



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. Cucurbita (*Cucurbita spp.*). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Documento Técnico No. 8-2014. 38 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

[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 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 Enrique Lucas López
Secretario Ejecutivo
Consejo Nacional de Áreas Protegidas
CONAP



5.Ave. 8-06 Zona 1 Edificio IPM, PBX. (502) 2422-6700 Correo Nacional de Áreas Protegidas: conap@conap.gob.gt www.conap.gob.gt

www.guatemala.gob.gt



Índice

► Presentación General	10
► Introducción	12
► Especies silvestres	13
► Cucurbita lundelliana	14
► Cucurbita argyrosperma subsp. sororia	16
► Especies cultivadas	18
► Güicoy (Cucurbita pepo)	19
► Tsol (Cucurbita pepo)	20
► Ayote (Cucurbita moschata)	22
► Pepitoria (Cucurbita argyrosperma)	24
► Chilacayote (Cucurbita ficifolia)	26
► Relaciones filogenéticas	28
► Flujo genético	30
► Hibridación	31
► Polinizadores	33
► Desarrollo de cultivos GM	35
► Conclusiones y reflexiones	36
► Bibliografía	37





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

Existen cinco especies domesticadas pertenecientes al género *Cucurbita*: *C. pepo*, *C. argyrosperma*, *C. moschata*, *C. maxima* y *C. ficifolia*, todas nativas a las Américas. El origen de las especies cultivadas no está muy claro. Se supone que *C. argyrosperma* se domesticó en Mesoamérica, pudiendo originarse a partir de *C. argyrosperma* subsp. *sororia*. Por otro lado, *C. moschata*, también originaria de Mesoamérica, se ha propuesto que pudo haber evolucionado a partir de *C. lundelliana*. Sin embargo, Merrick (1991) mostró que *C. argyrosperma* subsp. *sororia* es el taxón silvestre que tiene más afinidad genética con *C. moschata*. Por lo tanto, el origen de *C. moschata* aún sigue siendo una incógnita.

C. pepo evolucionó en el norte de México y en el sur de Estados Unidos en donde se encuentra su especie silvestre más emparentada, *C. texana*. Se cree que *C. ficifolia* fue domesticada en el área de los Andes, pero en la actualidad no se conoce ningún pariente silvestre cercano que pudiese considerarse como su ancestro. *Cucurbita maxima* no se cultiva en Guatemala y su centro de origen es Suramérica.

Las especies de *Cucurbita* en Guatemala no son cultivos de gran importancia comercial. Es común encontrar cucúrbitas cultivadas en huertos familiares, en el agroecosistema tradicional maíz-frijol-calabaza y algunas veces como monocultivo. El estudio más completo sobre cucúrbitas cultivadas en Guatemala fue publicado por Azurdia y González (1986) quienes describen su distribución en el país.

Se han reportado dos especies silvestres de *Cucurbita* en Guatemala: *C. lundelliana* y *C. argyrosperma* subsp. *sororia*. En el inventario de especies silvestres parientes de los cultivos de Guatemala (Azurdia *et al.* 2011) se encontraron registros de ambos taxones.

En el presente módulo se estudia en detalle la distribución de cada una de las especies de *Cucurbita* presentes en Guatemala (tanto cultivadas como silvestres), sus relaciones filogenéticas y su capacidad de hibridación; además, se hace una revisión del avance que se ha tenido en la generación de materiales genéticamente modificados de *Cucurbita* y su uso en la región Mesoamericana. Esta información es fundamental para apoyar los análisis de riesgo requeridos cuando se autorice la liberación ambiental de *Cucurbitas* genéticamente modificadas.

ESPECIES SILVESTRES

Se han reportado dos especies silvestres de Cucurbita en Guatemala: *C. lundelliana* y *C. argyrosperma* subsp. *sororia*. *C. argyrosperma* subsp. *sororia* crece principalmente en la costa sur y en el oriente del país, mientras que *C. lundelliana* es abundante en el departamento de Petén. Estas especies silvestres crecen como ruderales, como arvenses, en las orillas de bosques o bien como parte de la vegetación secundaria. No se utilizan en la alimentación humana debido a que tienen un fuerte sabor amargo aunque se sabe que en Guatemala sus flores son apreciadas como alimento e incluso vendidas en los mercados (Lira-Saade, 1995). Sin embargo, se ha observado que estas cucúrbitas silvestres son resistentes al mildiu, una enfermedad común en las cucúrbitas cultivadas (Azurdia, y González, 1986) y algunas de sus colecciones han mostrado resistencia a enfermedades virales (Lira-Saade, 1995).



C. lundelliana

Créditos: César Azurdia



C. argyrosperma* subsp. *sororia

Créditos: kcb-samen.ch

Cucurbita lundelliana

Es una planta rastrera o enredadera dentro del bosque dominado por ramón (*Brosimum allicastrum*) o zapote (*Pouteria sapota*). Además, es frecuente en las orillas de carreteras, en las orillas de ríos y lagos, en cercos, en vegetación secundaria, y como arvense en el cultivo de maíz. Es común en el departamento de Petén y en algunas áreas del oriente de Guatemala. Es fácilmente reconocible en el campo por poseer un fruto pequeño de color verde claro con rayas blancas y abundantes semillas. Presente en localidades entre 100 y 200 msnm.



Cucurbita lundelliana

Crédito: Cesar Azurdia

Distribución potencial de *Cucurbita lundelliana*.



Fuente: Azurdia et al. (2011)

Cucurbita argyrosperma *C. Huber subsp. sororia*

El intervalo altitudinal y las zonas climáticas son muy similares a su contraparte cultivada *C. argyrosperma* subsp. *argyrosperma* cuyo hábitat está determinado por un intervalo altitudinal desde casi el nivel del mar hasta los 1,800-1,900 msnm, y generalmente en zonas con climas cálidos y algo secos, o con una estación de lluvias bien delimitada (Lira-Saade, 1995).



Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia

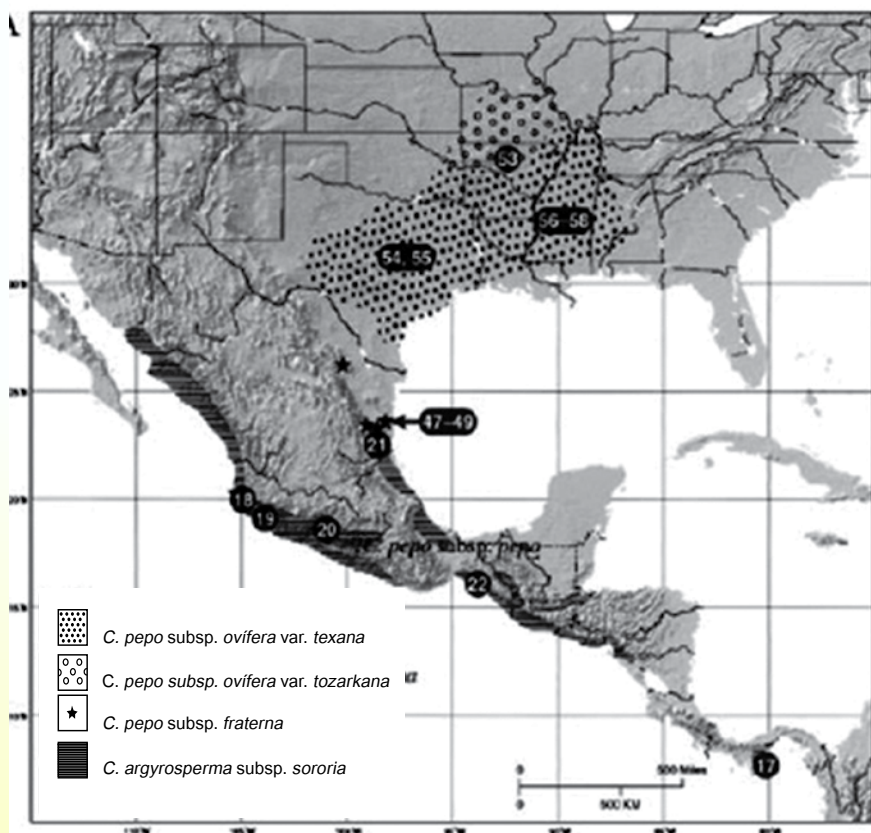
Crédito: www.nybg.org



Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia

Crédito: www.kcb-samen.ch

Distribución de *C. argyrosperma* subsp. *sororia*



ESPECIES CULTIVADAS



Crédito: César Azurdia

**Cucurbita
pepo**



Crédito: César Azurdia

**Cucurbita
moschata**



Crédito: César Azurdia

**Cucurbita
argyrosperma**



Crédito: César Azurdia

**Cucurbita
ficifolia**

Güicoy: *Cucurbita pepo*

Se originó en el centro de México, a partir de dos ancestros silvestres (*C. pepo* var. *texana* endémica a Texas y *C. fraterna*, del nor-este de México). Su diversidad de formas de frutos es respuesta a la selección del fruto antes que de la semilla. En Guatemala se cultiva preferentemente en áreas con clima templado y frío, su variabilidad se manifiesta en colores, tamaños y formas del fruto. Esta es la especie de *Cucurbita* con mayor valor comercial a tal grado que es la única especie que se cultiva como monocultivo. Se muestra la diversidad morfológica en frutos, así como su distribución potencial en Guatemala.



Cucurbita pepo

Crédito: César Azurdia

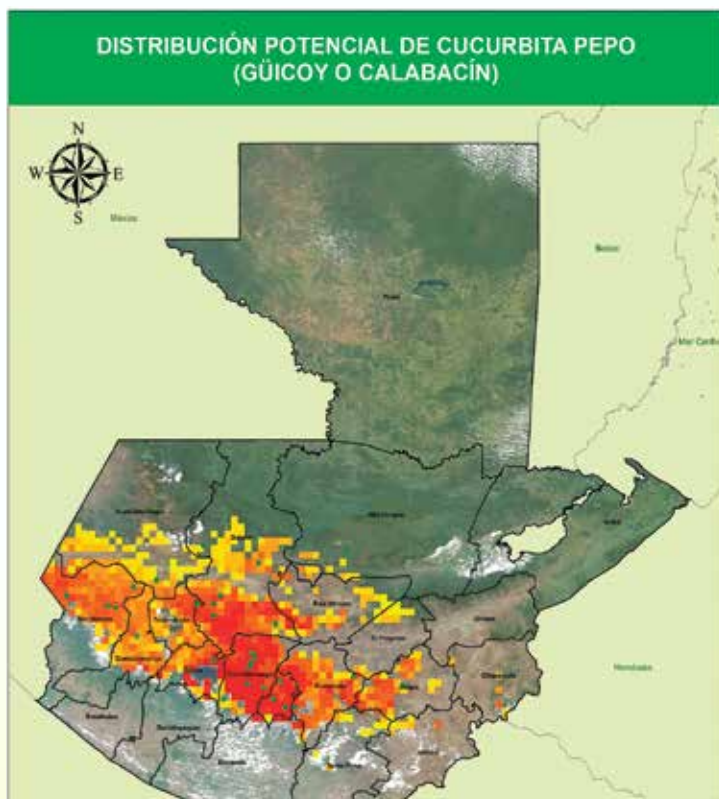
Tsol: *Cucurbita pepo*

Raza local cultivada en Petén y en toda la península de Yucatán

Las variedades de *C. pepo* son propias de climas templados y fríos (los güicoyes del altiplano de Guatemala), sin embargo, hay un material propio del Petén conocido como Tsol y que se encuentra desde San José Petén hasta Merida, Yucatán.



Crédito: Cesar Azurdia



LEYENDA

 Puntos de presencia de la especie

Distribución de las probabilidades de presencia de la especie

	0.216102004 - 0.251004994
	0.251004994 - 0.294526011
	0.294526011 - 0.347303003
	0.347303003 - 0.402402014
	0.402402014 - 0.456476986
	0.456476986 - 0.51552403
	0.51552403 - 0.584084988
	0.584084988 - 0.664910018
	0.664910018 - 0.760987997

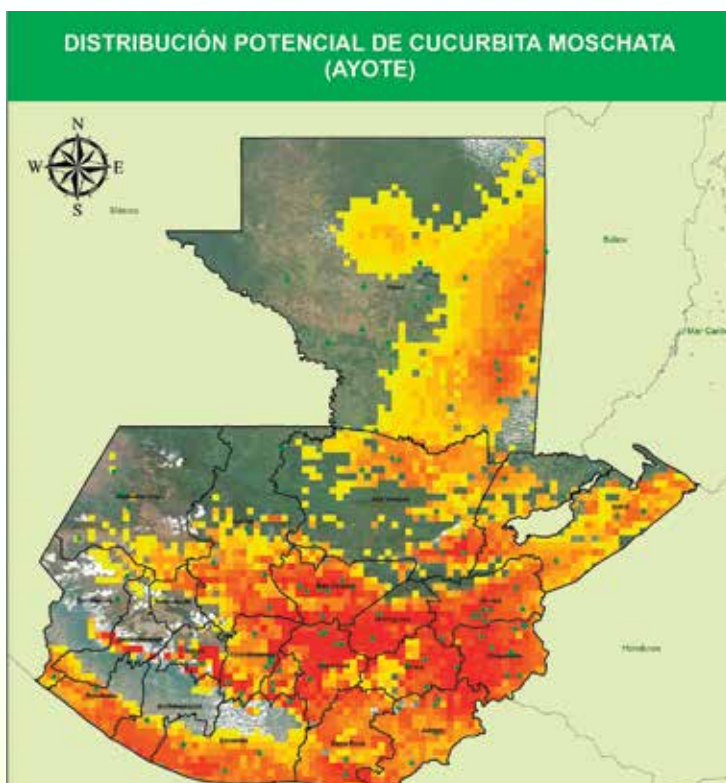
Ayote: *Cucurbita moschata*

Se considera originaria de Mesoamérica en donde sus parientes silvestres más cercanos son *C. lundelliana* (posible ancestro para Whitaker y otros autores) y *C. argyrosperma subsp. sororia*, con la cual tiene más afinidad genética. Según Merrick, 1991, var. *sororia* podría ser un candidato a considerar como su ancestro, ya que a la fecha no se ha encontrado ninguna otra especie en estado silvestre que pueda representar el verdadero ancestro silvestre. El proceso de selección se ha enfocado en frutos maduros, por lo cual se tiene una amplia diversidad en tipos de frutos. En Guatemala se encuentra mayoritariamente en áreas con clima cálido, aunque puede llegar hasta los 1800 msnm. Es un cultivo que siempre se asocia con maíz. Información más detallada sobre distribución y caracterización de esta especie se puede consultar en Azurdia y Gonzáles (1986) y Azurdia *et al.* (1996).



Cucurbita moschata

Crédito: C. Azurdia



LEYENDA



Puntos de presencia de la especie

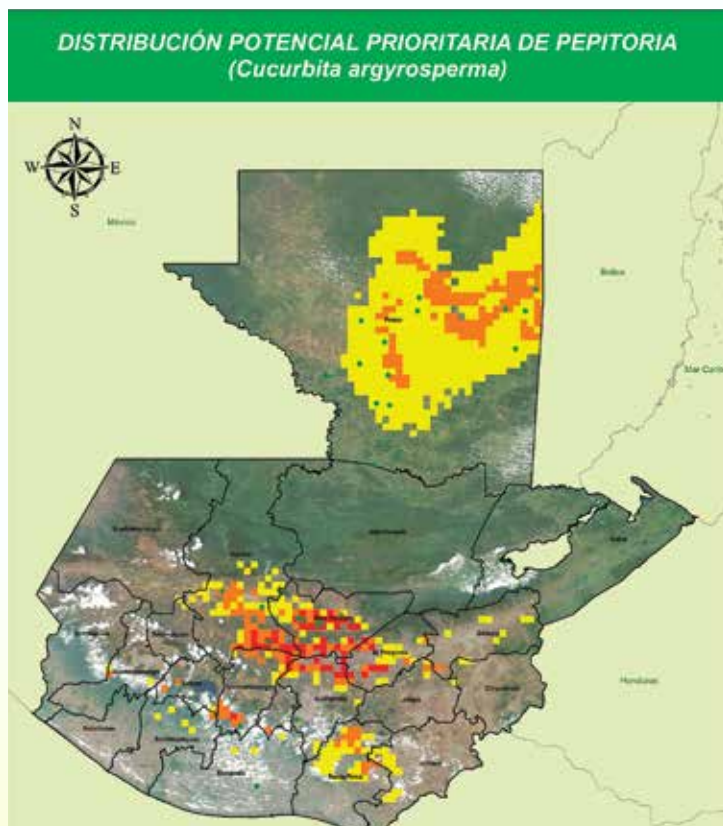
Distribución de las probabilidades de presencia de la especie

	0.217075005 - 0.254155994
	0.254155994 - 0.295203
	0.295203 - 0.343313992
	0.343313992 - 0.398391008
	0.398391008 - 0.455175012
	0.455175012 - 0.517170012
	0.517170012 - 0.588536978
	0.588536978 - 0.674606009
	0.674606009 - 0.788689017
	0.788689017 - 0.967244983

Pepitoria: *Cucurbita argyrosperma*

Es originaria de Mesoamérica, su progenitor silvestre, *C. argyrosperma subsp. sororia* está distribuida desde México hasta Nicaragua. En Guatemala hay poca variación en formas de fruto ya que el proceso de domesticación se ha centrado en el tipo de semilla. En este sentido, hay dos tipos de semilla, la semilla de color plateado (variedad *argyrosperma*) y la de semillas angostas (variedad *stenosperma*). Se cultiva en regiones cálidas como Petén, costa sur, oriente y algunas zonas secas del occidente de Guatemala. Siempre va a estar asociado a maíz y muchas veces también con ayote. Se ha demostrado que su producción como monocultivo no es rentable (Azurdia *et al.*, 1996).





LEYENDA

 Puntos de presencia de la especie

**Distribución de las probabilidades
de presencia de la especie**

 0.500317991 - 0.657665988
 0.657665988 - 0.815013985
 0.815013985 - 0.972361982

Chilacayote: *Cucurbita ficifolia*

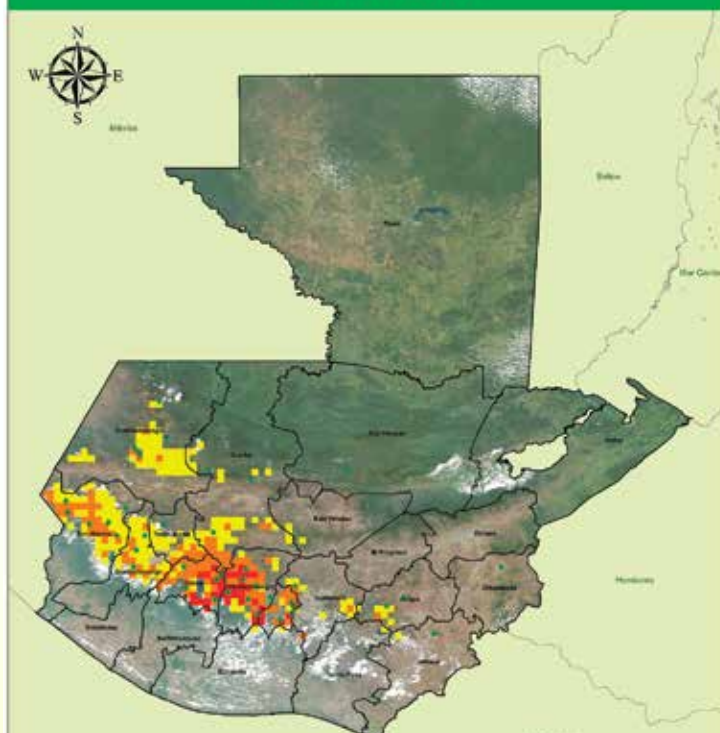
Su origen es desconocido, registros arqueológicos se han encontrado en las costas de Perú. Se cree que llegó a Mesoamérica en tiempos prehispánicos. Es una especie que tiene poca variabilidad genética y a la fecha no se ha encontrado ningún pariente silvestre; así mismo, ninguna de las especies silvestres conocidas es compatible con *C. ficifolia*. Es propia de las regiones frías de Guatemala, cultivándose siempre asociada a maíz.



Cucurbita ficifolia

Crédito: César Azurdia

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL PRIORITARIA DE CHILACAYOTE (*Cucurbita ficifolia*)



LEYENDA

 Puntos de presencia de la especie

**Distribución de las probabilidades
de presencia de la especie**

-  0.500060022 - 0.632692675
-  0.632692675 - 0.765325328
-  0.765325328 - 0.897957981

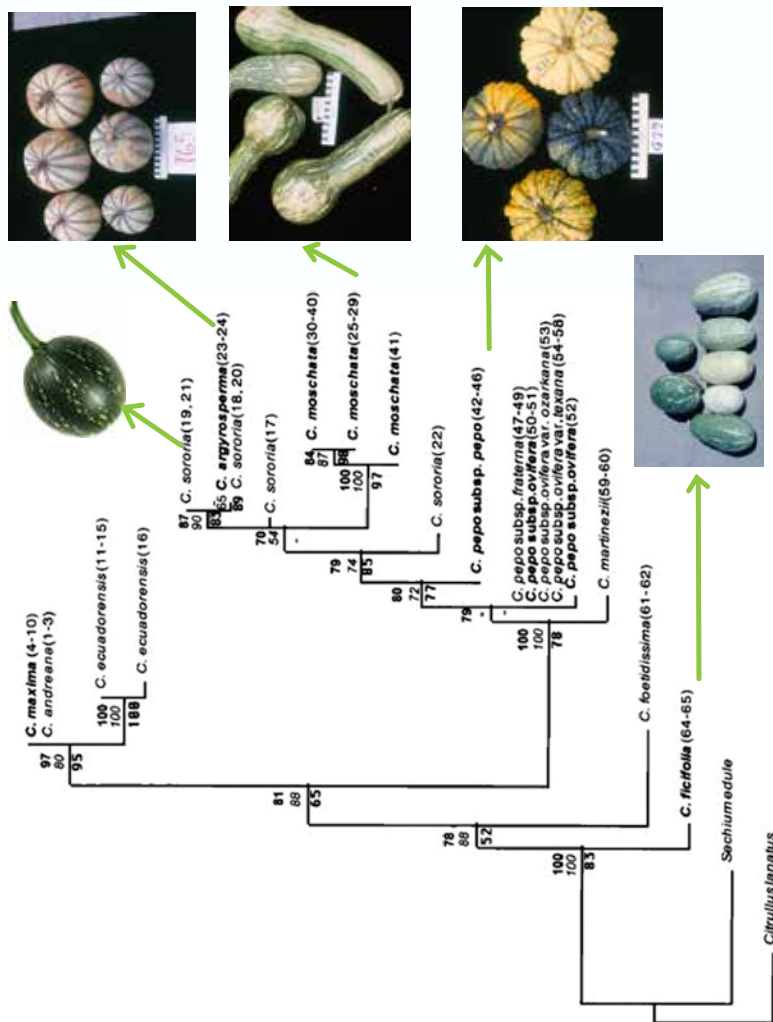
RELACIONES FILOGENÉTICAS

Diversos estudios morfológicos, isoenzimáticos y con marcadores moleculares han mostrado lo que actualmente se conoce sobre el origen y relaciones filogenéticas entre las cinco especies cultivadas de Cucurbita y sus parientes silvestres.

El estudio conducido por Sanjur *et al.* (2002) confirma estos resultados previamente conocidos. En la gráfica se puede observar que la especie cultivada más separada filogenéticamente es *C. ficifolia*, mientras que *C. máxima* está claramente separada de las otras tres especies cultivadas. Similarmente, *C. pepo* se separa del grupo único conformado por *C. argyrosperma* y *C. moschata*, especies que tienen mucha similitud. Referente a especies silvestres, claramente se muestra la relación existente entre *C. argyrosperma subsp. sororia* con el grupo conformado por *C. argyrosperma* y *C. moschata*, razón por la cual en primera instancia se plantea que el ancestro de *C. argyrosperma* es *C. argyrosperma subsp. sororia*, y que dicha especie no tiene ninguna relación con *C. pepo*, *C. máxima* y *C. ficifolia*. Estos resultados confirman que el centro de origen para *C. moschata* y *C. argyrosperma* es indiscutiblemente, Mesoamérica.

El conocimiento de las relaciones filogenéticas muestra la capacidad de una especie de intercambiar información genética con otra (flujo genético seguido por introgresión). Este concepto es importante cuando se realiza análisis de riesgo ante la introducción de organismos genéticamente modificados.

RELACIONES FILOGENÉTICAS



Merrick (1990) encontró un alto grado de fertilidad en los híbridos de *C. argyrosperma* x *C. moschata*, lo que indica que existe afinidad genética entre ambas especies. Estudios conducidos por Merrick (1991) utilizando isoenzimas, mostraron que estas especies están más relacionadas entre sí comparadas con las restantes especies cultivadas. De igual manera, utilizando isoenzimas, Montes-Hernández y Eguiarte (2002) mostraron la existencia de flujo genético entre ambas especies. Además, bajo condiciones naturales se han reportado híbridos interespecíficos (Decker-Walters *et al.*, 1990). Más recientemente, Cuevas-Marrero y Wessel-Weaver (2008) utilizando marcadores moleculares encontraron evidencias de flujo genético entre ambas especies.

Algunos otros híbridos naturales o introgresión entre cucúrbitas es mencionado por Decker (1988) utilizando caracteres morfológicos e isoenzimáticos, por Kirkpatrick y Wilson (1988) utilizando caracteres isoenzimáticos, y por Nee (1990) utilizando caracteres morfológicos. Las especies silvestres y sus conoespecíficos cultivados son completamente interfértiles, por ejemplo, la pepitoria, *C. argyrosperma*, se puede cruzar libremente con *C. argyrosperma subsp. sororia* o el llamado ayote de caballo (Merrick, 1995). Además, Kirkpatrick y Wilson (1988) reportan hibridación en ambas direcciones entre *C. pepo* cultivado y poblaciones naturales de *C. texana* a distancias de 1,300 metros.

A continuación se muestra un resumen de la capacidad de hibridación entre especies cultivadas y especies silvestres de Cucurbita.

Compatibilidad de cruzamiento entre especies cultivadas de Cucurbita.

Según Whitaker y Davis, 1962.

	C. maxima	C. argyrosperma	C. moschata	C. pepo
C. maxima	NA			
C. argyrosperma	NC	NA		
C. moschata	NC	C	NA	
C. pepo	NC	NC	C	NA

NC: indica que no se cruzan

C: indica que se cruzan

POTENCIAL DE HIBRIDIZACIÓN DE ESPECIES SILVESTRES DE GUATEMALA

Un resumen del potencial de hibridación se menciona a
continuación

(www.conabio.gob.mx)

C. argyrosperma subsp. sororia x *C. argyrosperma subsp. argyrosperma*:

El potencial de hibridación es alto, por coexistir en los mismos sitios y por ser la subespecie *argyrosperma* el descendiente directo de la subespecie *sororia*. La formación de híbridos se da en ambas direcciones, con descendencia de alta fertilidad (Lira, 1995; Montes-Hernández & Eguiarte, 2002).

***C. argyrosperma subsp. sororia* x *C. ficifolia*:**

El potencial de hibridación es bajo, debido que aunque es posible obtener frutos, las semillas tienen embriones parcialmente desarrollados y cuando la subespecie *sororia* es la donadora de polen (Lira, 1995).

***C. argyrosperma subsp. sororia* x *C. lundelliana*:**

El potencial de hibridación es mediano a bajo, ya que en general los frutos carecen de semillas o contienen semillas con embriones poco desarrollados, sin embargo, se han obtenido frutos con semillas totalmente desarrolladas al emplear a *C. lundelliana* como receptora de polen (Lira, 1995).

***C. argyrosperma subsp. sororia* x *C. maxima subsp. maxima*, *C. argyrosperma subsp. sororia* x *C. maxima subs. andreana*.**

El potencial de hibridación es bajo, aunque se ha logrado obtener frutos con semillas viables en ambas direcciones durante la primera generación, sin embargo, las plantas resultantes tienen una reducción en la fertilidad o han mostrado importantes anormalidades meióticas, dando así en la siguiente generación organismos estériles (Lira, 1995).

***C. argyrosperma subsp. sororia* x *C. moschata*:**

El potencial de hibridación es alto, los híbridos en la mayoría de los casos presentan semillas con embriones bien desarrollados y las plantas resultantes presentan altos porcentajes de fertilidad. Esto en ambas direcciones (Lira, 1995; Montes-Hernández y Eguiarte, 2002).

***C. argyrosperma subsp. sororia* x *C. pepo*:**

El potencial de hibridación es mediano, los híbridos en general presentan una fertilidad de ligera a reducida, se presentan frutos con o sin semillas viables en ambas direcciones (Lira, 1995).

POLINIZADORES

Las plantas del género *Cucurbita* tienen flores unisexuales, las de ambos sexos presentes en un mismo individuo (plantas monoicas). Las flores de todas las especies son comparativamente grandes y vistosas y son principalmente polinizadas por abejas especializadas de los géneros *Peponapis* y *Xenoglossa*, las cuales las visitan antes del amanecer (las flores generalmente duran abiertas un día o sólo algunas horas). Los adultos como las larvas se alimentan solo del néctar y el polen de estas flores, por lo cual se considera que tienen una estrecha relación; además, su distribución geográfica es coincidente. Esta cercana relación se hace más evidente si se consideran adaptaciones en las abejas como la capacidad de volar en ambientes con temperaturas relativamente bajas e intensidades de luz también bajas, además de la presencia de pelos modificados en sus miembros que les permiten acarrear y manipular grandes cantidades de polen (Lira, Eguiarte y Montes, 2009).

La característica de las plantas de *Cucurbita* de ser plantas con polinización cruzada, y las posibilidades de reproducción entre plantas domesticadas y silvestres, indican que existen y han existido altas posibilidades de flujo génico entre ellas. Uno de los riesgos ambientales más relevantes asociados con lo anterior es que los híbridos entre transgénicos y plantas silvestres puedan convertirse en malezas que, por ejemplo, sean altamente resistentes a herbicidas y enfermedades. Otros riesgos tienen que ver con las posibilidades de modificar los patrones de forrajeo de los polinizadores, la reducción de la fecundidad femenina y la posible interrupción de flujo genético natural entre las plantas domesticadas y sus ancestros (Lira, Eguiarte y Montes, 2009).

POLINIZADORES



Peponapis utahensis

Créditos: www.pick4.pick.uga.edu



Xenoglossa Fulva

Créditos: www.boldsystems.org



Xenoglossa strenua

Crédito: www.boldsystems.org



Xenoglossa gabbii

Crédito: www.boldsystems.org



Peponapis pruinosa

Crédito: www.ars.usda.gov



Peponapis pruinosa

Créditos: www.3bp.globalspot.com

Desarrollo de cultivos GM

Comercialmente la especie *C. pepo* es la más importante, por lo cual mayores esfuerzos se han puesto en crear variedades GM de esta especie. Una revisión del BCH internacional (<http://bch.cbd.int/>) indica que a la fecha solo se han liberado comercialmente dos materiales de calabaza.

Además, en la Unión Europea se reportan seis casos de liberación al ambiente de Cucurbita (squash) (<http://www.icge.org/~bsafesrv/databases/general.html>).

Sin embargo, es necesario recordar que en los momentos actuales cualquier especie de Cucurbita puede ser transformada genéticamente y convertirse en un organismo vivo modificado.

Evento	Compañía	Descripción
CZW.3	Asgrow (USA); Seminis Vegetable Inc. (Canadá)	Calabaza (Cucurbita pepo) resistentes al virus del mosaico del pepino (CMV), mosaico amarillo del zucchini (ZYMV) y virus del mosaico del melón (WMV) a través de la inserción de la secuencia que codifica la cubierta de la proteína (CP) de cada uno de los virus anotados.
ZW20	Upjohn (USA); Seminis Vegetable Inc. (Canadá)	Calabaza (Cucurbita pepo) resistente al mosaico amarillo del zucchini y al mosaico del melón, producidos a través de la inserción de los genes que codifican la cubierta de la proteína (CP) de cada uno de los potyvirus mencionados.

Una revisión del BCH internacional (<http://bch.cbd.int/>) muestra que en los países vecinos de Guatemala como son México, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica no hay reportes de análisis de riesgo conducidos y aprobaciones de ninguna variedad GM de Cucurbita.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

- ▶ En Guatemala hay cuatro especies de Cucurbita cultivadas (*C. pepo*, *C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. ficifolia*).
- ▶ Las especies *C. argyrosperma* y *C. moschata* tienen su centro de origen y diversidad en Mesoamérica, por lo cual la diversidad genética de estas especies en Guatemala es importante.
- ▶ Dos especies silvestres se reportan en Guatemala, *C. lundelliana* y *C. argyrosperma subsp. sororia*, ambas emparentadas con las especies originarias de Mesoamérica.
- ▶ Se conoce para todas las especies su distribución actual y potencial.
- ▶ Las especies cultivadas y silvestres originarias de Mesoamérica y presentes en Guatemala son capaces de entrecruzarse y tener descendencia fértil.
- ▶ Debido a que *C. pepo* es la más importante desde el punto de vista comercial, los esfuerzos en creación de variedades genéticamente modificadas se han enfocado en dicha especie, por lo cual se reporta la existencia de algunos materiales GM que ya han sido aprobados para su utilización comercial.
- ▶ No se reportan solicitudes y aprobaciones de variedades de Cucurbita GM en los países centroamericanos y en México.
- ▶ La información presentada en este módulo constituye la línea base actual que respalda con conocimiento científico el análisis de riesgo que se debe conducir antes de introducir a Guatemala cualquier material de Cucurbita GM.

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Azurdía, C. and Gonzalez, M. 1986. Collection of some native crops of Guatemala. Final report. USAC, ICTA, IBPGR. 256 p.
- ▶ Azurdía, C., Carrillo, E., González, M., Castillo, J., Osorio, R., Tumax, O. Arévalo, G. y Martínez, M. 1996. Ayote (*Cucurbita* sp.). En: Azurdía (ed.): Caracterización de algunos cultivos nativos de Guatemala. Facultad de Agronomía, USAC, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 45-51.
- ▶ Azurdía, 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).
- ▶ Cuevas-Marrero, H. and Wessel-Weaver, L. 2008. Morphological and RAPD marker evidence of gene flow in open-pollinated populations of *Cucurbita moschata* interplanted with *C. argyrosperma*. Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae (Pitrat M.ed), INRA, Avignon (France), May21-24.
- ▶ Decker, D.S. 1988. Origin(s), evolution and systematics of *Cucurbita pepo*. (Cucurbitaceae). Econ. Bot. 42: 4-15
- ▶ Decker-Walters D.S., T.W. Walter, U. Posluszny y P.G. Kevan. 1990. Genealogy and gene flow among annual domesticated species of *Cucurbita*. Can. J. Bot. 68: 782-789.
- ▶ Kirkpatrick, K.J. and Wilson, H.D. 1988. Interspecific gene flow in *Cucurbita*: *C. texana* vs. *C. pepo*. Am. J. Bot. 79: 519-527.

BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Lira-Saade, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene Pools. 9. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- ▶ Lira, R., Eguiarte, L. y Montes, S. 2009. Proyecto recopilación y análisis de la información existente de las especies de los géneros Cucurbita y Sechium que crecen y se cultivan en México. Informe final. 107 p.
- ▶ Montes-Hernández, S. and Eguiarte, L.E. 2002. Genetic structure and indirect estimates of gene flow in three taxa of Cucurbita (Cucurbitaceae) in western Mexico. American Journal of Botany 89 (7): 1156-1163.
- ▶ Merrick, L. 1990. Systematics and evolution of a domesticated squash, Cucurbita argyrosperma, and its wild and weedy relatives. En: D. Bates, R.W. Robinson y C. Jeffrey (eds.). Biology and utilization of the Cucurbitaceae. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. p. 77-95.
- ▶ Merrick, L.C. 1991. Systematics, evolution, and ethnobotany of a domesticated squash, Cucurbita argyrosperma. PdD thesis. Cornell University, Ithaca, NY
- ▶ Merrick, L.C. 1995. Squashes, pumpkins and gourds -Cucurbita (Cucurbitaceae). En: J. Smartt y N.W. Simmonds (eds.). Evolution of crop plants. Longman Scientific & Technical. p. 97-111.
- ▶ Nee, M. 1990. The domestication of Cucurbita (Cucurbitaceae). Economic Botany Supplement 44: 56-68.
- ▶ Sanjur, O.I., Piperno, D.R., Andres, T.C. and Wessel-Beaver, L. 2002. Phylogenetic relationships among domesticated and wild species of Cucurbita (Cucurbitaceae) inferred from a mitochondrial gene: Implications for crop plant evolution and areas of origin. PNAS 99 (1): 535-540.
- ▶ Whitaker, T.W. and Davis, G.N. 1962. Cucurbits: botany, cultivation and utilization. New York.