicum lanceolatum</b>	16
▶ <b>Capsicum rhomboideum</b>	17
▶ <b>Capsicum annum var. glabriusculum</b>	19
▶ <b>Capsicum frutescens</b>	21
▶ <b>Materiales genéticos cultivados</b>	23
▶ <b>Clave para determinación de principales variedades</b>	23
▶ <b>Descripción y distribución de las principales variedades de Chile</b>	31
▶ <b>Relaciones filogenéticas</b>	43
▶ <b>Cruzamiento</b>	46
▶ <b>Polinización por insectos</b>	48
▶ <b>Avances en el desarrollo de Chile GM</b>	49
▶ <b>Conclusiones y reflexiones</b>	51
▶ <b>Bibliografía</b>	52



# 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

Uno de los aportes más importantes de la agricultura mesoamericana al mundo son los chiles, que representan una de las especies más ampliamente consumidas a nivel mundial. En este sentido, es de esperarse que en Guatemala exista amplia diversidad genética entre los materiales cultivados así como en las especies silvestres emparentadas. Los primeros estudios abarcaron la exploración y recolección de germoplasma (Azurdía, 1984; Azurdía y González, 1986; Ayala y Rivera, 2001) y posteriormente se hizo la caracterización del germoplasma colectado (Azurdía *et al.*, 1995). Un estudio sobre la diversidad genética de *Capsicum* en huertos familiares en el departamento de Alta Verapaz realizado por Guzmán *et al.* (2005), mostró que no existe una diferencia significativa entre la diversidad de las entradas semicultivadas y de las entradas cultivadas.

El chile en Guatemala es un cultivo desarrollado comercialmente en áreas considerables en los departamentos de Zacapa, Baja Verapaz y Petén, utilizándose variedades mejoradas. Esta producción se destina para el consumo local, para mercados regionales, para la industria y, en algunos casos, para exportación (caso del chile habanero en el departamento de Petén). Sin embargo, existe una producción importante en varias localidades del país utilizando variedades locales propias de los agricultores, la cual se destina para consumo interno ya sea en forma fresca, seca, o transformada en polvo (tipo chile cobanero).

El presente módulo muestra el conocimiento actual de los recursos genéticos de *Capsicum* en Guatemala, haciéndose énfasis en la distribución de los principales cultivares nativos y de los parientes silvestres; biología de las especies (relaciones filogenéticas, capacidad de cruzamiento, polinización); así como estado de desarrollo de variedades de chile genéticamente modificadas.

# ESPECIES CULTIVADAS

Existen cinco especies de chiles cultivadas: *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. pubescens* y *C. baccatum*. En Guatemala se encuentran cultivadas las primeras cuatro especies anotadas, sin embargo, se considera que solamente *C. annuum* y *C. frutescens* son nativas del país, mientras que *C. chinense* y *C. pubescens* fueron introducidas en tiempos prehispánicos desde sus centros de origen en Sudamérica.

La mayor diversidad presente en Guatemala corresponde principalmente a variedades nativas de *C. annuum*, considerándose al país como centro de origen y diversidad de dicha especie.



***C. frutescens***

Crédito: www.beautifulflowerpictures.com



***C. annuum***

Crédito: Helmer Ayala



***C. pubescens***

Crédito: Max González



***C. chinense***

Crédito: Helmer Ayala

# ESPECIES SILVESTRES EMPARENTADAS

Registros encontrados durante el inventario que conllevó al desarrollo del Atlas de los parientes silvestres de los cultivos de Guatemala (Azurdia *et al.*, 2011) confirmaron que en Guatemala existen cuatro especies de chiles silvestres: *Capsicum annum* var. *glabriusculum*, *C. frutescens*, *C. lanceolatum* y *C. rhomboideum*.



***C. lanceolatum***

Crédito: [www.3.bp.blogspot.com](http://www.3.bp.blogspot.com)



***C. frutescens***

Crédito: Helmer Ayala



***C. lanceolatum***

Crédito: [www.wildcapsicums.wordpress.com](http://www.wildcapsicums.wordpress.com)



**Chiltepe (*C. annum* var. *glabriusculum*)**

Crédito: Cesar Azurdia



***C. rhomboideum***

Crédito: [www.fatalli.net](http://www.fatalli.net)



***C. frutescens***

Crédito: Helmer Ayala



***C. lanceolatum***

Crédito: [www.fatalli.net](http://www.fatalli.net)

# ESPECIES SILVESTRES

## *Capsicum lanceolatum*

Especie propia del bosque nuboso de Guatemala, distribuida en la vertiente volcánica del Pacífico, en altitudes de 500 a 2,500 msnm. Además, se puede encontrar en los bosques de los departamentos de Baja y Alta Verapaz, en la Sierra de las Minas y en el cerro El Trifinio, en el departamento de Chiquimula. Los reportes obtenidos indican que crece preferentemente dentro del bosque.



Crédito: [www.fatalii.net](http://www.fatalii.net)

## Distribución potencial de *Capsicum lanceolatum*



Fuente: Azurdia et al., 2011

# *Capsicum rhomboideum*

Es una especie poco frecuente que se encuentra estrictamente dentro del bosque en altitudes de 700 a 1,500 msnm, en los departamentos de Escuintla, Santa Rosa, Sacatepéquez, Baja Verapaz y Huehuetenango. Estudios recientes han comprobado que esta especie comprende a la que anteriormente se denomina *C. ciliatum*.



***Capsicum rhomboideum***

Crédito: [www.wildcapsicums.files.wordpress.com](http://www.wildcapsicums.files.wordpress.com)



***Capsicum rhomboideum***

Crédito: [www.semillas.dethumbs.com](http://www.semillas.dethumbs.com)



***Capsicum rhomboideum***

Crédito: [www.tradewindsfruit.com](http://www.tradewindsfruit.com)

## Distribución potencial de *C. rhomboideum*



Fuente: Azurdia et al., 2011

## *Capsicum annuum* *var. glabriusculum*

Conocida como “chiltepe”, se encuentra distribuida en todas las partes cálidas del país, alcanzando alturas hasta los 1,800 msnm. Se considera al chiltepe como el ancestro directo de todos los chiles domesticados pertenecientes a *C. annuum*. El chiltepe se encuentra en forma de arvense o ruderal, creciendo en las orillas de caminos, bosques y algunas veces en huertos familiares donde, dada su alta demanda por la población, se ha llegado a cultivar.



**Chiltepe (*C. annuum* var. *glabriusculum*)**

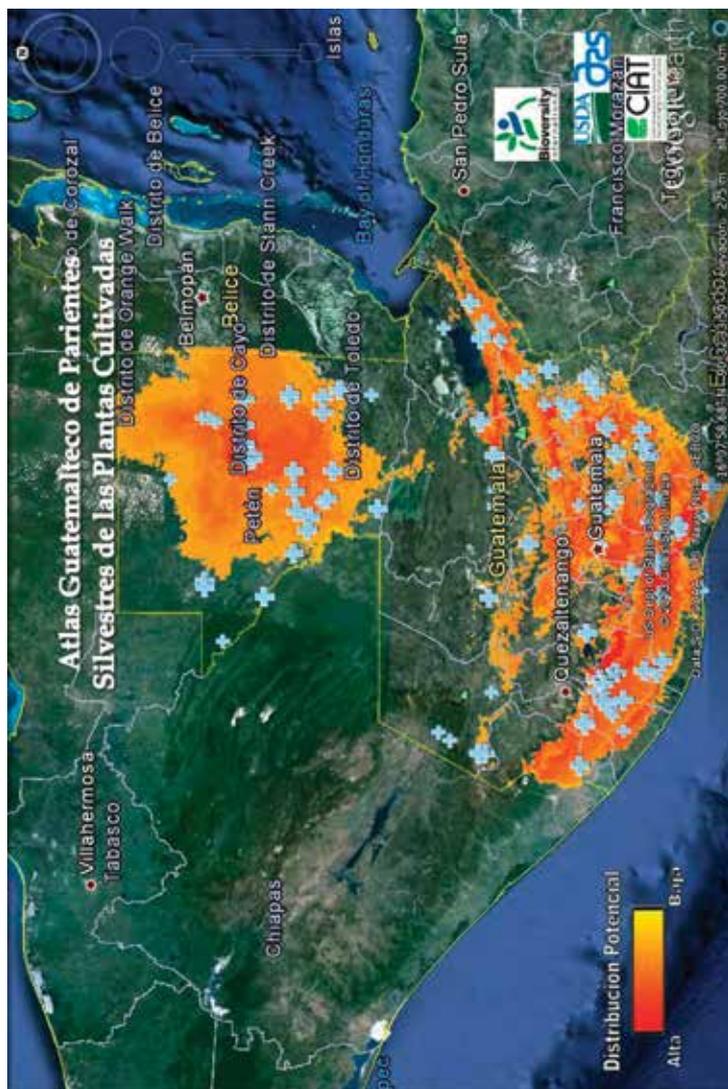
Crédito: César Azurdia



**Chiltepe petenero**

Crédito: Helmer Ayala

# Distribución potencial de *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*



Fuente: Azurdía et al., 2011

# *Capsicum frutescens*

Se trata de la forma silvestre de una especie que ha sido domesticada. Las poblaciones silvestres están distribuidas en el norte y en la vertiente atlántica del país. Se encuentra en el estrato herbáceo-arbustivo del bosque así como en la orilla de carreteras. Además, es frecuente en huertos familiares donde es aprovechado para alimentación humana debido a su alto grado de pungencia. Está distribuido en localidades que varían de 0 a 300 msnm.



***Capsicum frutescens***  
Crédito: Helmer Ayala



***Capsicum frutescens***  
Crédito: Helmer Ayala

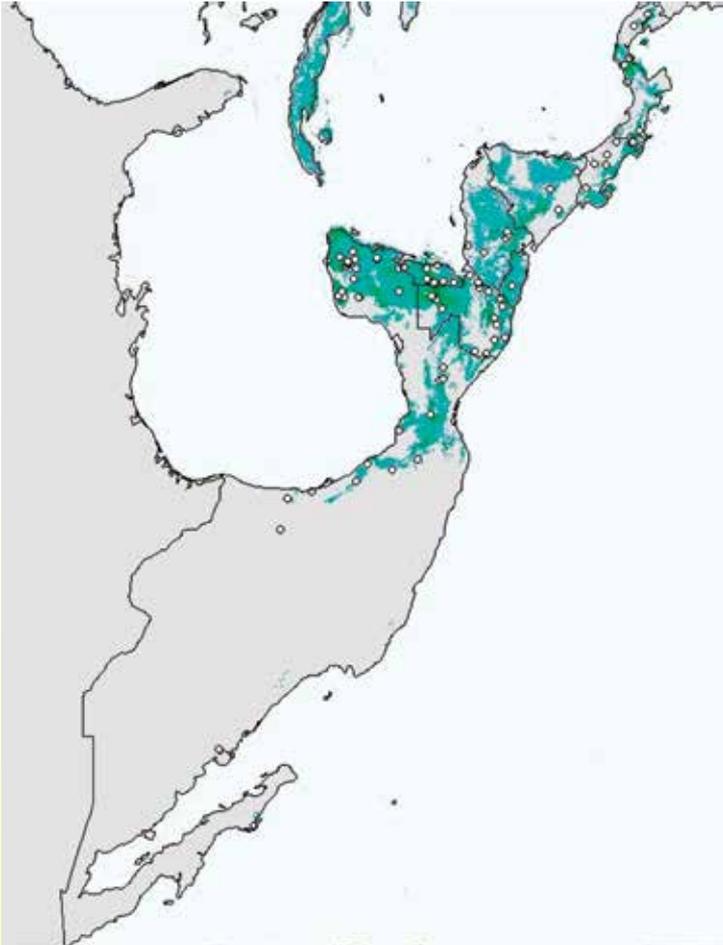


**Diversidad de *C. frutescens***  
Crédito: Max González



***Capsicum frutescens***  
Crédito: Helmer Ayala

## ***Distribución potencial de C. frutescens en Mesoamérica***



(Fuente: Azurdia, Scheldeman, and Van Zonneveld, 2010)

# MATERIALES GENÉTICOS CULTIVADOS

Los materiales genéticos cultivados pertenecen a cuatro especies mencionadas con anterioridad. Sin embargo, la mayor cantidad de variedades corresponden a la especie *C. annuum*. El compendio elaborado por Ayala (sf.) reporta por lo menos 34 clases de chiles distribuidos en las diferentes regiones del país. Azurdia *et al.* (1995) presentan una clave dicotómica que facilita la determinación de los principales chiles de Guatemala. Además, se presentan fotografías representativas de la mayoría de variedades de chile picante reportadas para Guatemala.

## CLAVE DE LAS PRINCIPALES ESPECIES Y VARIEDADES

### *Capsicum* en Guatemala

(Fuente: Azurdia *et al.* 1995)

1. Semillas negras, corola violeta, hábito postrado, tallos y hojas con pubescencia abundante, distribuido en regiones de clima frío.  
*C. pubescens*.
- 1'. Semillas pajizas, corola blanca, blanca verdosa, hábito preferentemente erecto y compacto, raramente postrado; tallos y hojas con pubescencia abundante o glábros distribuidos en regiones de clima frío o cálido.
2. Flores germinadas, dos, constricción anular en la unión del pedicelo y el cáliz, presente, fruto acampanulado, distribuido en Petén.  
*C. chinense*.
- 2'. Flores solitarias, constricción anular en la unión del pedúnculo y el cáliz, fruto de diferentes formas; distribuidos en todo el país.  
*C. annuum*.



3. Frutos globosos u ovoides, largo del fruto menor de 1.0 cm; fruto erecto o deciuo, poblaciones en condiciones de maleza ruderal o arvense.

*Capsicum anuum var. glabriusculum.*

3'. Frutos de otras formas, largo del fruto mayor de 1.0 cm; fruto perfectamente declinado o intermedio, pero algunas veces erecto, persistente; poblaciones cultivadas, raramente malezas ruderales.

*C. annuum var annuum*

4. Hábito postrado, fruto inmaduro de color negro, cultivado en clima templado frío.

CV Guaque

4'. Hábito erecto y compacto, fruto inmaduro de color verde, algunas veces anaranjado, cultivado en climas frío y cálido.

5. Estigma al mismo nivel que las anteras; fruto de forma achatada; posición del pedúnculo en antesis erecto, cultivado en clima templado-frío.

CV Huerta

5'. Estigma exserto, fruto de otras formas; posición del pedúnculo en antesis erecto, intermedio o declinado; cultivados en climas templados y cálidos.

6. Fruto no pungente, a semipungente, nudos color púrpura; cultivados únicamente en localidades ubicadas al norte del Lago Petén Itzá.

CV Dulce del Petén

6'. Fruto pungente, nudos color verde y púrpura; cultivado en regiones templadas y cálidas de Guatemala.

7. Forma de fruto cónico; márgenes del cáliz semidentado; cultivados.

7'. Forma del fruto diferente; márgenes del cáliz enteros, intermedios o dentados, cultivados o malezas ruderales.



8. Fruto de 1.0 cm de largo hábito erecto, cultivado únicamente a nivel de huerto familiar.

CV. Tolito

8'. Fruto de más de 1.0 cm de largo, hábito erecto y compacto; cultivado en forma comercial.

CV. Cobanero

9. Plantas ruderales, algunas veces cultivadas en huertos familiares, fruto elongado no mayor de 2.5 cm de largo distribuidos en zonas cálidas húmedas.

CV. Pico de Gallina

9'. Plantas cultivadas; fruto elongado o campanulado mayor de 2.5 cm de largo distribuidos en zonas templadas y cálidas o secas del país.

10. Hojas con pubescencia de esparcida a abundante; frutos elongados, plantas de hábito erecto; anteras de color azul pálido a púrpura; cultivados en regiones de clima cálido seco y húmedo.

CV. Chocolate

10'. Hojas glabras, frutos de forma campanulada; plantas de hábito compacto; anteras de color amarillo; cultivadas en regiones de clima templado.

CV Chamborote

# I. Tipos de *C. annuum* var. *annuum*



**Diversidad del chile cobanero**

Crédito: César Azurdía



**Chamborote**

Crédito: César Azurdía



**Cuerudo**

Crédito: César Azurdía



**Chile huerta**

Crédito: Miguel Leiva



**Chocolate**

Crédito: César Azurdía



**Dulce Petén**

Crédito: César Azurdía

# I. Tipos de *C. annuum* var. *annuum*



**Chocolate**

Crédito: César Azurdia



**Chocolate**

Crédito: César Azurdia



**Diversidad de  
chile cobanero**

Crédito: César Azurdia



**Rojo de Petén**

Crédito: César Azurdia



**Cuerudo de Petén**

Crédito: César Azurdia



**Cobanero**

Crédito: César Azurdia



**Chile toilito**

Crédito: César Azurdia



**Cobanero**

Crédito: César Azurdia



**Cobanero**

Crédito: César Azurdia

# I. Tipos de *C. annuum* var. *annuum*



***Cuerudo de Petén***

Crédito: César Azurdia



***Guaque***

Crédito: César Azurdia



***Chile guaque***

Crédito: César Azurdia



***Cobán***

Crédito: Helmer Ayala



***Chocolate***

Crédito: Helmer Ayala



***Sambo Maduro***

Crédito: Helmer Ayala



***Sambo seco***

Crédito: Helmer Ayala



***Guaque verde***

Crédito: Helmer Ayala

# I. Tipos de *C. annuum* var. *annuum*



**Blanco o ladino**

Crédito: Helmer Ayala



**Chamborote verde**

Crédito: Helmer Ayala



**Huerta rojo**

Crédito: Helmer Ayala



**Chamborote rojo**

Crédito: Helmer Ayala



**Blanco o ladino**

Crédito: Helmer Ayala



**Nance o tolito**

Crédito: César Azurdia

## II. Tipos de *Capsicum chinensis*



**Habanero**  
Crédito: Helmer Ayala



**Planta de habanero**  
Crédito: César Azurdia



**Habanero rojo**  
Crédito: Max González



**Habanero amarillo**  
Crédito: Max González

## III. Tipos de *Capsicum pubescens*



**Diversidad**  
Crédito: Max González



**Fruto amarillo**  
Crédito: Max González



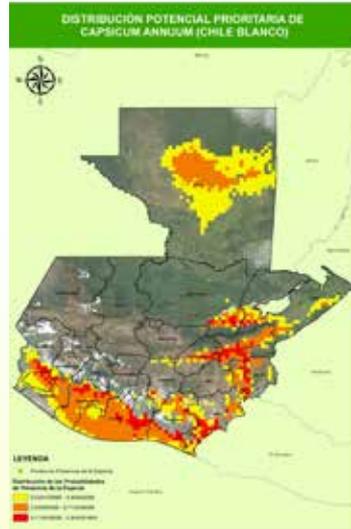
**Fruto rojo**  
Crédito: Max González

# DESCRIPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PRINCIPALES VARIETADES DE CHILE

Se muestra la distribución de cada variedad en el país, acompañado de fotografías representativas y una breve descripción de cada una. Los mapas son elaboración propia del autor, basado en información contenida en Azurdia y González (1986).

## Chile blanco

Se cultiva en localidades de la costa sur, oriente y Petén en áreas pequeñas con destino comercial; su patrón morfológico se asemeja al del chile guaque, diferenciándose del mismo en que el fruto inmaduro es de color amarillo blanquecino, estado en el cual se consume. Se puede cruzar con los otros cultivares pertenecientes a *Capsicum annuum* así como con su pariente silvestre más cercano, el chiltepe (*C. annuum* var. *glabriusculum*).



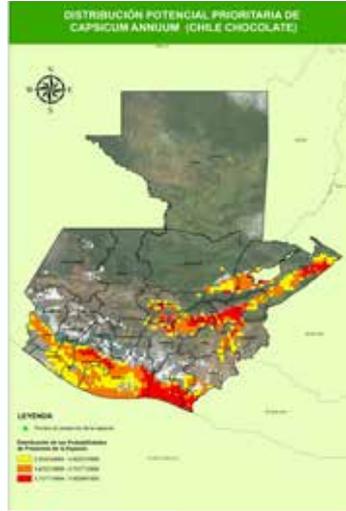
Crédito: Helmer Ayala

Crédito: Helmer Ayala



# Chile chocolate

Cultivo de importancia económica en regiones cálidas húmedas y secas del país. Los frutos maduros se deshidratan y se consumen de esa manera, o bien, se muelen para convertirlo en polvo tal como se prepara y consume el chile cobanero, es pungente. Los frutos son largos, 8.48 cm en promedio; ancho promedio de 1.69 cm. Este cultivar se puede cruzar con cualquier otro cultivar de *C. annuum* así como con el pariente silvestre más cercano, *C. annuum* var. *glabriusculum*.



Crédito: Max González



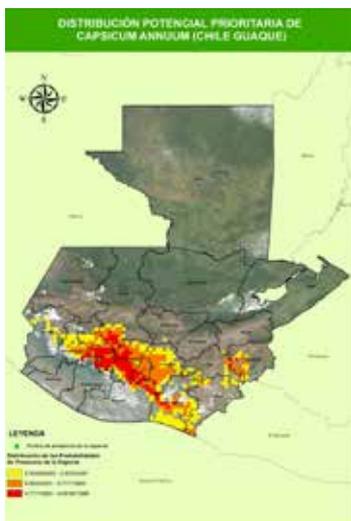
Crédito: Max González



Crédito: Helmer Ayala

# Chile guaque

Cultivado principalmente en el altiplano central y en algunas localidades de Sololá. El fruto se consume en estado inmaduro de color verde-negrusco, y en estado seco en diferentes preparaciones de la gastronomía guatemalteca. Es altamente apreciado por su olor y sabor, es medianamente pungente. Es el chile símbolo de San Andrés Itzapa, en donde se hace la comida local llamada “cherepe”. El fruto tiene en promedio 9.78 cm de largo y 3.23 cm de ancho. Perteneciente a *C. annuum*, este cultivar se puede cruzar con cualquier otra de la misma especie, así como con su pariente silvestre más cercano.



Crédito: Helmer Ayala



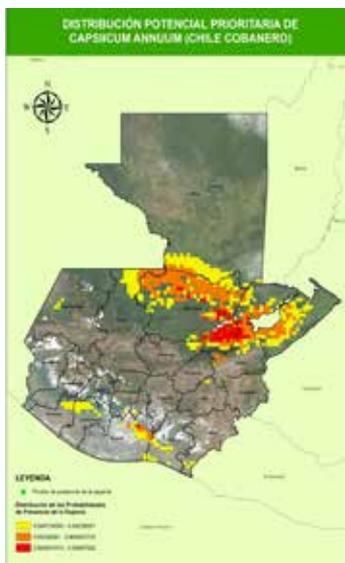
Crédito: Max González



Crédito: Max González

## Chile cobanero, cahobanero

Chile cultivado asociado a la cultura Q'eqchí del departamento de Alta Verapaz, distribuido en localidades entre 200 a 500 metros sobre el nivel del mar. El fruto maduro se seca y luego se hornea para luego convertirlo en polvo, forma comercial conocida como chile Cobanero. El fruto es pungente, pequeño, forma cónica a ovalada, entre 1 a 3 cm de largo y de 1 a 1.5 cm de ancho. Se puede cruzar con cualquier variedad perteneciente a *C. annuum* así como a su pariente silvestre más cercano (*C. annuum* var. *glabriusculum*).



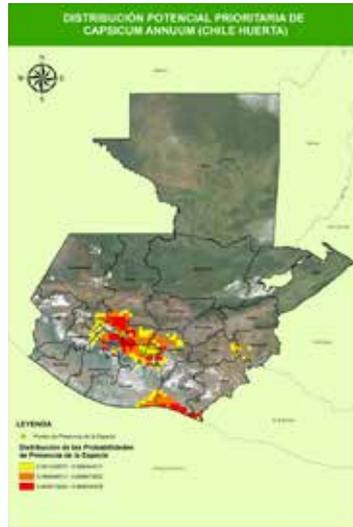
Crédito: César Azurdía



Crédito: Max González

# Chile huerta

Se cultiva en climas fríos y templados del altiplano central (departamentos de Guatemala, Chimaltenango y Sacatepéquez). Se cultiva en huertos familiares, de donde toma su nombre, preferentemente para autoconsumo. Fruto erecto, verde en estado inmaduro, al madurar es de color amarillo o rojo, muy pungente; largo en promedio de 4.18 cm y ancho de 1.76 cm. Se cruza con cualquier variedad perteneciente a *C. annuum* así como a su pariente silvestre más cercano.



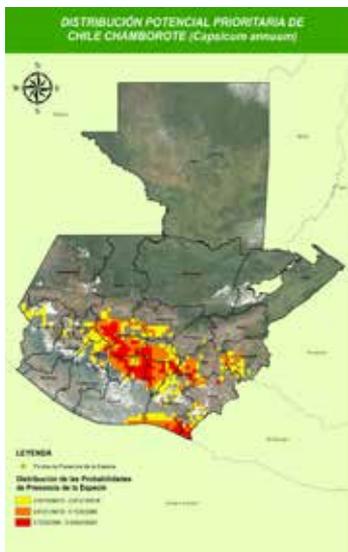
Crédito: Helmer Ayala



Crédito: Miguel Leiva

## Chile chamborote

Se cultiva en localidades de clima templado-frío del departamento de Guatemala (especialmente Chuarrancho y Granados). El fruto se utiliza como adorno en un plato típico denominado “fiambre”, consumido el Día de todos los santos; al madurar se consume fresco o en salsas. Fruto inmaduro de color verde claro, al madurar es rojizo, semi-esférico, corrugado, poco pungente; en promedio tiene un largo de 3.73 cm y ancho de 3.52 cm. Se cruza con cualquier variedad de *C. annuum* y con su pariente silvestre más cercano.



Crédito: Helmer Ayala

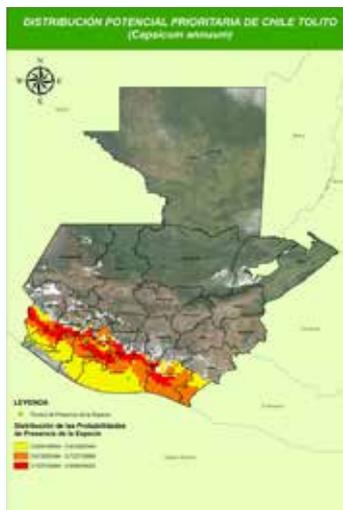
Crédito: Helmer Ayala



Crédito: Max González

## Chile tolo

Variedad cultivada en regiones cálido-húmedo de la costa sur, especialmente en huertos familiares. Su nombre común se debe a la semejanza con los toles (frutos de *Crescentia* o de *Lagenaria*) que se utilizan para guardar tortillas o como recipientes para tomar alimentos líquidos. Fruto con periferia liza con leves hendiduras longitudinales, rojizo al madurar, muy pungente. El largo y ancho del fruto en promedio es de 1.48 cm y de 0.85 cm respectivamente. Se cruza con cualquier variedad de *C. annuum* y con su pariente silvestre más cercano.

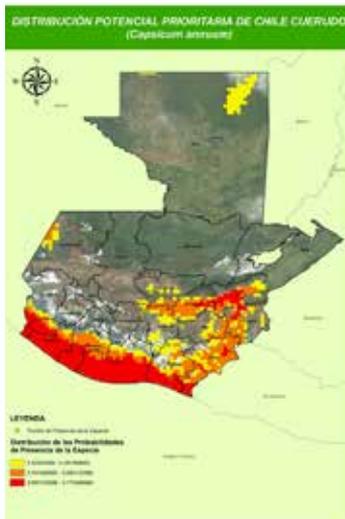


Crédito: César Azurdia

Crédito: Max González

## Chile cuerudo

Se cultiva en algunas localidades del departamento de Petén y Santa Rosa. El fruto se asemeja al patrón morfológico del chile chocolate, se diferencia del mismo en que tiene mayor grosor de pericarpio, una periferia muy corrugada y un ápice obtuso. Es pungente. Se cruza con cualquier variedad de *C. annuum* y con su pariente silvestre más cercano, *C. annuum* var. *glabriusculum*.



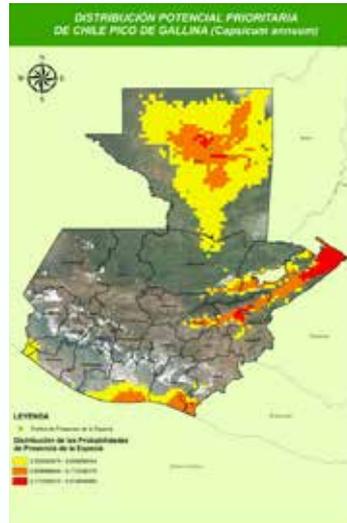
Crédito: César Azurdia



Crédito: César Azurdia

# Chile pico de gallina

Constituido por poblaciones ruderales y algunas veces cultivado en huertos familiares de las regiones cálido húmedo de la costa pacífica y atlántica. Sus características de planta como de fruto son altamente variables. Su fruto es erecto, de color rojo o amarillo, muy pungente. En promedio los frutos tienen un largo de 1.74 cm y un ancho de 0.61 cm. Es una variedad de *C. annuum* con mayor desarrollo evolutivo que el chiltepe (*C. annuum* var. *glabriusculum*) pero menos avanzado que las demás variedades cultivadas de la misma especie. Por esta razón se cruza tanto con las variedades cultivadas de la misma especie así como con el chiltepe.

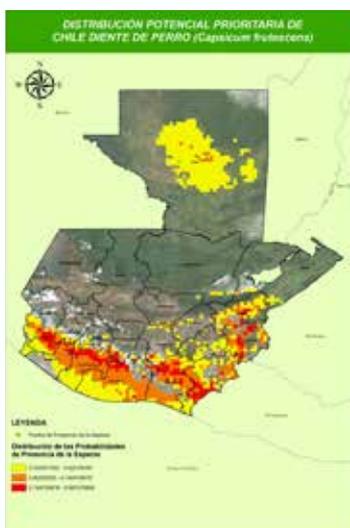


Crédito: Max González



## Diente de perro

Es un chile distribuido desde el nivel del mar hasta los 600 msnm, en ambas costas del país; crece en forma natural en cercos, potreros y espacios abiertos del bosque, así como en huertos familiares o entre otros cultivos. Característico de esta especie es su peciolo inclinado, y su cáliz campanulado; algunas veces se confunde con el llamado pico de gallina. Los frutos inmaduros son verde claro y maduros de color naranja, forma alargada, 3-5 cm de largo y 0.5 a 0.75 de ancho, altamente pungente. Se puede cruzar con otras variedades de *C. frutescens* así como variedades de *C. annum*.



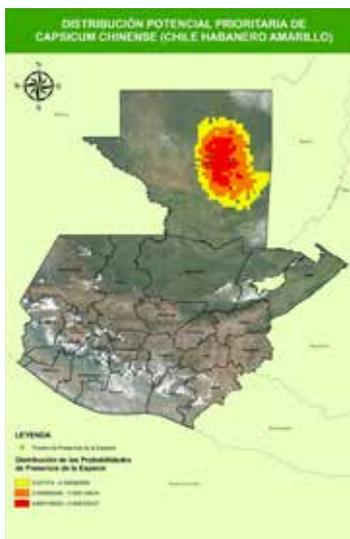
Crédito: Helmer Ayala



Crédito: Max González

# Chile habanero

Se cultiva solamente en el departamento de Petén, caracterizándose por su sabor y aroma especial y se destina para consumo en fresco o en forma industrializada. Los frutos son de color amarillo o rojo, de forma campanulada, periferia muy rugosa, altamente pungente. Frutos en promedio tienen un largo de 3.5 cm y ancho de 3.7 cm. Al cruzarse con *C. annuum* y *C. frutescens* produce semillas e híbridos viables.



Crédito: Helmer Ayala



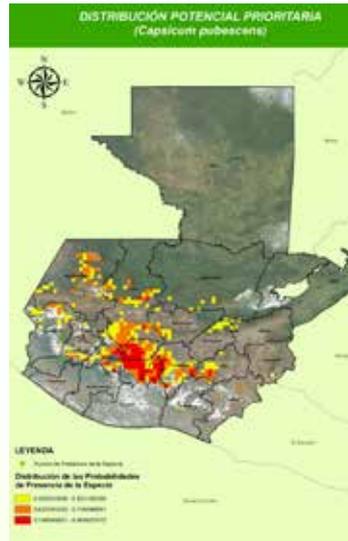
Crédito: Max González



Crédito: Max González

## CHILE DE CABALLO, SIETE CALDOS, MANZANO, EXTRANJERO, HINCHA JETA, PORRÓN

Distribuido en regiones de clima templado y frío; se cultiva en huertos familiares; es uno de los más pungentes de los presentes en Guatemala, se prefiere comer en encurtido. Plantas perennes, pubescencia abundante en tallos y hojas; flores violeta, anteras púrpura; frutos inmaduros color verde, al madurar son rojos o amarillos; semillas negras; frutos en promedio de 6.12 cm de largo, 4.46 de ancho. No se cruza con ningún otro material genético de chile presente en Guatemala.



Crédito: Max González



Crédito: Max González



Crédito: Max González

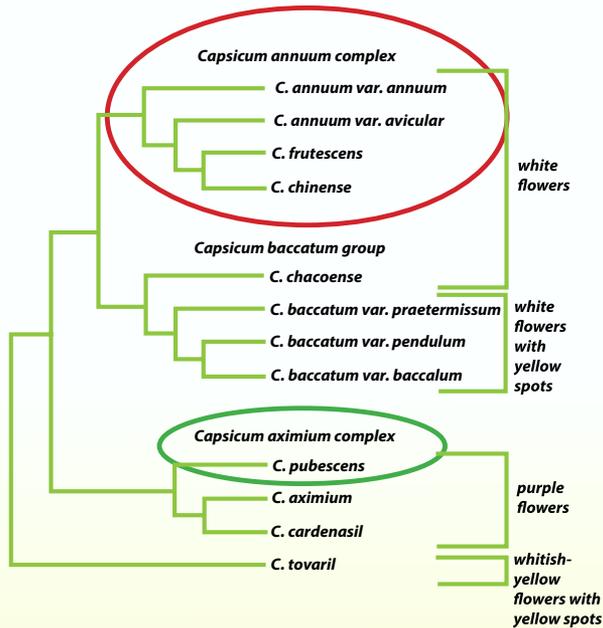
# RELACIONES FILOGENÉTICAS

Estudios morfológicos muestran la separación entre las especies cultivadas en Guatemala (Azurdia *et al.* 1995). Además, el uso de marcadores isoenzimáticos (McLeod *et al.* 1982) y de marcadores moleculares (Walsh and Hoot, 2001; Guzman *et al.* 2005) confirman esta separación. En general se conoce que *C. chinense* y *C. frutescens* están muy cercanamente relacionados (Heiser, 1995), así mismo, *C. annum* cultivado es filogenéticamente más cercano a *C. annum* silvestre y este grupo, más cercano a *C. frutescens* y *C. chinense* (conforman el complejo llamado *Capsicum annum*). Por el contrario, *C. pubescens* está totalmente separado de las tres especies cultivadas mencionadas y forma parte del complejo *Capsicum eximium*. La especie silvestre *C. rhomboideum* (*C. ciliatum*) está claramente separada de las especies silvestres y cultivadas presentes en Guatemala.

Estudios más recientes conducidos por Guzmán, Dean y Bohs (2009) mostraron que las especies de *Capsicum* están constituidas por dos grupos; uno incluye cuatro especies silvestres (*C. geminifolium*, *C. lycianthoides*, *C. lanceolatum*, y *C. rhomboideum*) con flores blancas o amarillas. Al menos dos de estas especies (*C. rhomboideum* y *C. lanceolatum*) tienen frutos no pungentes y  $2n= 26$  cromosomas, contrastando con el  $2n= 24$  comúnmente encontrado en otras especies de *Capsicum*. El otro grupo constituido por especies silvestres y cultivadas con  $2n= 24$  y variable en el color de la flor y grado de pungencia del fruto.

*Capsicum rhomboideum* es considerado la misma especie que *C. ciliatum*, basado en estudios moleculares y morfológicos (Walsh and Hoot, 2001). Este presenta 24 marcadores moleculares únicos, así como caracteres únicos como flores amarillas y ausencia completa de capsicina. Por esta razón se ha propuesto que este debería de conformar su propio género. Adicionalmente, Guzmán (2007) menciona que basados en marcadores moleculares tipo microsatélite, *C. rhomboideum* es genéticamente diferente de las otras especies de *Capsicum*, presentando mínima similitud genética con las mismas.

La información contenida en las siguientes figuras muestra claramente las relaciones filogenéticas mencionadas con anterioridad. Estas relaciones filogenéticas son la base para predecir la capacidad de hibridación entre las diferentes especies de *Capsicum*.



**Fig. 1** *Capsicum* dendrogram constructed from standard genetic distance estimates based on isozyme data compared with a classification based on flower color (from McLeod et al. 1982)



# RELACIONES FILOGENÉTICAS

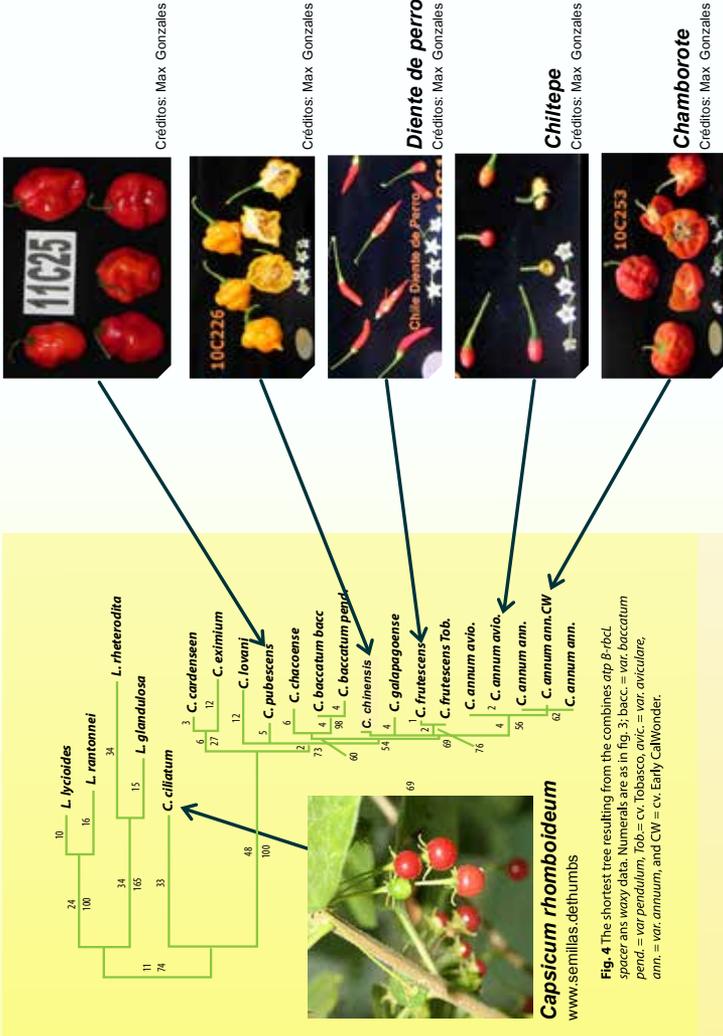


Fig. 4 The shortest tree resulting from the combines apb B-robCL spacer ans waxy data. Numerals are as in fig. 3; bacc. = var. *baccatum pend.*; = var. *pendulum*, Tob.= cv. *Tobasco*, avic. = var. *avicolarie*, ann. = var. *annuum*, and CW = cv. *Early CalWonder*.

# CRUZAMIENTO

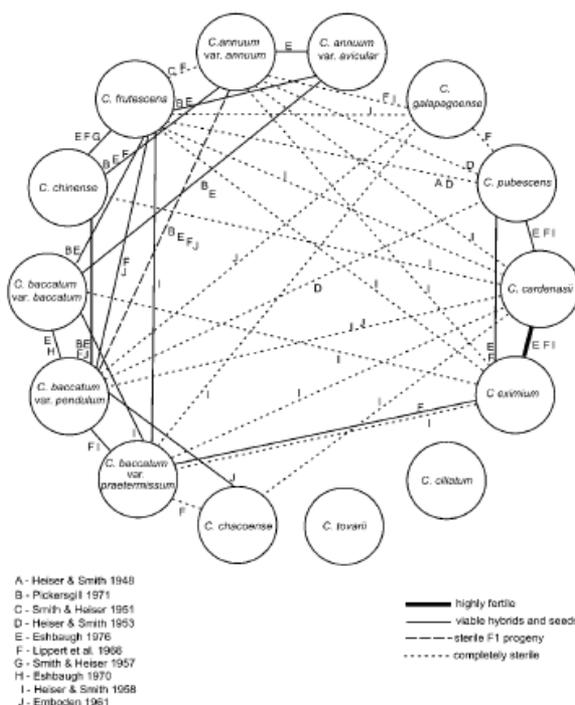


Fig. 2 Summary of *Capsicum*-hybrid crossing studies with associated citations indicated by the letters below

Un resumen de la información disponible respecto a capacidad de cruzamiento entre las diferentes especies de *Capsicum* se muestra en la figura. Esta información sirvió para elaborar el cuadro informativo que resume la capacidad de cruzamiento entre las especies silvestres y cultivadas presentes en Guatemala.

# CRUZAMIENTO

	<i>C. annuum</i>	<i>C. a var. glabriusculum</i>	<i>C. frutescens</i>	<i>C. chinensis</i>	<i>C. pubescens</i>	<i>C. rhomboideu (C. ciliatum)</i>
<i>C. annuum</i>	AF					
<i>C. a var. glabriusculum</i>	AF	AF				
<i>C. frutescens</i>	CE	AF	AF			
<i>C. chinensis</i>	SHV	¿?	SHV	AF		
<i>C. pubescens</i>	CE	CE	CE	CE	AF	
<i>C. rhomboideu (C. ciliatum)</i>	CE	CE	CE	CE	CE	AF

AF= Altamente fértil

SHV= Semilla e híbridos viables

CE= Completamente estériles

Se han obtenido híbridos en todas las combinaciones de las diferentes especies cultivadas (excepto en *C. pubescens*), mostrando diferentes grados de fertilidad. De igual manera, se han obtenido híbridos entre las especies cultivadas y sus parientes silvestres más cercanos (Heiser, 1995). Las especies cultivadas son autocompatibles, por lo que se espera que la autopolinización pudiera ser la regla en dichas especies. Sin embargo, se ha mostrado que puede haber flujo genético entre chile GM y variedades convencionales (Kim *et al.* 2009). Por otro lado, algunas especies silvestres son autoincompatibles y algunas de ellas presentan estilos largos que promueven la polinización cruzada. Por esta razón, es de esperarse la existencia de flujo genético entre materiales silvestres y cultivados en los dos sentidos. Diversos estudios han mostrado la existencia de flujo genético entre especies del grupo *Capsicum annuum*, mediante estudios izoenzimáticos (Doebley, 1989), morfológicos (Nabhan, 1985; Pickersgill *et al.*, 1979), citológicos (Pickersgill, 1981; Pickersgill, 1991) y morfológicos e isoenzimáticos (Van Raamsdonk y Van Der Maesen, 1996). Del cuadro anterior se puede predecir que las especies *C. pubescens* y *C. rhomboideum* no pueden cruzarse con ninguna otra especie de *Capsicum* presente en Guatemala.

# POLINIZACIÓN POR INSECTOS

En *Capsicum annuum* se ha reportado que sus flores pueden ser autógamas o alógamas. En el caso de alogamia las abejas nativas juegan un papel importante (Raw, 2000), reportándose que hasta un 71% de los frutos formados pueden ser por efectos de alogamia. Las especies de abejas más importantes se muestran a continuación.



***Augochlora***

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



***Dialuctus***

Crédito: [www.pbase.com](http://www.pbase.com)



***Hylaeus***

Crédito: [www.commanster.eu](http://www.commanster.eu)



***Augochloropsis***

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



***Halictus***

Crédito: Kenneth Frank

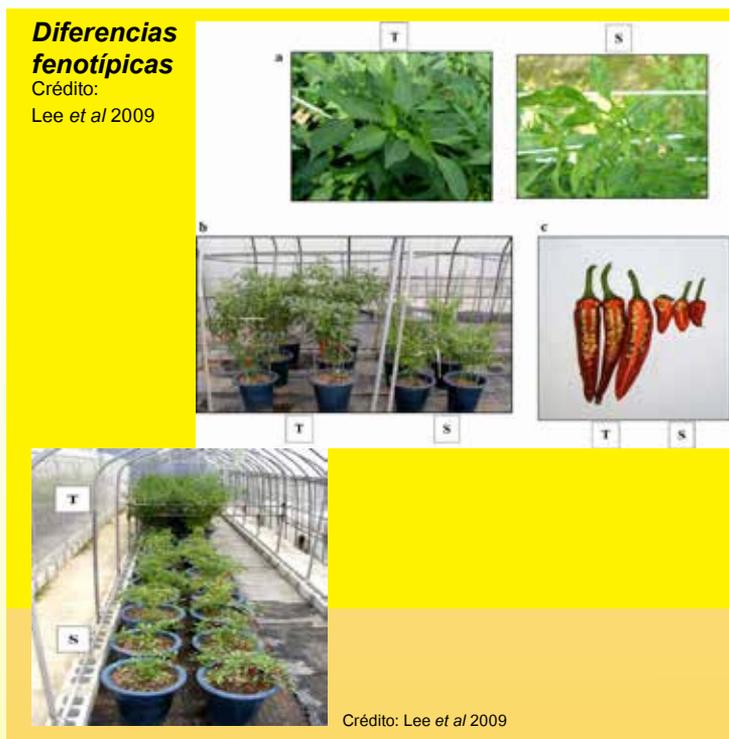
# AVANCES EN EL DESARROLLO DE CHILE GM

La transformación mediante el uso de *Agrobacterium tumefaciens* y la posterior regeneración de células transformadas a través de cultivo de tejidos es una técnica bien desarrollada en Chile. Diferentes reportes muestran los avances que se tienen, siendo principalmente la creación de variedades de Chile GM resistentes a enfermedades producidas por virus, tal como la producida por el virus del mosaico del pepino (Zhu *et al.* 1996; Kim *et al.*, 1997; Cai *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2009).

## Diferencias fenotípicas

Crédito:

Lee *et al* 2009



Crédito: Lee *et al* 2009

Ensayos de invernadero en los que se muestra la eficiencia de Chile GM tolerante (T) a virus del mosaico del pepino, así como las variedades no GM con respuesta susceptible (S).

Fuente: Lee *et al.* 2009

# AVANCES EN EL DESARROLLO DE CHILE GM

Información adicional sobre la generación de Chile GM es reportada por Steinitz *et al.* (1999), quienes muestran información sobre los avances alcanzados por la industria en los Estados Unidos.

Table 1: Genetically engineered and field tested pepper produced by the biotechnology industry in the US.

Company	Year	Introduced transgene	Selectable gene	Attempted modification
Seminis	1998	?	NPT II	Resistance to CMV
DNAP	1997	Hemicellulase	ALS	Prolonged shelflife
Seminis	1997	CMV and TEV coat protein	?	Resistance to CMV and TEV
Seminis	1997	CMV coat protein	NPT II	Resistance to CMV
PetoSeed	1996	CMV coat protein	NPT II	Resistance to CMV
Seminis	1996	CMV coat protein	NPT II	Resistance to CMV
DNAP	1996	?	ALS	Altered fruit ripening
DNAP	1995	$\beta$ -1,3-glucanase antisense	ALS	Altered fruit ripening
DNAP	1994	$\beta$ -1,4-endoglucanase antisense	ALS	$\beta$ -1,4-endoglucanase activity

Información adicional se puede encontrar para los Estados Unidos, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Field trials with GM pepper	
<b>Worldwide</b>	
USA	12
Period	1994-2000
Traits	Virus resistance, delayed maturity
Other countries	China

<http://www.gmo-compass.org/eng/database/plants/287.pepper.html>

Finalmente, una revisión del BCH internacional muestra que en los países vecinos de Guatemala como son México, Belice, Honduras, El Salvador y Costa Rica no hay reportes de análisis de riesgo conducidos y aprobaciones de ninguna variedad GM de Chile.

(<http://bch.cdb.int/>)

# CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- ▶ Guatemala es el centro de origen y diversidad de *C. annuum* y de *C. frutescens*. Esto implica presencia de alta diversidad genética en los materiales cultivados (especialmente en *C. annuum*) así como la presencia de sus parientes silvestres más emparentados.
- ▶ Existen otras dos especies cultivadas de origen suramericano pero con presencia prehispánica.
- ▶ Las especies del complejo conocido como *C. annuum* (*C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*) pueden tener capacidad de entrecruzarse, especialmente con las especies silvestres *C. annuum* var. *glabriusculum* y *C. frutescens*).
- ▶ La especie cultivada *C. pubescens* y la silvestre *C. rhomoideum* no se pueden cruzar con ninguna otra especie de *Capsicum*.
- ▶ Ya se han creado variedades de chile GM especialmente para el control de enfermedades producidas por virus. Sin embargo, su uso no se ha extendido como ha sucedido para otros cultivos.
- ▶ Es necesario profundizar en el conocimiento de la biología del chile ya que no se conoce mucho sobre aspectos tales como viabilidad del polen, distancias de movimiento del polen así como distancias apropiadas de aislamiento.

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Ayala, H., Rivera, M. 2001. Los chiles del Petén. *Tikalía* 19(1): 29-44.
- ▶ Azurdia, C. 1984. Consideraciones preliminares sobre la distribución y variabilidad del género *Capsicum* en el nor-oriente, oriente y meseta central de Guatemala. *Tikalía* 3:57-75
- ▶ Azurdia, C. and Gonzalez, M. 1986. Collection of some native crops of Guatemala. Final report. USAC, ICTA, IBPGR. 256 p.
- ▶ Azurdia, C.; et al. 1995. Hot pepper (*Capsicum* spp.). In: C. Azurdia (ed.). Characterization of native crops of Guatemala. FAUSAC, ICTA, IBPGR. 75-101.S
- ▶ Azurdia, C., Scheldeman, X. and Van Zonneveld, M. 2010. The conservation and use of the *Capsicum* gene pool in Mesoamerica.
- ▶ 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); Bioersivity International; International Center for Tropical Agriculture (CIAT); and the University of San Carlos in Guatemala (FAUSAC).
- ▶ Cai, W.Q., Fang, R.X., Shang, H.S., Wang, X., Zhang, F.L., Li, Y.R., Zhang, J.C., Cheng, X.Y., Wang, G.L., Mang, K.Q. 2003. Development of CMV- and TMV-resistant transgenic chili pepper: field performance and biosafety assessment. *Mol Breed* 11:25-35.
- ▶ Doebley, J. 1989. Isozymic evidence and the evolution of crop plants. En: D.E. Soltis y P.S. Soltis (eds.). *Isozymes in Plant Biology*. Dioscorides Press, Portland. p. 165-191.
- ▶ Guzmán, F.A. 2007. Desarrollo de una herramienta molecular para el estudio de la diversidad genética de germoplasma del género *Capsicum*. Tesis Magister en Biología. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali, Colombia. 44p

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Guzmán, F., Ayala, H., Azurdia, C. , Duque, M.C. and de Vicente, M.C. 2005. AFLP assessment of genetic diversity of Capsicum genetic resources in Guatemala. Home gardens as an option for conservation. *Crop Sci* 45:363-370.
- ▶ Guzmán, F., Dean, E., Bohs, L. 2009. Hot and not so hot: phylogenetic relationships in Capsicum and Lycianthes (Solanaceae). Poster:Posters for BSA Sections.
- ▶ Heiser, C.B.1995. Peppers - Capsicum (Solanaceae). En: J. Smartt y N.W. Simmonds (eds.). *Evolution of crop plants*. Longman Scientific & Technical. p. 449-451.
- ▶ Kim, C., Kim, D., Kim, H., Park, J., Lee, B., Park, K., Jeong, S., Choi, K. An, J., Cho, K., Kim, Y., Kim, H. 2009. Assesment of gene flow from genetically modified anthracnose-resistant chile pepper (*Capsicum annuum* L.) to a conventional crop. *J. Plant Biol.* 52:251-258.
- ▶ Lee, Y.H., Jung, M., Shin, S.H., Lee, J.H., Choi, S.H., Her, N.H, Lee, J.H., Ryu, K.H., Pack, K.Y. and Harn, C.H. 2009. Transgenic peppers that are highly tolerant to a new CMV pathotype. *Plant Cell Rep* 28:223-232.
- ▶ Nabhan, G.P. 1985. Native crop diversity in Aridoamerica. Conservation of regional gene pools. *Economic Botany* 39: 387-399.
- ▶ Pickersgill, B. 1981. Biosystematics of crop-weed complexes. *Kulturpflanze* 29: 377-388.
- ▶ Pickersgill, B. 1991. Cytogenetics and evolution of Capsicum L. En: T. Tsuchiya y P.K. Gupta (eds.). *Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution, Part B*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. p. 139-160.
- ▶ Pickersgill, B., Heiser, C.B., and McNeill, J. 1979. Numerical taxonomic studies on variation and domestication in some species of Capsicum. En: J.G. Hawkes, R.N. Lester y A.D.

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Raw, A. 2000. Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. *Annals of Botany* 85: 487-492.
- ▶ Skelding (eds.). The biology and taxonomy of the Solanaceae. *Linnean Society Symposium* 7. Academic Press, London, UK. p. 679-700.
- ▶ Steinitz, B., Wolf, D. Matzevitch-Josef, T. and Zelcer, A. 1999. Regeneration in vitro and genetic transformation of pepper (*Capsicum* spp.): the current state of the art. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 18\_ 9-15.
- ▶ Van Raamsdonk, L.W.D. and Van Der Maesen, L.J.G. 1976. Crop-weed complexes: the complex relationship between crop plants and their wild relatives. *Acta Botanica Neerlandica* 45: 135-155.
- ▶ Walsh, B.M. and Hoot, S. B. 2001. Phylogenetic relationships of *Capsicum* (Solanaceae) using DNA sequences from two noncoding regions: the chloroplast *atpB-rbcL* spacer region and nuclear waxy introns. *Int. J. Plant Sci.* 162 (6): 1409-1418.
- ▶ Zhu, Y.X, Qu, Y., Wen J., Zhang, Y. Chen, Z.L. 1996. Transgenic sweet pepper plants from *Agrabacterium*-mediated transformation. *Plant Cell Rep* 16:71-75.